

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade

**Pesquisa em nanotecnologia para o agronegócio:
indicadores bibliométricos de produção científica
entre 2001 e 2010**

Adriana Aparecida Puerta

São Carlos – SP
2012

ADRIANA APARECIDA PUERTA

**Pesquisa em nanotecnologia para o agronegócio:
indicadores bibliométricos de produção científica
entre 2001 e 2010**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade, do Centro de Educação e Ciências Humanas, da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria
Coorientador: Dr. Roberto de Camargo Penteado Filho

São Carlos – SP
2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

P977pn

Puerta, Adriana Aparecida.

Pesquisa em nanotecnologia para o agronegócio : indicadores bibliométricos de produção científica entre 2001 e 2010 / Adriana Aparecida Puerta. -- São Carlos : UFSCar, 2012.

156 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Desenvolvimento social - ciência, tecnologia e sociedade. 2. Nanotecnologia. 3. Agronegócio. 4. Indicadores científicos. 5. Bibliometria. I. Título.

CDD: 303.483 (20^a)



Programa de Pós-graduação em
Ciência, Tecnologia e Sociedade



**BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
ADRIANA APARECIDA PUERTA**

Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria
Orientador e Presidente
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. João de Melo Maricato
Membro externo
Universidade Federal de Goiânia

Profa. Dra. Wanda Aparecida Machado Hoffmann
Membro interno
Universidade Federal de São Carlos

Submetida a defesa pública em sessão realizada em: 28/02/2012.
Homologada na 55ª reunião da CPG do PPGCTS, realizada em
16/03/2012.

Prof. Dra. Maria Cristina Piumbato Innocentini Hayashi
Coordenadora do PPGCTS

Fomento:

Bom sentir-me assim!
Bom saber do reconhecimento!
Também, bom saber que
o esforço se transforma em frutos.
Bom saber que quem está ao lado
apoia tudo isso!
Essa vida tão cheia de desafios
nos proporciona tudo isso:
medo, ansiedade, cansaço...
Mas também promove alegrias,
resultados e retornos pessoais incalculáveis!
É essa a sensação: um contentamento sem
limites...
Uma paz que enche os olhos de lágrimas...
Uma vida de amor, carinho e cumplicidade.
Deus no céu...
Amigos no coração...
José e Emilia (meus pais queridos):
Anjos da guarda... pedaços de mim!

Obrigada!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que contribuíram para a concepção, elaboração e conclusão deste trabalho, a Deus acima de tudo, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades, e em particular:

A meus pais, José e Emilia, pelo carinho, compreensão e amor que dedicaram em toda minha vida e pelo incentivo durante todo esse processo. E a minha irmã Luciana... Sem vocês, eu não teria conseguido chegar até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria pela orientação dispensada a este trabalho e pelo aprendizado.

Ao meu coorientador, Dr. Roberto de Camargo Penteado Filho, pelas dicas e pelo material concedido para o estudo.

Aos amigos e professores, Dr. João de Melo Maricato e Dr. Roniberto Morato do Amaral, pela ajuda nos momentos mais críticos, por acreditarem no futuro deste projeto, contribuírem para o meu crescimento profissional e por serem também um exemplo a ser seguido. A colaboração de vocês foi fundamental para a realização deste trabalho.

A professora Wanda Aparecida Machado Hoffmann pelas sugestões durante a qualificação e pelas orientações precisas e seguras.

Ao professor Dr. José Angelo Rodrigues Gregolin pelas dicas e incentivo.

Aos amigos, Vivian Storti, Carlos Almeida Jr., Marcos C. Machado, Arineiza Pinheiro, Newton Kyoto, Gracielle Pépe, Gustavo Silveira, Andréia Zan, Bruno Faccin, Gustavo Cunha, Vanessa Gal Paiva, Allan Christyan, Eliete Sanches e Antonio Puerta (Tio Toninho), pelo apoio em diversos momentos de minha vida, pela ajuda em todas as etapas deste trabalho, me dando força, inspiração e principalmente por sempre acreditar em mim, mesmo nas vezes em que eu não

acreditava. Por me mostrarem que sou capaz, me incentivar a crescer sempre e a não desistir dessa jornada.

Aos amigos e colegas do PPGCTS, Luciara, Maria Fernanda, Angela, Meire, Cláudia, Juliana R., Douglas, Lucas, Saulo, Renan, Jandira e Paulo (secretário) pelos conselhos, compartilhamento de dúvidas e pelo interesse e acompanhamento nesta luta.

Aos profissionais e especialistas da área, Edilson Pepino Fragalle (Embrapa), Luiz Henrique Capparelli Mattoso (Embrapa), Sandra Protter Gouvêa (Embrapa), Wilson Tadeu Lopes da Silva (Embrapa), João de Mendonça Naime (Embrapa), José Manuel Marconcini (Embrapa), Paulo Roberto Martins (IPT), Sebastião Nogueira Junior (IEA), Richard Domingues Dulley (IEA), Marisa Zeferino Barbosa (IEA), Soraia de Fátima Ramos (IEA), Geórgia Miller (Friends of the Earth), Ricardo Arcanjo de Lima (Embrapa), dispostos a ajudar com as buscas e discutir aspectos do trabalho.

Agradecimento a Alan Porter, Dave Schoeneck e Webb Myers, do Search Technology, Inc. – Georgia, Atlanta – EUA, pela imensa colaboração e atenção perante as dúvidas sobre os filtros de importação e o software VantagePoint.

A Pedro Buzzá, companheiro de todas as horas, pelo carinho, compreensão, amor e por acreditar no meu potencial.

Aos funcionários da Biblioteca da Unesp - Campus de Rio Claro, em especial, Ana Paula, Cristina, Diosnelice, Lúcia Andréia, Márcia, Meire, Monica, Regina, Rosângela, Suzi e Silmara - e CGB, Dilnei, Flávia e Sandra, pelas palavras de incentivo, pelo carinho, atenção, paciência e por todo apoio recebido.

Por fim, àqueles que passaram a fazer parte da minha vida nesses últimos tempos e que vem trazendo uma nova energia e sendo essenciais nessa reta final.

“Cada nova técnica não apenas conduz a uma nova percepção do tempo. Ela também obriga a um novo uso do tempo, a uma obediência cada vez mais estrita do relógio e a um rigor de comportamento adaptado ao novo ritmo”.

(SANTOS, 1996, p. 148)

RESUMO

O agronegócio é um dos mais importantes segmentos da economia mundial e nacional. O sucesso do agronegócio brasileiro deve-se, entre outros fatores, à crescente produtividade alcançada devido à incorporação de uma série de tecnologias. Atualmente, acredita-se que a nanotecnologia tenha enorme potencial de impactar positivamente o agronegócio, o que tem levado a grandes esforços e investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento nessa área. Por ser a nanotecnologia e a sua aplicação ao agronegócio uma área de pesquisa recente e dinâmica, para um melhor direcionamento das iniciativas nacionais de pesquisa, são necessários estudos sobre a produção científica para maior conhecimento sobre os avanços que vem ocorrendo na área. O objetivo deste estudo foi compreender a situação atual da pesquisa científica internacional sobre nanotecnologia para o agronegócio, com destaque para o posicionamento do Brasil. A bibliometria foi adotada como método quantitativo de análise de informações para a elaboração dos indicadores científicos. Os registros bibliográficos de artigos científicos sobre nanotecnologia para o agronegócio, publicados entre 2001 e 2010, foram recuperados a partir das bases de dados Web of Science (multidisciplinar) e Cab Abstracts (especializada em Ciências Agrárias). Para quantificação das publicações foi utilizado o software VantagePoint. Foram construídos indicadores apresentando as publicações por ano, país, autor, instituição, área do conhecimento, periódico e assunto, para dados extraídos das duas bases de dados, com detalhamento para o Brasil e para o assunto Sensores. No período, foram recuperados 2.057 artigos na Web of Science e 14.873 artigos na Cab Abstracts. O crescimento da produção científica durante os 10 anos de estudo foi expressivo e consistente. Os resultados indicam que Estados Unidos, China e Índia são os líderes em pesquisa, com o Brasil representando cerca de 4,2% do total de publicações na Web of Science (8ª posição) e 3,9% na Cab Abstracts (5ª posição). Os gráficos de autores e instituições reforçam o domínio dos Estados Unidos e da China na área. Quanto ao Brasil, nota-se que a maioria dos autores vincula-se a instituições localizadas no Estado de São Paulo, com destaque para a USP, a Embrapa, a UFSCar e Unicamp, indicando a centralização da pesquisa no Brasil. No que se refere às áreas do conhecimento, na Web of Science, as publicações se concentram principalmente em Química Analítica e Ciências Ambientais. Na Cab Abstracts, os cabicodes de maior destaque foram: ZZ900 – Técnicas e Metodologia e PP200 – Recursos hídricos. Os assuntos de destaque foram: Pesticidas, Água, Sensores e Biossensores, Alimentos e Solo. Os periódicos com maior número de publicações nos temas foram: Biosensors and Bioelectronics; Environmental Science & Technology; Analytica Chimica Acta e Journal of Hazardous Materials. Os resultados contribuem para a construção do conhecimento científico em nanotecnologia para o agronegócio, sendo a bibliometria uma ferramenta imprescindível para quantificar os resultados da ciência em qualquer área do conhecimento. A pesquisa ressalta a importância da realização de estudos exploratórios mobilizando diferentes bases de dados complementares, incluindo bases especializadas, como forma de contornar as limitações e as fragilidades inerentes às fontes de informação mais amplamente utilizadas para a análise da produção científica.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Agronegócio. Bibliometria. Indicadores científicos.

ABSTRACT

Agribusiness is one of the most important segments of the global economy and national levels. The success of Brazilian agribusiness is due, among other factors, the increased productivity achieved by the incorporation of a number of technologies. Currently, it is believed that nanotechnology has enormous potential to positively impact the agribusiness, which has led to major efforts and investments in research and development in this area. Because nanotechnology and its application to agribusiness a recent area of research and dynamic, for better targeting of national research studies are needed on production for greater scientific knowledge about the advances that have occurred in the area. The objective of this study was to understand the current situation of international scientific research on nanotechnology for agribusiness, especially the position of Brazil. The bibliometrics was adopted as a quantitative method of analyzing information for the preparation of scientific indicators. The bibliographic records of scientific papers on nanotechnology for agribusiness, published between 2001 and 2010 were retrieved from the databases Web of Science (multidisciplinary) and CAB Abstracts (specializing in Agricultural Sciences). For quantification of the publications was used VantagePoint software. Indicators were constructed featuring publications by year, country, author, institution, field of knowledge, periodic and subject to data extracted from two databases, detailed for Brazil and for the subject sensors. During the period, 2057 articles were retrieved in Web of Science and 14,873 articles in Cab Abstracts. The growth of scientific production during the 10 years of study was significant and consistent. The results indicate that the United States, China and India are the leaders in research, with Brazil accounting for about 4.2% of total publications in Web of Science (8 th) and 3.9% in Cab Abstracts (5th position) . The graphics of authors and institutions reinforce the dominance of the United States and China in the area. As for Brazil, it is noted that most authors binds to institutions located in São Paulo, with emphasis on the USP, Embrapa, UFSCar and Unicamp, indicating the centrality of research in Brazil. With regard to areas of knowledge, Web of Science publications focus primarily on Analytical Chemistry and Environmental Sciences. In Cab Abstracts, cabicodes the most prominent were: ZZ900 - Techniques and Methodology and PP200 - Water Resources. The issues highlighted were: Pesticides, Water, Sensors and Biosensors, Food and Soil. The journals with the highest number of publications on the topics were: Biosensors and Bioelectronics, Environmental Science & Technology, Analytica Chimica Acta and Journal of Hazardous Materials. The results contribute to the construction of scientific knowledge in nanotechnology for agribusiness, and bibliometrics an essential tool to quantify the results of science in any field of knowledge. The research highlights the importance of conducting exploratory research different complementary databases, including specialized databases, to circumvent the limitations and weaknesses inherent in the sources of information more widely used for the analysis of scientific production.

Keywords: Nanotechnology. Agribusiness. Bibliometrics. Scientific indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	—	Comparação de grandezas: Fio de cabelo / Nanômetros	33
Figura 2	—	Língua eletrônica (Embrapa)	47
Figura 3	—	Nanotratamento: película especial (filmes comestíveis)	49
Figura 4	—	Hidrogel de PAAm-MC: liberação controlada de insumos	49
Figura 5	—	Esquema de procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa	64
Figura 6	—	Processo de Tratamento Automatizado da Informação.....	65
Figura 7	—	Padronização nos nomes das Instituições.....	83
Figura 8	—	Exemplo de grupos de assuntos por afinidade temática.....	84
Figura 9	—	Produção nacional de algodão pluma	149
Figura 10	—	Produção nacional de arroz	150
Figura 11	—	Produção nacional de milho	151
Figura 12	—	Produção nacional de trigo	152
Figura 13	—	Produção nacional de soja	153
Figura 14	—	Bovinos abatidos	155

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	— Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, 2001-2010	86
Gráfico 2	— Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010	86
Gráfico 3	— Número de publicações brasileiras sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, 2001-2010	87
Gráfico 4	— Número de publicações brasileiras sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010	88
Gráfico 5	— Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, por países selecionados, 2001-2010	90
Gráfico 6	— Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por países selecionados, 2001-2010	90
Gráfico 7	— Autores com maior número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, 2001-2010	95
Gráfico 8	— Autores com maior número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010	95
Gráfico 9	— Autores brasileiros com maior número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, 2001-2010	96
Gráfico 10	— Autores brasileiros com maior número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010	97
Gráfico 11	— Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, por Instituições, 2001-2010	99
Gráfico 12	— Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por Instituições, 2001-2010	99

Gráfico 13	—	Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, por Instituições brasileiras, 2001-2010	100
Gráfico 14	—	Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por Instituições brasileiras, 2001-2010	101
Gráfico 15	—	Distribuição do número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base WoS, por áreas do conhecimento, 2001-2010	103
Gráfico 16	—	Distribuição do número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base Cab Abstracts, por Cabicodes, 2001-2010	104
Gráfico 17	—	Assuntos mais publicados sobre nanotecnologia para o agronegócio de acordo com WoS, 2001-2010	105
Gráfico 18	—	Assuntos mais publicados sobre nanotecnologia para o agronegócio de acordo com Cab Abstracts, 2001-2010	106
Gráfico 19	—	Distribuição do número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base WoS, por periódicos científicos, 2001-2010	111
Gráfico 20	—	Distribuição do número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base Cab Abstracts, por periódicos científicos, 2001-2010	112
Gráfico 21	—	Número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010	114
Gráfico 22	—	Número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por países, 2001-2010	115
Gráfico 23	—	Autores com maior número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010	116
Gráfico 24	—	Número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab	

	Abstracts, por Instituições, 2001-2010	118
Gráfico 25	— Número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por Instituições brasileiras, 2001-2010	118
Gráfico 26	— Assuntos mais publicados sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio, de acordo com Cab Abstracts, 2001-2010	119
Gráfico 27	— Distribuição do número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base Cab Abstracts, por periódicos científicos, 2001-2010	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	—	Ranking brasileiro de produtos de base agrícola	30
Quadro 2	—	Materiais e produtos nanoparticulados estudados ou fabricados por universidades e empresas no Brasil	39
Quadro 3	—	Descrição das bases de dados: Agrícola, Agris/Caris, Cab Abstracts, Web of Science quanto a conteúdo, produtor, cobertura e frequência de atualização	66
Quadro 4	—	Total de registros na AGRICOLA com a expressão de busca teste nano*	67
Quadro 5	—	Total de registros na AGRIS/CARIS com a expressão de busca teste nano*	68
Quadro 6	—	Total de registros na Cab Abstracts com a expressão de busca teste nano*	70
Quadro 7	—	Total de registros na Web of Science com a expressão de busca teste nano*	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	—	Etapas e termos de busca a serem utilizados para recuperação de informação em bases de dados para nanotecnologia	76
Tabela 2	—	Expressão de busca para agronegócio para aplicação na base de dados WoS	78
Tabela 3	—	Total de registros recuperados com os termos de expressão de busca em nanotecnologia, na WoS, no período de 2001-2010	79
Tabela 4	—	Total de registros recuperados com os termos de expressão de busca em agronegócio, na WoS, no período de 2001-2010	79
Tabela 5	—	Total de registros recuperados com os termos de expressão de busca em nanotecnologia e agronegócio, na WoS, no período de 2001-2010	79
Tabela 6	—	Etapas e termos de busca para recuperação de informação em nanotecnologia e agronegócio, na Cab Abstracts	81
Tabela 7	—	Café: produção – ranking dos países (safra 2010/2011)	145
Tabela 8	—	Café: exportação – ranking dos países (safra 2010/2011) ..	145
Tabela 9	—	Açúcar: produção – ranking dos países (safra 2010/2011) ..	146
Tabela 10	—	Açúcar: exportação – ranking dos países (safra 2010/2011)	146
Tabela 11	—	Laranja: produção – ranking dos países (safra 2010/2011) .	147
Tabela 12	—	Carne bovina: exportação – ranking dos países (2011)	147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A&HCI	Arts & Humanities Citation Index
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AGRICOLA	AGRICultural OnLine Access
CAB	Commonwealth Agricultural Bureau
BCo	Biblioteca Comunitária
BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
CAPES	Coord. de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNR	National Research Council
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
C&T	Ciência e Tecnologia
C,T&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DGP	Diretório dos Grupos de Pesquisa
EMBRAPA	Empresa Brasileira da Pesquisa Agropecuária
ETC Group	Erosion, Technology and Concentration Group
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FoEA	Friends of the Earth Australia
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMC	Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
IEA	Instituto de Economia Agrícola
IED	Investimento Externo Direto
IFSC	Instituto de Física de São Carlos
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISI	Institute for Scientific Information

ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos
LNNA	Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
NAL	United States National Agricultural Library
N&N	Nanotecnologia e Nanociência
NSI	National Science Indicators
OMC	Organização Mundial do Comércio
PIB	Produto Interno Bruto
PINTEC	Pesquisa de Inovação Tecnológica
P&D	Pesquisa & Desenvolvimento
RS	Rio Grande do Sul
SCI	Science Citation Index
SciELO	Scientific Electronic Library Online
SSCI	Social Science Citation Index
UFPA	Universidade Federal de Lavras
UFMT	Universidade Federal do Mato Grosso
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
Unesp	Universidade Estadual Paulista
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
USDA	United States Department of Agriculture
USP	Universidade de São Paulo
WDI	World Development Indicators
WoS	Web of Science

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVOS	23
1.2	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	24
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	APONTAMENTOS SOBRE O AGRONEGÓCIO E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA	27
2.2	NANOTECNOLOGIA: ASPECTOS CONCEITUAIS E HISTÓRICOS, CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES	32
2.3	APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA PARA O AGRONEGÓCIO	40
2.4	BIBLIOMETRIA E OS INDICADORES CIENTÍFICOS	52
2.4.1	Leis da Bibliometria	54
2.4.2	Os indicadores bibliométricos de produção científica	56
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	63
3.1	SELEÇÃO DE BASES DE DADOS E A RECUPERAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS	65
3.1.1	AGRICOLA (AGRICultural OnLine Access)	66
3.1.2	AGRIS/CARIS (International Information System for the Agricultural Sciences and Technology)	67
3.1.3	Cab Abstracts	69
3.1.4	Web of Science	70
3.2	ESTRATÉGIAS DE BUSCA UTILIZADAS	73
3.2.1	Expressão de busca e uso de ferramentas bibliométricas	74
3.2.1.1	Expressão de busca para nanotecnologia	74
3.2.1.2	Expressão de busca para agronegócio	77
3.2.2	Aplicação das expressões de busca às bases de dados Web of Science e Cab Abstracts	78
3.2.2.1	Web of Science: uso das expressões de busca	78
3.2.2.2	Cab Abstracts: uso das expressões de busca	80

3.2.3	Uso da ferramenta bibliométrica VantagePoint	82
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	85
4.1	INDICADORES DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM NANOTECNOLOGIA PARA O AGRONEGÓCIO	85
4.1.1	Evolução anual da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio	85
4.1.2	Países e a produção científica em nanotecnologia para o agronegócio	89
4.1.3	Autores e a produção científica mundial e brasileira em nanotecnologia para o agronegócio	94
4.1.4	Instituições e a produção científica mundial e brasileira em nanotecnologia para o agronegócio	98
4.1.5	Distribuição da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio por áreas do conhecimento	102
4.1.6	Assuntos mais publicados na área de nanotecnologia para o agronegócio	104
4.1.7	Periódicos com maior número de publicações na área de nanotecnologia para o agronegócio	110
4.2	ESTUDO ESPECÍFICO DO TEMA SENSORES	113
4.2.1	Evolução anual da produção científica sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio	113
4.2.2	Países e a produção científica sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio	114
4.2.3	Autores e a produção científica mundial sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio	116
4.2.4	Instituições e a produção científica mundial e brasileira sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio	117
4.2.5	Assuntos mais publicados sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio	119
4.2.6	Periódicos com maior número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio	120

5 CONCLUSÃO	123
REFERÊNCIAS	131
ANEXO A	145
ANEXO B	149

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o agronegócio representa a retomada do crescimento econômico baseado no desenvolvimento sustentável, alicerçado no conhecimento científico e tecnológico. O agronegócio é fundamental para a economia do país, pois representa de 24% a 30% do Produto Interno Bruto (PIB) (AGROLINK, 2010) e tem dado grande contribuição às exportações de *commodities*¹ e produtos agroindustriais, sendo também importante na geração de recursos, empregos, renda e riqueza do País.

No decorrer dos anos, o agronegócio tem se mostrado um dos mais importantes segmentos da economia mundial. Grandes avanços tecnológicos, econômicos e comerciais foram realizados, permitindo uma gradativa internacionalização dos produtos brasileiros. Esses avanços têm possibilitado ao Brasil, país extremamente agrícola, incorporar a modernização e as inovações tecnológicas (BRTUV, 2007).

Nesse contexto, insere-se a aplicação da nanotecnologia para as indústrias agrícola e alimentar. A nanotecnologia se apresenta como um campo do conhecimento que está avançando “em pesquisa básica, desenvolvimento de tecnologias e produção de novos materiais” (SILVA, 2010, p. 16). Este campo vem surgindo com uma rápida evolução e com um potencial de revolucionar os sistemas de agricultura e alimentos, em toda a cadeia agrícola. Atualmente a nanotecnologia é vista como uma opção importante para aumentar a produtividade agrícola, que, juntamente com outras tecnologias emergentes como a biotecnologia, vem complementar tecnologias convencionais da agricultura.

Investimentos em nanotecnologia são importantes para garantir que o Sistema Nacional de Pesquisa torne-se cada vez mais competitivo, sendo a necessidade de manter a paridade tecnológica com os concorrentes mundiais uma questão estratégica fundamental para a nação nos setores agrícola e rural.

O campo temático multidisciplinar da área de nanotecnologia para o agronegócio ainda é pouco estudado através de técnicas bibliométricas, tendo em

¹ Commodities é o termo utilizado para se referir aos produtos de origem primária que são transacionados nas bolsas de mercadorias. São normalmente produtos em estado bruto ou com pequeno grau de industrialização, com qualidade quase uniforme e são produzidos e comercializados em grandes quantidades do ponto de vista global. As principais commodities negociadas atualmente no mundo são: café, trigo, soja, milho, algodão, açúcar, álcool, boi, ouro, prata, cobre, aço e petróleo, dólar, euro, ações de grandes empresas, títulos de governos nacionais, etc. (BRANCO, 2008, p. 12).

vista que é uma área relativamente nova. A temática vem ganhando destaque no cenário mundial, o que torna cada vez mais necessária a geração de indicadores que sirvam de subsídios para a tomada de decisão em Ciência e Tecnologia (C&T) e planejamento da política científica e tecnológica na área.

As pesquisas científicas realizadas nessa área “são de interesse de vários segmentos da sociedade, inclusive faz parte de uma nova visão de vida, baseada na utilização dos recursos naturais como fonte de saúde, sustentabilidade ecológica e socioeconômica” (SILVA, 2010, p. 16). Assim, considera-se necessário compreender a contextualização que envolve a produção científica em nanotecnologia para o agronegócio, especificamente, as representadas por registros bibliográficos, visto que estes podem proporcionar benefícios científicos e sociais para a sociedade.

Segundo Macias-Chapula (1998, p. 134):

Atualmente, os indicadores da atividade científica estão no centro dos debates, sob a perspectiva das relações entre o avanço da ciência e da tecnologia, por um lado, e o progresso econômico e social, por outro. Revisões de políticas científicas pareceriam inconcebíveis, hoje, sem recorrer aos indicadores existentes. Se por muito tempo o foco das avaliações permaneceu orientado para medir os insumos, como verbas e pessoas de P&D (pesquisa e desenvolvimento), crescentemente o interesse está se voltando para os indicadores de resultados (Okubo, King). Em tudo o que se refere à ciência, os indicadores bibliométricos e cienciométricos tornaram-se essenciais.

Os trabalhos bibliométricos tornaram-se úteis, pois permitem criar estratégias para visibilidade internacional das pesquisas científicas, embasam novas linhas de atuação em política científica, contemplando geralmente, análises quantitativas e qualitativas. Com isso, tem-se que a informação científica pode ser considerada como uma importante ferramenta para subsidiar estratégias de desenvolvimento para o país, sobretudo, em áreas reconhecidamente promissoras, como é o caso da nanotecnologia para o agronegócio.

Com isso, os resultados da construção dos indicadores científicos poderão contribuir para uma tomada de decisão mais racional e sustentável acerca das iniciativas brasileiras, podendo-se identificar potencialidades, oportunidades de atuação e desafios particularmente úteis para a formação de estratégias de C&T.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo do estudo é compreender a situação atual da pesquisa científica internacional sobre nanotecnologia para o agronegócio, com destaque para a posição do Brasil nesse contexto.

Neste sentido, são objetivos específicos deste estudo:

- Fazer levantamento bibliográfico sobre a temática;
- Selecionar as bases de dados mais relevantes para a realização do estudo e comparar os seus benefícios e limitações;
- Elaborar indicadores bibliométricos de produção científica a partir de dados bibliográficos de publicações em nanotecnologia para o agronegócio coletados das bases de dados selecionadas;
- Identificar os países e organizações com maior produção científica em nanotecnologia para o agronegócio, com destaque ao Brasil;
- Compreender as temáticas investigadas internacionalmente em nanotecnologia para o agronegócio, traçando-se paralelos com as pesquisas desenvolvidas no Brasil;
- Identificar os principais periódicos que focam nanotecnologia para o agronegócio das bases de dados selecionadas;
- Identificar um tema de interesse para aprofundar as análises em nanotecnologia para o agronegócio.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

De modo a atender aos objetivos propostos, esta dissertação apresenta a seguinte estrutura:

A **primeira seção** é a presente, que traz a delimitação do panorama da pesquisa, a justificativa, objetivo geral e objetivos específicos.

A **segunda seção** apresenta o panorama do agronegócio no Brasil e a aplicação da nanotecnologia. Busca mostrar a importância para a economia do país, pois representa uma boa parte do PIB e tem dado grande contribuição às exportações de commodities e produtos industriais, além da geração de empregos e renda no país. Através da utilização de novas tecnologias para se desenvolver uma produção agrícola mais sustentável e de maior valor agregado, aposta-se na nanotecnologia como forma de se obter uma agricultura mais produtiva, mudanças na qualidade dos alimentos, criação de riquezas e o desenvolvimento sustentável.

Destacam-se também os conceitos e fundamentos da bibliometria e dos indicadores científicos como forma de avaliar o desempenho da atividade científica e seu impacto na sociedade, suas potencialidades e por descobrir padrões de pesquisa e identificação de tendências.

A **terceira seção** apresenta os procedimentos metodológicos empregados na realização desta pesquisa, expondo como transformar o conhecimento científico em informação de interesse aos meios produtivos. Analisa a combinação de duas bases de dados, uma sendo multidisciplinar e outra especializada em agricultura, como forma de se obter resultados mais abrangentes e efetivos, por meio de técnicas bibliométricas aplicáveis aos dados bibliográficos das publicações recuperadas, com isso, a geração de dados quantitativos e elaboração dos indicadores científicos.

A **quarta seção** apresenta os resultados da análise dos registros bibliográficos dos artigos com a finalidade de contextualizar as informações a partir dos indicadores apontados no estudo, apresentando os resultados e as discussões.

São evidenciados a produção científica mundial e brasileira em nanotecnologia para o agronegócio, através de indicadores de evolução das publicações; países, autores e instituições com o maior número de publicações na área; distribuição das publicações por áreas do conhecimento, periódicos e por grupos de assuntos. E também destaque para um estudo específico sobre o tema

sensores, apontado como um assunto importante para aprofundamento das análises.

E concluindo, ressalta a importância da utilização de técnicas bibliométricas para a descoberta de características da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio e também a realização das atividades e objetivos propostos na pesquisa, as contribuições proporcionadas pela pesquisa no âmbito acadêmico e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o panorama do agronegócio no Brasil, sua história e importância econômica para o país. Em seguida, apresenta-se a nanotecnologia e suas aplicações no agronegócio. Concluindo, traz uma breve revisão sobre a bibliometria e sua aplicação para a elaboração de indicadores de produção científica.

2.1 APONTAMENTOS SOBRE O AGRONEGÓCIO E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA

Os pesquisadores da Universidade de Harvard, John Davis e Ray Goldberg, já em 1957², enunciaram o conceito de agronegócio (em inglês, *agribusiness*) como sendo “a soma de todas as operações associadas à produção e distribuição de insumos agrícolas, operações realizadas nas unidades agrícolas bem como as ações de estocagem, processamento e distribuição dos produtos.” (DAVIS; GOLDBERG, 1957 apud ZYLBERSZTAJN, 1995, p. 106). Padilha Junior (2011, p. 3) afirma que, segundo esses autores,

[...] a agricultura já não poderia ser abordada de maneira indissociada dos outros agentes responsáveis por todas as atividades que garantiriam a produção, transformação, distribuição e consumo de alimentos. Eles consideravam as atividades agrícolas como fazendo parte de uma extensa rede de agentes econômicos que iam desde a produção de insumos, transformação industrial até armazenagem e distribuição de produtos agrícolas e derivados.

No Brasil, uma parcela pequena da sociedade, formada por fazendeiros, intelectuais e imprensa, forjou uma compreensão alternativa do que seria o agronegócio, identificando como uma característica da produção no meio rural. Segundo Oliveira e Stedile (2005, p. 25), eles denominaram de agronegócio,

² DAVIS, J. H., GOLDBERG, R. A. **A concept of agribusiness**. Division of research. Graduate School of Business Administration. Boston: Harvard University, 1957.

[...] aquelas fazendas modernas, que utilizam grandes extensões de terra, que se dedicam à monocultura, ou seja, que se especializam num só produto, utilizam alta tecnologia, mecanização, às vezes irrigação, pouca mão-de-obra, e por isso falam com orgulho que conseguem alta produtividade do trabalho, com baixos salários, com uso intensivo de agrotóxicos, com uso de sementes transgênicas e, na maior parte dos casos, produzem para a exportação, em especial, cana de açúcar, café, algodão, soja, laranja, cacau, e fazem pecuária intensiva.

Voltando à definição mais abrangente e aceita de Davis e Goldberg, o Agronegócio “engloba os fornecedores de bens e serviços para a agricultura, os produtores rurais, os processadores, os transformadores e distribuidores e todos os envolvidos na geração e fluxo dos produtos de origem agrícola até o consumidor final” (ABAG, 1993 apud OLIVEIRA, 2008, p. 6). Segundo Oliveira (2008, p. 6), “participam também desse complexo os agentes que afetam e coordenam o fluxo dos produtos, tais como o governo, os mercados, as entidades comerciais, financeiras e de serviços”.

Assim, [...] a agricultura passa a ser abordada de maneira associada aos outros agentes responsáveis por todas as atividades, que garantem a produção, transformação, distribuição e consumo de alimentos, considerando assim, a agricultura como parte de uma extensa rede de agentes econômicos. (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2011).

A definição de agronegócio implica, então, “na ideia de cadeia produtiva, com seus elos entrelaçados e suas interdependências” (RAULINO; MEIRELES, 2009, p. 224).

Segundo Raulino e Meireles (2009, p. 233), “o Brasil situa-se, no contexto atual, como celeiro mundial em termos de agronegócio”, tendo oportunidades de crescimento e ganhos de competitividade. Os principais pontos fortes, que são considerados para o desenvolvimento do agronegócio do Brasil, envolvem a disponibilidade de terras e água doce, clima favorável, recursos humanos, gestão e capacidade de geração de tecnologia de produção, conhecimento da agricultura tropical e o desenvolvimento sustentável (CRUVINEL, 2009).

O agronegócio brasileiro passou por um grande impulso entre as décadas de 1970 e 1990, com o desenvolvimento da C&T, proporcionando o domínio de regiões antes consideradas “inóspitas” para a agropecuária (LOURENÇO, 2008). Com isso,

houve o surgimento da oferta de um grande número de produtos. O país passou então a ser considerado como aquele que dominou a “agricultura tropical”, chamando a atenção de todos os seus parceiros e competidores em nível mundial (LOURENÇO, 2008).

Segundo Rodrigues (2006 apud RAULINO; MEIRELES, 2009, p. 233), o país possui 22% das terras agricultáveis do mundo, “além de elevada tecnologia utilizada no campo, dados estes que fazem do agronegócio brasileiro um setor moderno, eficiente e competitivo no cenário internacional”.

Para o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2010, p. 65), as perspectivas para o agronegócio brasileiro são promissoras, pois

o Brasil detém terras abundantes, planas e baratas, como são os cerrados com uma reserva de 80 milhões de hectares, dispõe de produtores rurais experientes e capazes de transformar estas potencialidades em produtos comercializáveis, além de deter um estoque de conhecimentos e tecnologias agropecuárias transformadoras de recursos em produtos.

O agronegócio é também importante na geração de renda e riqueza no País. O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários. No ranking mundial (Anexo A), segundo dados do United States Department of Agriculture (USDA) (2011 apud MINAS GERAIS, 2011, p. 37), o país é o primeiro produtor e exportador de: café (participação %: produção 39,2%; exportação 30,5%), açúcar (participação %: produção 23,7%; exportação 48,8%), fruticultura (laranja) (participação %: produção 33,4%) e carne bovina (participação %: exportação 20,7%).

Além disso, ocupa importantes posições no ranking de outros produtos nas cadeias produtivas de base agrícola, tais como (Quadro 1):

Quadro 1 – Ranking brasileiro de produtos de base agrícola

Produto	Posição
Soja	2ª posição em área colhida, produção e exportação, atrás apenas dos Estados Unidos
Trigo	2ª posição em importação
Bovinocultura – carne bovina	2ª posição em rebanho bovino e produção, 1ª posição em exportação e 3ª posição em consumo
Avicultura – carne de frango	3ª posição em produção e consumo
Milho	3ª posição em área colhida e exportação, 4ª posição em produção
Suinocultura – carne suína	4ª posição em rebanho suíno, produção e exportação, e 5ª posição em consumo
Algodão	4ª posição em produção, e 5ª posição em área colhida e exportação
Fruticultura – uva	4ª posição em produção e consumo
Fruticultura – maçã	7ª posição em produção e consumo
Arroz	9ª posição em produção e consumo

Fonte: Adaptado de USDA (2011 apud MINAS GERAIS, 2011).

A partir desse potencial, foi elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), um relatório de projeções do agronegócio (Anexo B) com o intuito de indicar possíveis direções do desenvolvimento e fornecer subsídios aos formuladores de políticas públicas quanto às tendências dos principais produtos do agronegócio (BRASIL, 2011), sendo a missão principal do MAPA, “promover o desenvolvimento sustentável e a competitividade do agronegócio em benefício da sociedade brasileira” (BRASIL, 2010a, p. 10).

De acordo com o relatório de projeções do agronegócio, elaborado pelo MAPA, vários produtos devem apresentar aumentos expressivos de produção nos próximos anos, mas a liderança nesse sentido deve ser do algodão em pluma (47,84%), soja grão (25,91%), carne de frango (30,0%), cana-de-açúcar (24,59%), papel (24,74%) e celulose (34,0%). Esses produtos são aqueles que devem ter a maior expansão da produção entre 2010/2011 e 2020/2021 (BRASIL, 2011a, p. 41).

A produção na atividade agrícola, pelas suas particularidades, exige escolhas racionais e utilização eficiente dos fatores produtivos. Esse processo de tomada de decisão reflete no seu custo total, que, por sua vez, impacta os resultados ótimos da atividade. O custo da produção agrícola é parte essencial para a gestão do empreendimento rural e o seu acompanhamento pelo Estado é importante para a formulação, implementação e avaliação de políticas públicas (BRASIL, 2010b).

Em se tratando do cenário mundial, na Ásia, a China concentra o aumento dos fluxos comerciais de *commodities*, sobretudo do complexo soja, deslocando a Europa nesse papel.

As especificidades do consumo alimentar – frequência, perecibilidade, hábitos culturais – estimula a presença direta das empresas nos mercados domésticos. Em outros casos, são as políticas do Estado e várias formas de protecionismo que incentivam investimentos nos mercados domésticos. (WILKINSON, 2010, p. 27).

No caso dos Estados Unidos (EUA) as vendas das filiais das suas empresas agroalimentares são quatro vezes o valor das suas exportações de alimentos. Assim, a China e outros países asiáticos agora se tornaram o principal alvo de investimento externo direto (IED) abrangendo todos os elos que compõem o agronegócio (WILKINSON, 2010).

De acordo com Barros e Adami (2011, p. 6), a União Europeia continua sendo o “principal mercado comprador dos produtos do agronegócio brasileiro. Em 2010, foi responsável por mais de 24% dos embarques (receita) brasileiros”. A China mantém-se como o “segundo maior destino, com participação superior a 14% das vendas do agronegócio. Estados Unidos e Rússia seguem na terceira e quarta posições, com participação de aproximadamente 6% cada” (BARROS; ADAMI, 2011, p. 6).

Segundo Pinto Filho e Alencar (2006, p. 3), “após sua inclusão na Organização Mundial do Comércio (OMC), em 2002, a China acabou abrindo suas portas para novas exportações, surgindo como um gigante no mundo do comércio”. Com este cenário, de acordo com os autores, em 2004, representantes do governo brasileiro visitaram o país para buscar parcerias comerciais. Com isso, o esforço de tornar a China um parceiro comercial, “vem fazendo com que a exportação brasileira de soja e minérios de ferro, aumente consideravelmente. Da mesma forma, o Brasil está importando cada vez mais da China” (PINTO FILHO; ALENCAR, 2006, p. 3).

Desde 2008, a China é o principal comprador de produtos agropecuários brasileiros. O país compra do Brasil mais que o dobro que o segundo colocado no ranking, os Países Baixos. Outro dado importante é o crescimento de 214%, nos últimos três anos, das exportações brasileiras de produtos agropecuários para a China, que passaram de US\$ 3,5 bilhões, em 2007, para US\$ 11 bilhões, em 2010. O complexo soja (óleo, grão e farelo) lidera as compras chinesas, com US\$ 7,9 bilhões ou 20 milhões de toneladas. Dos três subprodutos, o grão representa a maior parcela das importações: US\$ 7,1 bilhões. O Brasil também exporta para a China produtos florestais (madeira, cortiça, celulose e subprodutos) totalizando US\$ 1,28 bilhão. (GONDIM, 2011).

O agronegócio tem tido destaque nos últimos anos devido à expansão da produção agropecuária e ao aumento das exportações de *commodities* agrícolas.

Com a utilização de novas tecnologias aplicadas à produção rural, além da importância do segmento para a economia do país, houve um aumento do interesse e da investigação científica sobre o agronegócio. Segundo Batalha, Chaves e Souza Filho (2009, p. 124), o Brasil tem tido iniciativas promissoras para a “definição, tratamento, organização e divulgação de informações e indicadores voltados às atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação e de Pesquisa e Desenvolvimento.”

Nesse contexto, entre as várias tecnologias aplicadas ao agronegócio para desenvolver uma produção agropecuária mais sustentável e de maior valor agregado, especialistas apostam na nanotecnologia, que promete uma agricultura “mais produtiva, mudanças [...] na qualidade dos alimentos, a criação de riquezas e o desenvolvimento sustentável” (NANOTECNOLOGIA, 2009, p. 32).

A nanotecnologia vem despontando com um grande potencial de impacto sobre a produtividade e qualidade, podendo ser aplicada “em todos os setores da produção agrícola e do processamento, e nas embalagens de alimentos, [...] no monitoramento de propriedades agrícolas e dos próprios alimentos” (NANOTECNOLOGIA, 2009, p. 27).

2.2 NANOTECNOLOGIA: ASPECTOS CONCEITUAIS E HISTÓRICOS, CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

As nanociências e as nanotecnologias englobam projeto, manipulação, produção e montagem no nível atômico e molecular (CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS, 2006).

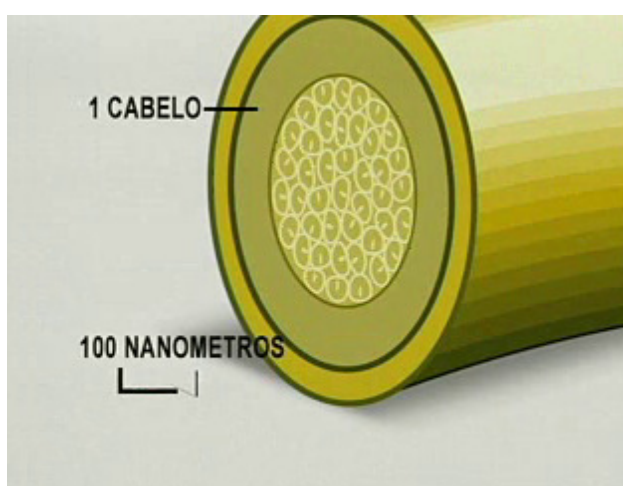
Outras definições sobre os termos nanociências e nanotecnologias foram feitas por diversos autores. Segundo Melo e Pimenta (2004, p. 9) os termos se referem, respectivamente, ao “estudo e às aplicações tecnológicas de objetos e dispositivos que tenham ao menos uma de suas dimensões físicas menor que, ou da ordem de, algumas dezenas de nanômetros.”

A nanotecnologia é “um conjunto de técnicas usadas para manipular a matéria na escala de átomos e moléculas” (ETC GROUP, 2005, p. 3), e “o design, a caracterização, a produção e a aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas controlando forma e tamanho na escala nanométrica.” (THE ROYAL SOCIETY, 2004³ apud FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008, p. 2205).

Um nanômetro é a “unidade de comprimento equivalente à bilionésima parte de um metro, ou 10^{-9} metros” (HOUAISS; VILLAR; FRANCO, 2009, p. 1341), ou seja, um milionésimo de milímetro ou um bilionésimo do metro. Tem como símbolo *nm*.

Esse tamanho é “aproximadamente 100 mil vezes menor do que o diâmetro de um fio de cabelo, 30 mil vezes menor que um dos fios de uma teia de aranha ou 700 vezes menor que um glóbulo vermelho” (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2010, p. 11). Esse exemplo pode ser visualizado conforme Figura 1.

Figura 1 - Comparação de grandezas: Fio de cabelo / Nanômetros



Fonte: <http://nebaridi.wordpress.com/2006/09/05/glossario-quimico-politico/>

³ THE ROYAL SOCIETY. **Nanoscience and nanotechnologies:** opportunities and uncertainties. The Royal Society & The Royal Academy of Engineering: London, 2004. 116 p. Disponível em: <<http://www.nanotec.org.uk/report/Nano%20report%202004%20fin.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

O físico Richard P. Feynman foi o precursor do conceito da nanotecnologia em 1959. Embora não tenha utilizado este termo sabe-se que o conceito deriva de sua palestra durante o Encontro Anual da Sociedade Americana de Física, na Califórnia, em 29 de dezembro de 1959, onde apresentou pela primeira vez suas ideias acerca do assunto (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008).

Em sua palestra "*There's plenty of room at the bottom*", Feynman provocou a plateia sobre a possibilidade de se escrever toda a Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete. "Sem saber exatamente como se faria isso, o físico estava convencido de que seria possível manipular os átomos individualmente." (FEYNMAN⁴, 2006 apud FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008, p. 2205).

O termo "nanotecnologia" foi utilizado pela primeira vez pelo professor Norio Taniguchi, em 1974, para descrever as tecnologias que permitem a construção de materiais a uma escala de um nanômetro, abarcando em seu significado máquinas que tivessem níveis de tolerância inferiores a um micron (1.000 nm) (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2010).

Nos anos 1980, com a publicação do livro de K. Eric Drexler (1986) intitulado "*Engines of creation: the coming era of nanotechnology*" nano adquiriu uma conotação maior, e, em 1992, ganhou um novo impulso na área científica, com a publicação da tese de Drexler, intitulada "*Nanosystems: molecular machinery, manufacturing and computation.*" (MARTINS; RAMOS, 2009).

Em termos tecnológicos, de acordo com Melo e Pimenta (2004, p. 9),

[...] uma primeira motivação para o desenvolvimento de objetos e artefatos na escala nanométrica está associada à possibilidade de que um número cada vez maior deles venha a ser reunido em dispositivos de dimensões muito pequenas, aumentando assim a compactação e sua capacidade para o processamento de informações.

De acordo com Martins (2006), a nanotecnologia tem algumas características como:

- Capacidade de trabalhar ao nível atômico e molecular promovendo arranjos atômicos com os elementos químicos naturais e sintéticos, o que

⁴ Feynman, R. P. Há mais espaços lá embaixo. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano19.htm>>. Acesso: 20 fev. 2011.

promete um potencial não-quantificável imenso de possibilidades de construção de matérias-primas e de produtos, que em tese, poderia eliminar a escassez dos recursos naturais previstos pela rotina da produção (MARTINS, 2006, p. 130).

- Questões ambientais decorrentes dos processos produtivos. De maneira geral, é assumido pelos produtores da nanotecnologia que todos os processos produtivos realizados mediante esta tecnologia implicam utilizar menos recursos naturais e energia para a obtenção do mesmo processo e/ou produto já conhecido e produzido. Assim sendo, de maneira geral a nanotecnologia implicaria eliminar ou, no mínimo, diminuir acentuadamente a geração de problemas ambientais nos processos produtivos, o que em última instância significaria, em tese, a eliminação dos conflitos sociais que têm por base a natureza (MARTINS, 2006, p. 130).

A nanotecnologia tem sido apontada como uma tecnologia altamente inovadora no sentido de alterar em ampla faixa e profundamente a produção e aplicação de materiais, tendo “potencial para fazer contribuições significativas para diversas áreas de semicondutores a biotecnologia com produtos de energia, transportes, agricultura e defesa do consumidor.” (INTERNATIONAL COUNCIL OF NANOTECHNOLOGY, 2006, p. 9).

De acordo com Capper (2006), “a nanotecnologia está associada a diversas áreas de pesquisa (como a medicina, eletrônica, ciência da computação, física, química, biologia e engenharia dos materiais)”. Alguns exemplos de aplicações (ALVES, 2004, p. 35-36; ROCO; ALIVISATOS, 1999; FOLADORI; INVERNIZZI, 2008, p. 67-68; BRASIL, 2008; BRASIL, 2011b; MARTINS, 2006):

- **Indústria automobilística e aeronáutica:** materiais mais leves, reforçados por nanopartículas; pneus mais duráveis e que sejam recicláveis; plásticos não inflamáveis e mais baratos; tintas que não sofrem com os efeitos da salinidade marinha; tecidos e materiais de recobrimento com poder de auto reparação.

- **Indústria eletrônica, informática e de comunicações:** armazenamento de dados por meios que utilizem nanocamadas e pontos quânticos (*quantum-dots*); telas planas; tecnologias sem-fio; aumento na velocidade de processamento; “protótipos elaborados com sensores incorporados acelerarão os desenhos, adaptando-se a processos de produção flexíveis em diferentes partes do mundo, superando muitas das barreiras que a distância impõe” (INVERNIZZI; FOLADORI, 2006, p. 67).
- **Indústria química e de materiais:** catalisadores mais eficientes; “ferramentas de corte mais duras e resistentes; fluidos magnéticos inteligentes, para uso como lubrificantes; nanocompósitos que combinam propriedades de materiais díspares, tais como, polímeros e argilas” (ALVES, 2004, p. 35).
- **Indústria farmacêutica, biotecnológica e biomédica:** novos medicamentos baseados em nanoestruturas; kits de autodiagnóstico; materiais para regeneração de ossos e tecidos; sensores laboratoriais construídos sobre chips. “Na área da saúde, poderia aumentar a qualidade de vida e sua duração: nanosensores incorporados ao próprio organismo para detectar doenças antes que se expandam, e combatê-las eficientemente; as drogas não serão genéricas, mas específicas segundo a composição genética individual, o sexo, a idade, etc.; os mecanismos de envelhecimento poderão ser retardados e inclusive revertidos” (INVERNIZZI; FOLADORI, 2006, p. 67).
- **Setor de fabricação:** novos microscópios e instrumentos de medida (engenharia de precisão); “ferramentas para manipular a matéria em nível atômico; bioestruturas; incorporação de nanopós, com propriedades especiais em materiais a granel, tais como os sensores que detectam e corrigem fraturas iminentes; automontagem de estruturas a partir de moléculas; materiais inspirados pela biologia” (ALVES, 2004, p. 35).

- **Setor energético:** novos tipos de baterias; fotossíntese artificial que permita a produção de energia de modo ecológico; economia de energia ao utilizar materiais mais leves e circuitos menores; armazenagem segura de hidrogênio para utilização como combustível limpo.
- **Meio-ambiente:** membranas seletivas para filtrar contaminantes ou remover sal da água; novas possibilidades de reciclagem; dispositivos nanoestruturados, capazes de retirar os poluentes dos efluentes industriais; redução significativa na utilização de materiais e energia; caracterização dos efeitos das nanoestruturas sobre o meio ambiente; origem de alimentos importados poderá ser identificada através de uma nanomarcaç o miniaturizada inovadora.
- **Defesa/Segurança:** detectores de agentes químicos e orgânicos; “circuitos eletrônicos mais eficientes; materiais e recobrimentos nanoestruturados muito mais resistentes; tecidos mais leves e com propriedades de auto-repara o” (MOURA; URBINA, SILVA, 2005, p. 5); sistemas de observa o miniaturizados; novos substituintes para o sangue.
- **Explora o espacial:** constru o de veículos espaciais mais leves; interfaces homem/máquina altamente sofisticadas; novos materiais inteligentes com a capacidade auto-regenerativa e de conexão em rede.
- ** rea de Materiais:** nanop rculas inteligentes “(uma peça de roupa, por exemplo, poderá reagir às mudanças de temperatura, chuva, neve, sol, etc., mantendo o corpo sempre   temperatura programada, repelir  o suor e o p , assim não precisará ser lavada, impedir  que bactérias ou vírus penetrem nela, mantendo-a, inclusive, distante de possíveis atentados bioterroristas)” (INVERNIZZI; FOLADORI, 2006, p. 67); nanotubos de carbono (possuem grande condutividade, não perdem energia na transmissão).

- **Agronegócio:** uso de insumos agrícolas e produção de alimentos; biorrefinaria; produção de novos materiais (plásticos, resinas, fibras, elastômeros e possivelmente outros produtos) de fontes renováveis; sistemas de entrega e liberação controlada de nutrientes e defensivos agrícolas, com menor impacto ao meio ambiente; embalagens “inteligentes” que informam o consumidor sobre o estado do produto e aumentam a durabilidade dos alimentos e bebidas; “desenvolvimento de catalisadores mais eficientes para produção de biodiesel; utilização de óleos vegetais e outras matérias-primas de origem agrícola para produção de plásticos, tintas e novos produtos; nanopartículas para liberação controlada de nutrientes, pesticidas e drogas” (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2009).

“Há um número cada vez maior de empresas e de universidades aplicando nanotecnologia a produtos presentes no dia a dia” (NANOTECCNOLOGIA, 2009, p. 10). “No Brasil, como em todo o mundo, há uma ampla gama de estruturas e aplicações nanotecnológicas. Uma vez que um produto é desenvolvido, ele pode ser usado para uma grande variedade de aplicações” (NANOTECCNOLOGIA, 2009, p. 10).

O Quadro 2 descreve algumas das empresas e universidades, seus materiais e produtos nanoparticulados fabricados ou comercializados no Brasil e algumas de suas aplicações presentes no dia a dia.

Quadro 2 - Materiais e produtos nanoparticulados estudados ou fabricados por universidades e empresas no Brasil.

Universidades / Empresas	Materiais / Produtos
Brasken	Nanocompósitos de polipropileno e polietileno
Bunge	Tinta branca com nanoalumínio
CVD Vale	Ponta odontológica com “nanodiamante”
Degussa	AEROSIL-R972®, uma sílica hidrofóbica
Embrapa	Língua eletrônica, um sensor gustativo para avaliação de bebidas
Faber Castell	Grafite com nanopartículas organometálicas
Henkel	Bonderite® NT-1, camada nanocerâmica que aumenta a resistência de metais à corrosão
LG	Filtro desodorizador nano
Mitsui Chemicals America	Resina com nanocristal NOTIO™, para uso em aplicações interiores e exteriores em automotivos, em embalagens (de cosméticos, eletrônicos, industriais e de especialidade) e em construção e engenharia civil
Nano	Endopróteses para cirurgias
Nanum Nanotecnologia	Insumos nanoparticulados para aditivar plásticos (resistência mecânica, térmica, degradação, efeito bactericida e fungicida, efeito autolimpante)
Novelprint	Rótulo autoadesivo de nanomateriais que propicia isolamento térmico entre a pele da mão e uma garrafa gelada
Oxiteno	Nanoláte
Plásticos Mueller (Brasil)	Fabrica peças para veículos. No Fiat Idea, por exemplo, usa-se nanoargila para substituir a fibra de vidro em partes do carro
Quattor	Produtos Diya, com nanotecnologia com efeito bactericida, resistência a riscos e à propagação de chamas, e absorção da radiação ultravioleta
Rhodia	Nanotecnologia de silicones para melhorar o processo de amaciamento e impedir o amarelecimento de tecidos
Santista	Tecidos Technopolo Light, Technopolo Fit, Image e Image Giz com acabamento NanoComfort
Research Associates (Canadá)	Nanotecnologia da Prata Silpure
UFPE	O n-Domp, um dosímetro de raios UV
UFSCar	Nanopigmentos
UNESP	Pele artificial para queimaduras ou feridas graves
Zhermack (Itália)	Nano silicone para moldagem odontológica Elite HD+ Hydrophilic

Fonte: Adaptação de Nanotecnologia (2009, p. 11).

As nanotecnologias possuem um enorme potencial de aplicação nos mais variados setores industriais, apesar disso, por se tratar de tecnologia emergente e oferecer um “enorme potencial para melhorar a vida humana” (MOLINS, 2008, p. 50), a nanotecnologia ainda não tem um histórico importante relacionado a aspectos de segurança, riscos potenciais a saúde ou ambiente, o que determina a

necessidade de estudos experimentais intensivos, devendo ser desenvolvidas de uma forma segura e responsável, tendo em vista a preparação de uma possível regulamentação. Assim, de acordo com Molins (2008, p. 50), “é necessário tomar medidas urgentes para estabelecer os critérios de base científica adequados para o estudo da regulamentação ideal correspondente.”

2.3 APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA PARA O AGRONEGÓCIO

O setor agrícola, além de contribuir para o desenvolvimento do setor industrial através do aumento da demanda de bens de capital e de insumos, tem contribuído de forma significativa para a economia do país como um todo (ETC GROUP, 2004).

O Brasil apresenta grande potencial de crescimento para sua produção agrícola, pois conta com clima favorável que possibilita duas ou mais safras por ano; grandes extensões de áreas agricultáveis ainda não aproveitadas; disponibilidade de água; produtores e agroindústrias com bom nível tecnológico; demanda mundial por alimentos em crescimento; e, acima de tudo, um grande potencial de aumento no consumo interno. (VIEIRA; BRIZOLLA, 2007, p. 2).

Atualmente, um dos desafios do mundo é tentar suprir a enorme demanda da população por alimentos mais nutritivos, seguros, com limitados recursos hídricos e disponibilidade de terra, através da adoção de novas tecnologias.

Desde as inovações tecnológicas para a realização da produção em si (correção de solos, irrigação e drenagem, melhoramento de variedades, entre outros) até os mecanismos de distribuição e circulação dos novos produtos (tipos de armazenagem e transporte dos produtos) até o consumo final (grandes redes de supermercados), há aceleração no ritmo de incorporação e difusão dessas novas tecnologias (MARTINS, 2006).

Entre os avanços recentes na ciência, tem-se a nanotecnologia que está surgindo como uma tecnologia para o futuro desenvolvimento e transformação dos sistemas agroalimentares.

Segundo Farhang (2009) e Ferreira; Rangel (2009), a nanotecnologia envolve pesquisa e desenvolvimento tecnológico em nível atômico, molecular e macromolecular, visando criar e utilizar estruturas, dispositivos e sistemas com propriedades novas e funções com base em seu tamanho pequeno.

As aplicações da nanotecnologia já estão bem desenvolvidas nos setores de alta tecnologia, medicina e defesa. No campo da alimentação e da agricultura, tiveram um início posterior (ETC GROUP, 2004).

No Brasil, e em razão da própria novidade e complexidade das nanotecnologias, as investigações científicas e as aplicações industriais relacionadas à temática em questão são relativamente recentes. Daí a pouca disponibilidade de dados oficiais acerca das nanotecnologias na agricultura. (RAMOS et al., 2009, p. 316).

A nanotecnologia tem proporcionado oportunidades sem precedentes para o desenvolvimento de nanomateriais e a investigação de suas propriedades na nanoescala. Materiais nanoestruturados apresentam propriedades únicas e oportunidades para a criação de novos materiais com alto desempenho que têm um impacto fundamental na fabricação de alimentos, embalagens, e armazenamento (MORARU et al., 2009; SANGUANSRI; AUGUSTIN, 2006).

O controle das moléculas dos alimentos através da nanoescala pode permitir a modificação de muitas características dos alimentos, tais como textura, atributos sensoriais, processabilidade, e vida útil. As nanotecnologias permitem uma melhor compreensão da maneira pela qual os componentes dos alimentos são estruturados, e como eles interagem uns com os outros (MORARU et al., 2009).

Na indústria de alimentos, segundo Martins (2006, p. 2), as pesquisas com nanotecnologias “acenam para uma revolução tecnológica diante do potencial de aplicações, alterando a forma como o alimento é produzido, processado, embalado, transportado e consumido”.

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE):

O potencial de produtos e processos nanotecnológicos e nanobiotecnológicos nesse campo é vasto, cobrindo desde materiais nanoestruturados para aplicação em agricultura, sistemas de entrega e liberação controlada de nutrientes e defensivos agrícolas, com menor impacto ao meio ambiente, até embalagens “inteligentes” que informam o consumidor sobre o estado do produto. (BRASIL, 2008, p. 50).

O documento “*Down on the farm: the impact of nano-scale technologies on food and agriculture*”⁵, do ETC Group (Erosion, Technology and Concentration), de 2004, apresenta uma primeira visão das aplicações da nanotecnologia na alimentação e agricultura e aponta o estado da arte e os possíveis impactos que a nanotecnologia traz na indústria de alimentos. Nele há indicações sobre a fusão da nanotecnologia com a biotecnologia e aplicações no setor agrícola.

As inúmeras possíveis aplicações das nanotecnologias no agronegócio e na indústria agroalimentar acenam para a introdução de novas práticas de manejo no campo, inovações na fabricação e utilização de insumos agroquímicos, sofisticação dos processos de transporte e embalagens de produtos, e incluem novos conteúdos na composição dos produtos alimentícios. (MARTINS; RAMOS, 2009, p. 7).

Nesse contexto, torna-se essencial que o país avance nestes tópicos para aproveitar da melhor forma possível todo o potencial de benefícios que a nanotecnologia oferece para a área ambiental.

Entre inúmeras aplicações potenciais da nanotecnologia para o agronegócio, Miller e Senjen (2008) destacam as seguintes:

- Métodos para reduzir a gordura, carboidratos ou calorias, ou aumentar as proteínas, fibras e vitaminas em produtos como refrigerantes, sorvetes, chocolate, permitindo que o alimento seja comercializado como "saudável".
- Produção de aromas, corantes, aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos mais fortes, para aumentar a velocidade e reduzir os custos de produção e insumos de produção.
- Desenvolvimento de alimentos que podem mudar as propriedades nutritivas, a cor ou sabor segundo as necessidades de alimentação de cada indivíduo, suas alergias ou preferências alimentares (uma área de alta prioridade em programas de investigação de indústrias como a Kraft Foods e Nestlé).

⁵ ETC GROUP. **Down on the farm**: the impact of nano-scale technologies on food and agriculture. 2004. Disponível em: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/80/02/etc_dotfarm2004.pdf>.

- Aumentar a vida útil do alimento através da detecção de decomposição de bactérias ou perda de nutrientes, e que respondam liberando agentes antimicrobianos, aromatizantes, corantes ou suplementos nutricionais.
- Reformulação dos insumos agrícolas para garantir fertilizantes, tratamentos de crescimento das plantas e pesticidas mais poderosos que atendem às condições específicas.
- Nanobiotecnologia para aumentar a capacidade de sementes geneticamente modificadas.
- Uso de "biologia sintética" para projetar novos organismos artificiais para uso na produção de corantes, aromatizantes e aditivos alimentares, e produção de etanol de agrocombustíveis.
- Sistemas de vigilância nano para permitir uma maior automação da gestão agrícola, etc.

As nanotecnologias podem também ser aplicadas em alimentos funcionais, os quais respondem às demandas do corpo e podem distribuir nutrientes de modo mais eficiente. De acordo com Lima Filho⁶ (2005 apud MARTINS, 2006, p. 7),

Vários grupos de pesquisas estão trabalhando para desenvolver novos alimentos "por demanda", os quais permanecem inertes no corpo e liberam os nutrientes para as células quando for necessário. Um elemento chave neste setor é o desenvolvimento de nanocápsulas que podem ser incorporadas aos alimentos para distribuírem nutrientes, tais como os nutracêuticos que incluem o licopeno, betacaroteno, luteína, fitoesteróis, e outros.

Um dos campos mais promissores é o da identificação, captação, análise, armazenamento e transmissão de informações precisas e confiáveis sobre a produção/manejo ambiental de animais/plantas, de modo a atender às demandas

⁶ LIMA FILHO, D. O. et al. Alimentos funcionais: construção de conceitos e disponibilidade de lácteos nos supermercados de Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul, 2004. **Informações Econômicas**, SP, v. 25, n. 11, p. 7-17, nov. 2005.

por elevadas produções e boa qualidade dos produtos (OPARA, 2004⁷ apud MARTINS; RAMOS, 2009).

Segundo a ABDI e o CGEE,

Existem grandes possibilidades e inúmeras oportunidades de utilizar a nanotecnologia para minimizar o uso de insumos poluentes, monitorar a quantidade destes na agricultura e meio ambiente, descontaminar a poluição possivelmente causada no meio ambiente e finalmente possibilitar o desenvolvimento de novos produtos de fonte renovável e biodegradáveis. (BRASIL, 2008, p. 189).

Martins e Ramos (2009, p. 38), discorrem sobre um caso concreto de aplicação no agronegócio que é a formulação de insumos em nanoescala,

[...] que implica seu encapsulamento, ou seja, envolver o ingrediente ativo em nanoescala com uma espécie de minúsculo “envelope” ou “concha”. Inclui-se nessa tecnologia a possibilidade de se controlarem as condições nas quais o princípio ativo deve ser liberado diretamente nas plantas.

Muitas das grandes empresas do ramo agroquímico, como Basf, Bayer e Syngenta, já desenvolvem pesquisas sobre a formulação de pesticidas em nanoescala. De acordo com Martins e Ramos (2009, p. 228), segundo as indústrias, as vantagens da microencapsulação de pesticidas são evidentes, pois permitem que:

- “O tamanho reduzido das partículas otimize sua eficácia;
- As cápsulas possam ser programadas para liberar seu princípio ativo nas mais variadas condições;
- Seja maior o tempo de atividade do princípio ativo;
- Haja redução de danos às culturas;
- Seja menor a perda de pesticidas por evaporação;
- Seja menor o efeito danoso sobre as demais espécies;
- Haja redução do impacto ambiental;
- Seja mais fácil o manuseio de pesticidas de elevada concentração;

⁷ OPARA, L. U. **Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21th century.** Part 1. Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. Oman, 2004. Disponível em: <<http://ecommons.library.cornell.edu/bitstream/1813/10397/1/Invited%20Overview%20Opara%20final%2017August2004.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2011.

- Não ocorra mais entupimento dos bicos aspersores;
- Utilize-se menor quantidade de produto e mantenha-se maior tempo da atividade química;
- Reduza-se substancialmente o contato dos trabalhadores com o agroquímico;
- Seja reduzida a poluição do ar, solo e águas”.

Os autores Sanguansri e Augustin (2006), mostram uma pesquisa onde foram selecionadas algumas das aplicações da nanociência às indústrias de alimentos e afins. As aplicações incluem nanosensores para melhorar a segurança do abastecimento alimentar, nanodispositivos para rastreamento da cadeia de abastecimento alimentar, sistemas de entrega inteligentes, etc. Alguns exemplos:

- Bebida funcional: água e leite aromatizado fortificados com vitaminas, minerais e outros ingredientes funcionais usando tecnologia de nanoemulsão para incorporação e liberação controlada de bioativos;
- Alimentos e bebidas personalizadas: nanoemulsões que liberam diferentes sabores, através da ativação com o calor, frequência ultrassônica, pH. Alimentos que podem ajustar a cor, o sabor ou o conteúdo de nutrientes para a necessidade ou o gosto de uma pessoa ou condição de saúde;
- Sensores inteligentes: embalagem com nanosensores que indicam quando um produto é comprometido e não é seguro para consumo;
- Filtros inteligentes: nanofiltros selecionados que podem distinguir as moléculas com base na forma, bem como o tamanho que permita a eliminação de toxinas ou ajuste de sabor;
- Entrega de medicamentos: complexos de DNA e quitosana utilizados como veículo de entrega para a terapia gênica, por exemplo, tratamentos de alergias a alimentos, tais como o amendoim;

- Desenvolvimento de embalagens inteligentes para otimizar a vida útil do produto. Tais sistemas de embalagem seriam capazes de reparar pequenos furos/rasgos, responder às condições ambientais (temperatura e alterações de umidade), e alertar o cliente se o alimento está contaminado.

Moraru et al. (2009) sugeriram que as quatro grandes áreas na indústria de alimentos para se beneficiar da nanotecnologia são as de desenvolvimento de novos materiais funcionais, em micro e nanoescala; processamento e desenvolvimento de novos produtos e design de nano-marcadores; nanosensores para a segurança alimentar e de biossegurança.

No Brasil, as principais linhas de pesquisas sobre aplicações das nanotecnologias no agronegócio e alimentos são conduzidas pelo Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio (LNNA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), situado na cidade de São Carlos, Estado de São Paulo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2011). A Embrapa constituiu, em 2006, a Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio (Rede AgroNano⁸), que vem desenvolvendo diversos trabalhos relativos às nanotecnologias em variados campos de estudo.

Dentre as linhas de pesquisa tem-se (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2011; BRASIL, 2009; MARTINS et al., 2007, p. 10):

- Desenvolvimento de sensores e biossensores voltados para qualidade, certificação e rastreabilidade de alimentos;
- Caracterização e síntese de novos materiais, em especial polímeros e materiais nanoestruturados com propriedades específicas;
- Filmes finos e superfícies, usados em embalagens inteligentes, comestíveis e superfícies ativas;
- Nanopartículas, compósitos e fibras, para reforço de materiais e uso em produtos naturais como fibras de sisal, juta, coco e outras para aplicações industriais;

⁸ Rede Agronano (Embrapa). Disponível em: <<http://www.redeagronano.cnptia.embrapa.br/>>.

- Nanopartículas orgânicas e inorgânicas que possam ser utilizadas em processos de liberação controlada de nutrientes e pesticidas em solos e em plantas, e de fármacos para uso veterinário;
- Nanobiotecnologia aplicada na caracterização de material genético e nanomanipulação gênica e;
- Caracterização de materiais de interesse do agronegócio, como partículas de solos, plantas, bactérias e patógenos.

As experiências brasileiras advindas de recursos públicos, incluindo nanotecnologias no agronegócio, centralizam-se na Embrapa. Um dos produtos nanotecnológicos recentemente desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária é a língua eletrônica (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2011).

A língua eletrônica (Figura 2) é um sensor gustativo para avaliação de bebidas, entre elas, a água, vinho e café. Foi desenvolvida pela Embrapa Instrumentação, em parceria com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), e representa um avanço no controle de qualidade para a indústria alimentícia, vinícolas, estações de tratamento de água e, possivelmente, na indústria farmacêutica (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006).

De acordo com a Embrapa, o sensor permite verificar com rapidez, precisão, simplicidade e a um custo baixo, a qualidade da água, a existência de contaminantes, pesticidas, substâncias húmicas e metais pesados; diferencia sem dificuldade os padrões básicos de paladar, doce, salgado, azedo e amargo, em concentrações abaixo do limite de detecção do ser humano (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006).

Figura 2 - Língua eletrônica (Embrapa)



Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006).

A Língua Eletrônica é “formada por um conjunto específico de plásticos que conduzem eletricidade e que são sensíveis às substâncias responsáveis pelos diferentes tipos de paladar” (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2002). De acordo com a literatura sobre o assunto, esta é a primeira língua eletrônica à base de polímeros condutores do mundo (DYMINSKI, 2006; VAN DE KOKEN, 2006).

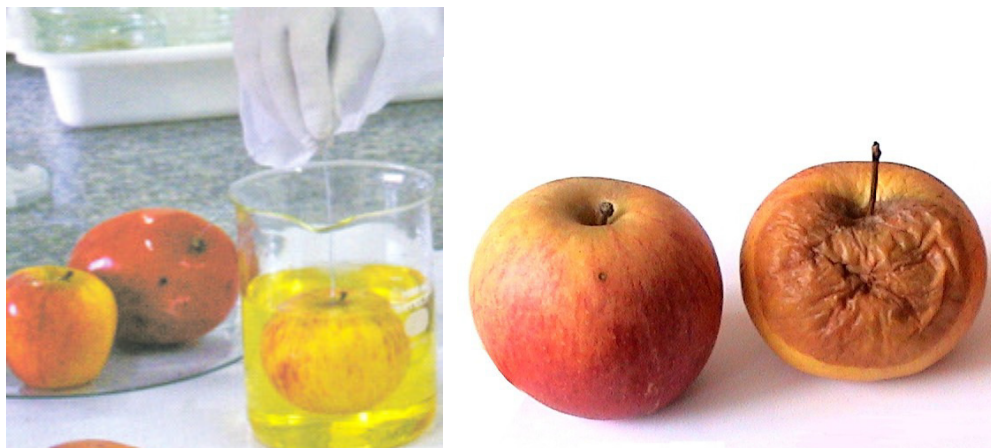
O projeto da língua eletrônica foi coordenado pelo pesquisador Luiz Henrique Capparelli Mattoso, envolveu o apoio de físicos e engenheiros de materiais, mecânicos, eletrônicos e elétricos da Embrapa, em São Carlos, e contou com parcerias como o Instituto de Física (IFSC) e o Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da USP, em São Carlos, a Escola Politécnica da USP, a Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves (RS), e o Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), de Campinas (DYMINSKI, 2006).

A Embrapa Instrumentação Agropecuária (Rede AgroNano) também desenvolveu recentemente estudos e outros produtos nanotecnológicos como: embalagens ativas e coberturas comestíveis para a preservação da qualidade de frutas e hortaliças; catalisadores nanoestruturados para a degradação de compostos poluentes em águas; sistemas de liberação controlada de insumos; nanocompósitos a partir de estruturas naturais, etc. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2010).

O desenvolvimento de embalagens ativas e coberturas comestíveis (Figura 3) ajudam na preservação da qualidade final dos produtos, reduzindo perdas, garantindo assim a “integridade, qualidade, transporte, armazenagem, manuseio e elevam o tempo de prateleira de uma gama de alimentos frescos íntegros ou minimamente processados” (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2010, p. 7).

Essas coberturas ou filmes comestíveis “têm forte ação na redução da maturação, manutenção da firmeza além de diminuir o impacto ambiental”. São “extremamente finas, porém resistentes, invisíveis e atóxicas, tornando-se parte do alimento”. “Não alteram os sabores e são eficientes na preservação da aparência e na manutenção das condições fisiológicas por um maior período de armazenamento” (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2010, p. 7).

Figura 3 - Nanotratamento: película especial (filmes comestíveis)



Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2010).

Outra pesquisa da Rede AgroNano é o desenvolvimento de hidrógeis e nanopartículas poliméricas para sistema de liberação controlada de insumos (Figura 4). De acordo com a Embrapa, “o uso adequado de pesticidas e fertilizantes depende da sua aplicação em quantidades e intervalo de tempo desejados” para que não ocorra problemas ocupacionais ou ambientais, devido ao seu uso excessivo, “além das questões econômicas diretamente envolvidas com a perda de alimentos” (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2010, p. 9).

Figura 4 – Hidrogel de PAAm-MC: liberação controlada de insumos



Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2010).

Nesse contexto, em geral, alguns dos benefícios potenciais de aplicações da nanotecnologia para o agronegócio são realizados nas seguintes áreas (MOLINS,

2008; ETC GROUP, 2004, FOLADORI; INVERNIZZI, 2008; SASTRY, 2010; JOSEPH; MORRISON, 2006; DULLEY, 2004):

- Produção agrícola - a nanotecnologia pode contribuir para melhorar a produtividade agrícola de uma forma sustentável, utilizando insumos agrícolas de forma mais eficaz e reduzindo os subprodutos que podem prejudicar o meio ambiente ou a saúde humana.
- Biossensores baseados em nanotecnologia implantados nos campos de cultura e nas plantas para monitorar as condições do solo, crescimento e vetores de doenças, podendo expandir o conceito de agricultura de precisão em que a produtividade pode ser otimizada, proporcionando entradas (ou seja, fertilizantes, pesticidas, irrigação, etc.) e condições (por exemplo, temperatura, radiação solar), apenas a níveis de precisão necessários.
- Da mesma forma, os sensores de nanotubos implantados na pele dos animais domésticos podem detectar mudanças nos níveis hormonais ou quantidades anormais de anticorpos, contribuindo assim para a criação de procedimentos e otimização de intervenções veterinárias antes do aparecimento de doenças que podem prejudicar o crescimento.
- Semelhante às aplicações em nanomedicina, pesticidas e herbicidas podem ser formulados com nanopartículas para aumentar a eficácia dos ingredientes ativos e permitir a entrega alvejada e liberação, exigindo assim menos dosagem por aplicação e escoamento superficial minimizando o excesso não utilizado de produtos químicos.
- A pecuária, com o desenvolvimento da nanotecnologia na medicina humana, pode ser utilizada como campo de testes. Testes com 'chips' que podem ser utilizados para o diagnóstico de doenças em animais, para o rastreamento da produção animal. E também há a possibilidade de sua utilização no melhoramento das raças (DULLEY, 2004).

- Utilização das nanocápsulas na veterinária, onde os medicamentos podem ser administrados em locais, tempo e doses precisas sem prejudicar os tecidos saudáveis próximos (DULLEY, 2004).
- Nanofertilizantes para liberação lenta e uso eficiente da água pelas plantas e fertilizantes; nanoescovas e membranas para purificação de água e solo (TECNANO, 2011).
- Limpeza de viveiros e nanosensores para a qualidade do solo e de vigilância sanitária vegetal, e para a agricultura de precisão, agricultura controlada pelo ambiente (TECNANO, 2011).
- Nanoformulação, onde o agrotóxico se dissolve mais facilmente na água (para simplificar a aplicação nos cultivos); é mais estável e a capacidade de matar do produto químico (herbicida, inseticida ou fungicida) é otimizada.

Com a aplicação prática dessas tecnologias, espera-se que possa permitir processos de produção agrícola mais eficientes e sustentáveis, nos quais menos insumos sejam necessários e o alimento seja de maior valor nutricional e de melhor qualidade.

O Brasil tem avançado no desenvolvimento de ações importantes em Ciência, Tecnologia e Inovação, com resultados concretos na produção científica, tecnológica e formação de recursos humanos em áreas consideradas estratégicas como é o caso da nanotecnologia para o agronegócio (BRASIL, 2008).

Um dos caminhos para a difusão e incorporação dos conhecimentos científicos existentes por um maior número de pessoas e, ao mesmo tempo, organizar as discussões sobre as reais vantagens decorrentes dos avanços industriais com as nanotecnologias pode se dar em reuniões técnico-científicas que promovam o diálogo entre a sociedade civil, a acadêmica, as empresas e os diferentes setores do governo. De igual modo, e a respeito do desenvolvimento de novas tecnologias, a capacitação de profissionais torna-se um dos pré-requisitos para o domínio e participação do Brasil neste mercado emergente. (RAMOS et. al., 2009, p. 318).

No entanto, de acordo com a ABDI e CGEE, é importante o desenvolvimento de técnicas de monitoramento e diagnóstico de nanomateriais; o investimento na avaliação nanotoxicológica e análise do ciclo de vida de produtos nanotecnológicos; e a determinação das formas apropriadas e seguras de produção, manejo de produtos nanotecnológicos gerados pelos mais diferentes setores, assim como de possíveis resíduos de nanopartículas gerados durante o processo de produção, de descarte industrial, ou uso do produto final, que devem ser adequadamente gerenciados (BRASIL, 2008).

Segundo Martins e Ramos (2009) é necessária a intervenção do Estado, através da elaboração de indicadores e de políticas públicas, aliada à participação da sociedade, com o intuito de acompanhamento de todo o processo de regulação dessas inovações, principalmente daquelas com impactos imprevisíveis, como é o caso das nanotecnologias.

2.4 BIBLIOMETRIA E OS INDICADORES CIENTÍFICOS

A bibliometria pode ser definida como o ramo da Ciência que se ocupa em quantificar os processos de comunicação escrita, envolvendo o estudo quantitativo da produção, disseminação e uso da informação registrada (SPINAK, 1998; MACIAS-CHAPULA, 1998; VAN RAAN, 1997). É uma área que surgiu no início do século XX como “sintoma da necessidade do estudo e da avaliação das atividades de produção e comunicação científica” (ARAÚJO, 2006, p. 12) e como uma forma dos cientistas e bibliotecários acompanharem o rápido desenvolvimento das várias áreas da ciência e da produção científica.

O termo Bibliometria foi criado por Paul Otlet em 1934, no Tratado da Documentação (*Traité de Documentation*), sendo originalmente conhecido como “bibliografia estatística”, termo cunhado por Hulme em 1923. Contudo, o termo consolidou-se apenas em 1969, a partir da publicação do artigo de Pritchard, sob o título *“Bibliografia estatística ou Bibliometria?”* (ARAÚJO, 2006).

Por bibliometria, entende-se o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação registrada, sendo uma “técnica quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico” (ARAÚJO, 2006, p. 12). Pritchard (1969) definiu o termo “bibliometria” como a ciência que estuda a natureza e o curso de uma disciplina por meio da

contagem e análise dos vários processos de comunicação escrita. Spinak (1998, p.142), por outro lado, apresenta sua definição como sendo “uma disciplina com alcance multidisciplinar e que analisa os aspectos mais relevantes e objetivos da comunidade - o papel da comunidade”.

Inicialmente voltada para a medida de livros (quantidade de edições e exemplares, quantidade de palavras contidas nos livros, espaço ocupado pelos livros nas bibliotecas, estatísticas relativas à indústria do livro), aos poucos foi se voltando para o estudo de outros formatos de produção bibliográfica, tais como artigos de periódicos e outros tipos de documentos, para depois ocupar-se, também, da produtividade de autores e do estudo de citações. (ARAÚJO, 2006, p. 12).

A bibliometria baseia-se especialmente na contagem de artigos científicos, patentes e citações. Dependendo da finalidade do estudo bibliométrico, podem ser considerados como dados tanto o texto que compõe a publicação como os elementos presentes em registros sobre publicações extraídos de bases de dados bibliográficas, como nomes dos autores, título, fonte, idioma, palavras-chave, classificações e citações (RAO, 1986; ZHU et al., 1999).

De acordo com Vanti (2002, p. 155), algumas possibilidades de aplicação das técnicas bibliométricas são:

- Identificar as tendências e o crescimento do conhecimento em uma área;
- Identificar as revistas do núcleo de uma disciplina;
- Mensurar a cobertura das revistas secundárias;
- Identificar os usuários de uma disciplina;
- Prever as tendências de publicação;
- Estudar a dispersão e a obsolescência da literatura científica;
- Prever a produtividade de autores individuais, organizações e países;
- Medir o grau e padrões de colaboração entre autores;
- Analisar os processos de citação e co-citação;
- Determinar o desempenho dos sistemas de recuperação da informação;
- Avaliar os aspectos estatísticos da linguagem, das palavras e das frases;
- Avaliar a circulação e uso de documentos em um centro de documentação; e,

- Medir o crescimento de determinadas áreas e o surgimento de novos temas.

2.4.1 Leis da Bibliometria

A bibliometria desenvolveu-se inicialmente a partir da elaboração de três leis fundamentais: Lei de Lotka, Lei de Bradford e Lei de Zipf. Segundo Rao (1986), as leis bibliométricas estudam:

- **Lei de Lotka:** produtividade de autores em termos de documentos científicos;
- **Lei de Bradford:** dispersão dos artigos em diferentes publicações periódicas;
- **Lei de Zipf:** frequência da ocorrência de palavras em um texto.

A bibliometria, [...] é o tratamento quantitativo das propriedades do discurso registrado, e do seu comportamento. As investigações bibliométricas desenvolveram-se, principalmente, baseadas em estudos da produtividade de autores em relação ao crescimento da ciência (Lotka), da dispersão de artigos em periódicos (Bradford), da frequência de ocorrência de palavras em um texto (Zipf) (IPPOLITO, 1973, p. 1).

A **Lei de Lotka**, formulada em 1926, visa identificar qual a contribuição de cada autor no âmbito científico que atua, de forma a relacionar o número de publicações com o número de autores, sendo construída “a partir de um estudo sobre a produtividade de cientistas, a partir da contagem de autores presentes no *Chemical Abstracts*, entre 1909 e 1916.” (ARAÚJO, 2006, p. 13). Através dessa lei, observa-se que poucos autores publicam muito e que muitos publicam pouco independente da área do conhecimento analisada. Essa relação identificada por Lotka obedece à expressão (ROSTAIN, 1996; RAO, 1986):

$$y = \frac{C}{x^2}$$

Onde: **C** é uma constante, **y** é o nº de autores e **x** é o nº de publicações.

Esta lei também pode ser definida como a análise sobre a distribuição de frequência de produtividade científica, o número de publicações em certo período de tempo, com a frequência de publicações por autores individuais, de acordo com Rao (1986).

A segunda lei bibliométrica incide sobre conjuntos de periódicos. A **Lei de Bradford**, ou Lei da Dispersão, foi criada em 1934, e desenvolvida com o objetivo de identificar quais eram os periódicos mais representativos de determinada área, através da distribuição dos assuntos tratados nos artigos. De acordo com Vanti (2002, p. 153), “permite, mediante a medição da produtividade das revistas, estabelecer o núcleo e as áreas de dispersão sobre um determinado assunto em um mesmo conjunto de revistas.”

De acordo com Faria (2001), seu desenvolvimento ocorreu devido ao número crescente de periódicos científicos e às dificuldades de seleção e aquisição daqueles mais adequados para fazer parte de acervos dos centros de informação.

A Lei de Bradford é aplicada em bibliotecas para otimizar a aquisição de periódicos para o acervo em função de recursos disponíveis. Também é utilizada pelo Institute for Scientific Information (ISI) para selecionar quais periódicos devem fazer parte da cobertura das suas bases de dados (como a Science Citation Index (SCI)).

A terceira das leis bibliométricas clássicas é a **Lei de Zipf**. Em 1949 Zipf propôs uma lei segundo a qual trata da frequência da ocorrência de palavras em um texto, sendo representada através de um ranking em ordem decrescente composto pelas diversas palavras que apareceram em determinado contexto (ROSTAIN, 1996). Ou seja,

$$f \times r = \text{constante}$$

Onde **f** = frequência de aparição da palavra, **r** = posição da palavra no ranking.

O ranking, quando analisado, permite identificar diferentes tipos de informações, de acordo com a localização das palavras na curva do tipo “Núcleo e Dispersão” (formada por duas regiões, uma de elementos de alta frequência e outra de elementos de baixa frequência), o que permite a visualização de várias zonas, onde estão situadas as palavras conforme a frequência com que ocorreu. Assim,

temos a ocorrência de palavras vazias (geralmente são artigos, conjunções, etc.), triviais (adotadas frequentemente definindo temas centrais), úteis (compreendem assuntos periféricos ou potenciais inovações) e ruído (erros ortográficos ou conceitos novos) (FARIA, 2001).

Definições mais sucintas foram elaboradas por outros autores, como se segue: “A Lei de Zipf descreve com que frequência os elementos bibliométricos aparecem em um texto.” (FARIA, 1997, p. 39).

2.4.2 Os indicadores bibliométricos de produção científica

A Ciência e a Tecnologia vêm adquirindo uma enorme importância na sociedade, em parte devido à grande influência que exercem no desenvolvimento econômico, político e cultural dos países. Paralelamente tem surgido a necessidade de avaliar o desempenho da atividade científica e seu impacto na sociedade com o principal objetivo de adequar convenientemente a alocação de recursos destinados à P&D, considerado um elemento essencial à gestão e ao planejamento científico de qualquer instituição ou país para obter uma rentabilidade máxima nos investimentos neste campo (SANCHO, 1990). Uma das mais importantes ferramentas de gestão são os indicadores.

A relevância e a atualidade em dispor de estatísticas e indicadores na área no país podem ser evidenciadas pelo destaque às questões relacionadas à mensuração de esforços em CT&I no *Livro Verde* e na Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, em 2001, pela estruturação de uma série de informações e indicadores em CT&I dentro do sítio do MCT, pela publicação do relatório “Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Estado de São Paulo” pela FAPESP (2001), ou ainda pela realização da Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec) pelo IBGE. (MUGNAINI; JANNUZZI; QUONIAM, 2004, p. 123).

Ao longo do tempo, as técnicas bibliométricas evoluíram, tornando obsoleta a exploração manual dos registros contidos em bases de dados. Hoje, como menciona Silva (2004), pode-se contar com as ferramentas automatizadas tanto para a busca e recuperação de informações científicas como para tratamento e análise bibliométrica. Essas ferramentas permitem aumentar as possibilidades de exploração de bases de dados e a rapidez das tarefas executadas.

A área da Bibliometria vem desenvolvendo diversas metodologias de tratamento de informações, com objetivo de filtrá-las, gerar indicadores quantitativos e qualitativos que permitam dar respostas. [...] Utilizando-se de ferramentas estatísticas e matemáticas, ela permite a elaboração de indicadores de tendências que sintetizam a informação útil. (FARIA, 1997, p. 38).

Indicadores são uma forma indireta de avaliar algo intangível, como ciência e tecnologia (FARIA, 2001). Considerando a Ciência e Tecnologia como sistema gerador de informação, conhecimento e inovação, que requer insumos para funcionar e produzir resultados, pode-se construir indicadores de Ciência e Tecnologia a partir da medição dos insumos aplicados e os resultados obtidos (SPINAK, 1998).

A elaboração de indicadores de C&T é uma das principais aplicações da bibliometria e os métodos e técnicas de sua produção são um foco de pesquisa importante (VAN RAAN, 1997). De acordo com Mugnaini; Jannuzzi; Quoniam (2004, p. 130), “transformar informação bibliográfica em indicadores bibliométricos não é uma tarefa simples, exigindo trabalho minucioso e cautela em cada passo.”

A maior parte do tempo é despendida no reconhecimento da forma em que os dados estão estruturados na base e no tratamento efetivo na cadeia de transformação da informação bibliográfica em dados quantitativos. Invariavelmente, a informação não se encontra perfeitamente padronizada, exigindo reprocessamento e retorno às etapas anteriores da cadeia. (MUGNAINI; JANNUZZI; QUONIAM, 2004, p. 130).

Os indicadores bibliométricos, obtidos com base na contagem da produção científica e tecnológica publicada, são indicadores de resultados. A obtenção desses indicadores é importante tanto para macro e micro análises, indo do posicionamento da produção científica de um país em relação aos outros até à comparação entre pesquisadores de uma mesma entidade (FARIA, 2001).

De acordo com Araújo (2006, p. 26),

[...] o uso de dados bibliométricos como indicadores da produção científica passou a ser cada vez mais frequente, diante do conjunto de ações que vêm sendo desenvolvidas no sentido de dispor desses indicadores para o planejamento nacional das atividades de pesquisa científica. Ou então para a análise do desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica dentro de uma instituição específica, da análise dos periódicos de uma área específica ou da produtividade de pesquisadores.

A avaliação da produção científica é um processo fundamental para garantir o investimento financeiro em pesquisa e a participação da Ciência na consecução dos objetivos econômicos, sociais e políticos do país (VELHO, 1986). Segundo Vanz e Stumpf (2010, p. 67), “quanto mais ativo e produtivo o ambiente científico, mais frequentes e rigorosas são as rotinas de avaliação vigentes.”

“A importância e o valor dos indicadores se pautam na possibilidade de quantificar "coisas" intangíveis como a geração de conhecimentos” (PENTEADO et al., 2002, p. 11107). Alguns exemplos de indicadores científicos são: “número de publicações por ano da empresa, número de pesquisadores ativos, evolução dos principais temas de pesquisa ano a ano, recursos financeiros aplicados e bolsas concedidas” (PENTEADO et al., 2002, p. 11107).

Segundo Santos et al. (2007, p. 3),

A produção de indicadores da ciência, por métodos bibliométricos, requer um conjunto de dados padronizados, sistematizados e consistentes, em princípio encontráveis nas bases de dados bibliográficas. Essas fontes favorecem as abordagens bibliométricas em razão da forma em que os dados se encontram estruturados. No entanto, na prática, as inconsistências encontradas impedem sua utilização direta, sendo necessário realizar um trabalho prévio de consistência e reestruturação das bases. Para isso, recorre-se a procedimentos e softwares bibliométricos criados especificamente para promover a consistência requerida.

De acordo com Sancho (1990 apud BASTOS; HEIN; FERNANDES, 2010, p. 7), com os indicadores bibliométricos pode-se determinar, entre outros aspectos:

- O crescimento de qualquer campo da ciência, segundo a variação cronológica do número de trabalhos publicados;
- O envelhecimento dos campos científicos, de acordo com a "meia vida" das referências de suas publicações;
- A evolução cronológica da produção científica, segundo o ano de publicação dos documentos;
- A produtividade dos autores ou instituições, medida pelo número de seus trabalhos;
- A colaboração entre os pesquisadores ou instituições, medida pelo número de autores por trabalho ou centros de pesquisa que colaboram;

- O impacto ou visibilidade das publicações dentro da comunidade científica internacional, medido pelo número de citações que recebem por parte dos trabalhos posteriores;
- A análise e evolução das fontes difusoras dos trabalhos, por meio de indicadores de impacto das fontes;
- A dispersão das publicações científicas entre as diversas fontes, etc.

Os indicadores bibliométricos recebem diversas classificações, normalmente relacionadas à sua finalidade, como as de Lopez Piñero e Terrada (1992) que agrupam os indicadores em quatro tipos: Produção, Dispersão, Consumo e Repercussão das publicações. Estes grupos são resumidos em dois por Bordons Gangas e Zulueta (1999): indicadores de atividade (contagem de publicações) e de impacto (contagem de citações recebidas).

De acordo com Faria (2001, p. 40), “os indicadores de atividade são os mais simples. Eles são criados a partir da contagem de publicações e visam à elaboração de listas de frequência ou rankings de pesquisadores, instituições, empresas e países.”

Os indicadores de impacto, construídos a partir de dados de citações, são “uma forma de medir a importância de artigos, periódicos, pesquisadores, departamentos, instituições e países em determinado assunto científico ou tecnológico” (PERSSON, 2000; SPINAK, 1996 apud FARIA, 2001, p. 42), sendo que “quanto maior o número de citações recebidas por um pesquisador, maior o impacto da produção científica dele para o progresso da ciência.” (FARIA, 2001, p. 42).

Alguns exemplos, de pesquisadores e respectivos estudos, que utilizaram métodos bibliométricos e cientométricos com intuito de investigar a produção científica e a elaboração de indicadores científicos, merecem ser destacados.

Mugnaini; Jannuzzi, Quonian (2004) apresentaram e analisaram indicadores bibliométricos da produção científica e tecnológica de pesquisadores de instituições brasileiras ao longo dos anos 90, computados a partir de uma base bibliográfica internacional – a Pascal. A discriminação da produção foi feita segundo países de publicação, idioma, área de conhecimento e estados brasileiros das instituições de afiliação dos pesquisadores.

Gregolin et al. (2005), através da publicação da Fapesp, analisaram as características da produção científica brasileira e paulista, com o intuito de suprir, em

partes, a ausência de dados sistemáticos relativos à evolução e à realidade da produção científica do Estado de São Paulo, no período 1998-2002, com base em artigos publicados em periódicos científicos especializados indexados nas principais bases de dados internacionais, como: Science Citation Index Expanded (SCIE) do Institute for Scientific Information (ISI), as bases e dados bibliográficas Pascal e SciELO, ambas multidisciplinares, bem como as bases especializadas Medline, Ei Compendex, Inspec e Chemical Abstracts.

Amaral et al. (2007) apresentaram um estudo sobre indicadores dos dados disponíveis na Biblioteca Digital de Tese e Dissertações (BDTD) da Biblioteca Comunitária da Universidade Federal de São Carlos (BCo/UFSCar) no período de 2003-2007, na base de dados BDTD. Na construção dos indicadores foi utilizada a análise bibliométrica automatizada e os registros foram tratados com o software VantagePoint para construção de indicadores relacionados à distribuição dos trabalhos por área, à evolução dos programas de pós-graduação, ao grau dos trabalhos e aos assuntos-chave pesquisados na UFSCar.

Maricato (2007) estudou o impacto do portal de periódicos da CAPES na produção científica da área de plasma no Brasil, analisando uma parcela do sistema de C&T na área de plasma no Brasil através de indicadores e técnicas cienciométricas, com ênfase na evolução da produtividade e qualidade das pesquisas entre os anos de 1995 e 2005.

Lima (2007) recuperou um conjunto significativo e coerente de publicações que permitiu a análise da produção científica da área de bioprospecção, através da base de dados Science Citation Index, no período de 1986-2006. Foi utilizado o software VantagePoint para tratamento bibliométrico, o que possibilitou trabalhar automaticamente em cada um dos campos da base, listando e agrupando as informações contidas nos registros, e com isso apresentar as principais regularidades presentes na área de pesquisa em bioprospecção.

Alguns autores buscam identificar a produção científica através de relações entre os assuntos da área de Agricultura. Martínez de Armas et al. (1997) realizaram uma análise da produção científica cubana das disciplinas de Agricultura, mediante técnicas bibliométricas para a construção de indicadores científicos como: evolução, características dos autores, temáticas mais relevantes no últimos 10 anos, fontes e a tendência das publicações em relação ao Planos de Desenvolvimento Nacional, utilizando-se a base de dados CUBACIENCIA.

Bravo Vinaja (2005) investigou a produção científica mexicana na área de Ciências Agrárias, utilizando indicadores bibliométricos de atividade científica, mediante análise da produção obtida nas bases de dados: Agricola, Agris, Cab Abstracts, Tropag & Rural, Science Citation Index (SCI) y Social Science Citation Index (SSCI), no período de 1983-2002. Como resultado, concluiu que as técnicas bibliométricas são de grande utilidade para a descoberta de características da produção científica mexicana em Ciências Agrárias que de outra forma, não seria possível conhecer.

Lozano Díaz e Rodríguez Sánchez (2009) caracterizaram o comportamento da atividade científica das Ciências Agrárias cubanas durante o período de 2000-2008, mediante a construção e análise de indicadores bibliométricos e puderam determinar as regularidades no comportamento da produção científica por autores e instituições que pertenciam ao campo das Ciências Agrárias em Cuba, assim como, conhecer os índices de colaboração nacional, internacional e institucional, além das linhas de pesquisa mais trabalhadas pelo setor.

No contexto brasileiro, poucos são os pesquisadores e pesquisas que investigaram relações entre a C&T por meio da análise de artigos em Ciências Agrárias. As mais relevantes nesta temática foram publicadas por pesquisadores da Embrapa e por Lyra e Guimarães (2007).

Penteado Filho et al. (2002) estudaram a aplicação da bibliometria na construção de indicadores de produção científica da Embrapa, apurando três indicadores gerais: Produção Científica da Embrapa por Ano, Produção Científica da Embrapa por Pesquisador e Produção Científica da Embrapa por Centro de Pesquisa. Após o tratamento qualitativo da base de dados, utilizando os softwares Dataview e Matrisme⁹, foram levantados os indicadores de produtividade existentes e criada uma rede dinâmica de relacionamentos, permitindo a posterior descoberta de conhecimento para apoiar o processo de decisão e gestão Empresa.

Lyra e Guimarães (2007) comparam a produção científica brasileira em ciências agrárias com o desempenho mundial, no período de 1981-2006, utilizando as seguintes fontes de informação: base de dados sobre a pós-graduação brasileira da Capes, Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP) e Plataforma Lattes do

⁹ Softwares para tratamento bibliométrico e análise de redes, desenvolvido pelo CRRM - Centre des Recherches Retrospective de Marseille.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); World Development Indicators (WDI), National Science Indicators (NSI) e Web of Science (WoS), bem como artigos científicos sobre o tema.

Penteado Filho e Ávila (2009) avaliaram a participação dos centros de pesquisa da Embrapa nos periódicos indexados na base de dados Web of Science (WOS) de 1977 a 2006, utilizando a técnica de análise bibliométrica.

Nesse contexto, nota-se que a utilização de análises bibliométricas pode se configurar em uma metodologia importante para estudar determinadas áreas, como a nanotecnologia aplicada ao agronegócio, por descobrir padrões de pesquisa e identificação de tendências, sendo os indicadores bibliométricos uma ferramenta básica para a avaliação científica.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Todo trabalho científico deve estar fundamentado em métodos para que seus objetivos sejam alcançados e seus resultados sejam aceitos pela comunidade acadêmica. De acordo com Gil (2002, p. 42), a pesquisa científica tem por objetivo fundamental “descobrir respostas para problemas, mediante o emprego de procedimentos científicos.”

A pesquisa, objeto desta dissertação - pode ser classificada como uma pesquisa exploratória, pois tem o propósito de contribuir para o aprofundamento dos conhecimentos do pesquisador e auxiliar em pesquisas futuras.

Segundo Gil (2002), por meio do estudo exploratório tem-se uma maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Pode envolver “levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão” (BATISTELA; SCHUTEL, 2011, p. 44). Assume, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso.

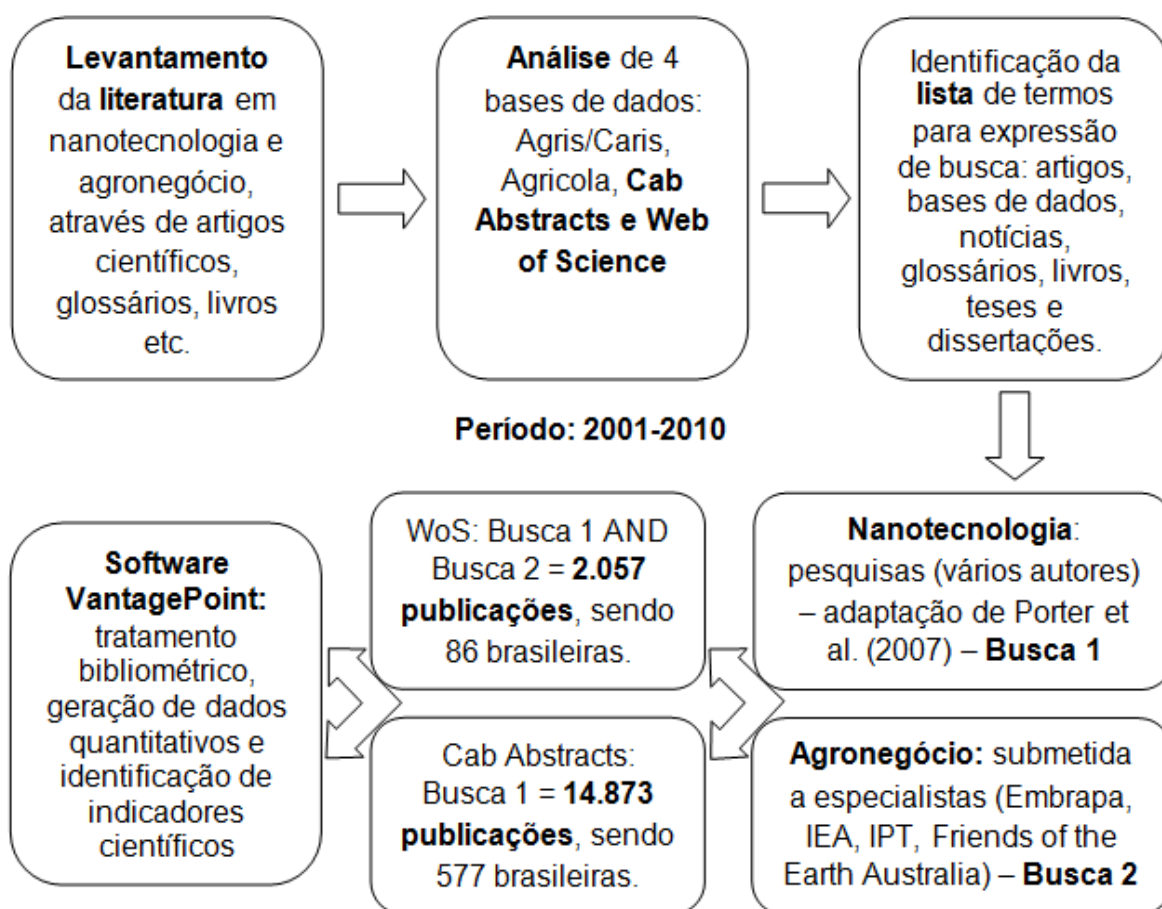
Pode também ser classificada como descritiva. Este tipo de pesquisa, para Gil (2002, p. 46), é aquele que “tem como objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno, bem como o estabelecimento de relação entre variáveis e fatos”. Já Andrade (1999, p. 98) aponta que, na pesquisa descritiva, “os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira neles.”

Nesta seção, apresentam-se os procedimentos metodológicos utilizados para a elaboração da pesquisa como classificação da pesquisa, fontes utilizadas, coleta de dados, expressão de busca, delimitação e estruturação dos dados, assim como a recuperação nas bases de dados de modo a constituir elementos para a compreensão do objeto em estudo e elaboração dos indicadores de produção científica, através de métodos e técnicas bibliométricas.

Numa primeira etapa, foi realizada a coleta de informações através de levantamento da literatura em nanotecnologia e agronegócio, através de consulta em livros, jornais, periódicos, boletins técnicos, trabalhos acadêmicos e sites na Internet, consolidando-se uma base conceitual para o início dos trabalhos. O objetivo desta etapa foi reunir bibliografia suficiente para uma definição clara e objetiva do ambiente de discussão da pesquisa.

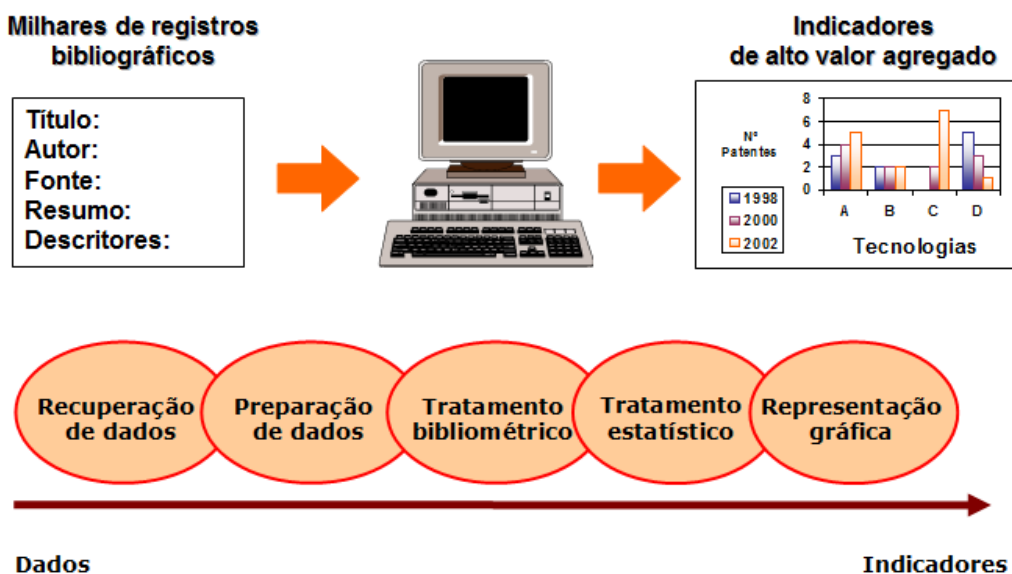
Após o levantamento bibliográfico, iniciou-se a elaboração dos indicadores bibliométricos, iniciando-se pela seleção das bases de dados mais adequadas e seguindo pela definição da expressão de busca, pela coleta dos dados e pelo tratamento bibliométrico e análise. A Figura 5 esquematiza os passos que derão sequência para a pesquisa, e a Figura 6 aponta o processo de tratamento automatizado da informação.

Figura 5 – Esquema de procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 6 – Processo de Tratamento Automatizado da Informação



Fonte: Faria (2001).

3.1 SELEÇÃO DE BASES DE DADOS E A RECUPERAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

Após a coleta de informações através de levantamento da literatura em nanotecnologia e agronegócio, o próximo passo da pesquisa foi verificar dentre algumas bases de dados, quais seriam melhor utilizadas para a recuperação das publicações científicas na área.

Para os registros bibliográficos da produção científica foram analisadas três bases de dados especializadas: Agrícola, Agris/Caris e Cab Abstracts, e a base de dados multidisciplinar Web of Science que compreende: Science Citation Index (SCI), Social Science Citation Index (SSCI), Art & Humanities Citation Index (A&HCI). Características dessas bases de dados são apresentadas no Quadro 3.

A análise das bases de dados foi composta pelo levantamento de informações sobre as bases de dados selecionadas, e pela realização de uma busca teste, usando a expressão nano*, para estimar a quantidade de publicações que seriam recuperadas dessas bases de dados, lembrando que para a análise do desenvolvimento científico o ideal é que seja utilizado o conjunto mais abrangente possível de publicações.

Quadro 3 - Descrição das bases de dados: Agrícola, Agris/Caris, Cab Abstracts, Web of Science quanto a conteúdo, produtor, cobertura e frequência de atualização

Base de Dados	Conteúdo	Produtor	Cobertura	Frequência de Atualização
AGRICOLA (AGRICultural OnLine Access)	Especializada (Agricultura e áreas correlatas)	U.S. National Agricultural Library (NAL) e U.S. Department of Agriculture (USDA)	Desde 1970 – Contém mais de 4,4 milhões de registros	Atualização diária
AGRIS/CARIS	Especializada (Agricultura e Tecnologia Agrícola)	Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)	Desde 1975 – Contém mais de 2,6 milhões de registros	Atualização mensal
Cab Abstracts	Especializada (Agricultura e Ciências da Vida)	CABI Publishing	Desde 1973 - Contém mais de 6,3 milhões de registros	Atualização mensal
ISI Web of Science	Multidisciplinar	Thomson Scientific - Institute for Scientific Information (ISI)	Desde 1900 - Contém mais de 36 milhões de registros	Atualização semanal

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.1 AGRICOLA (AGRICultural OnLine Access)

AGRICOLA¹⁰ é uma base de dados bibliográfica da literatura agrícola, criada e mantida pela National Agricultural Library (NAL) - Department of Agriculture dos Estados Unidos e em cooperação com outras instituições.

Contém referências bibliográficas completas da literatura mundial sobre agricultura (processos de engenharia, produção e economia) e áreas correlatas, incluindo ciência animal e vegetal, biotecnologia, doenças, solo, recursos hídricos, economia agrícola, engenharia agrícola, produtos agrícolas, práticas alternativas de exploração, energia, química (pesticidas e fertilizantes), sociologia rural, medicina veterinária, alimentação e nutrição (ESTADOS UNIDOS, 2011).

¹⁰ Disponível em: <<http://agricola.nal.usda.gov/>>.

É organizada em duas sub-bases: a NAL Online Public Access Catalog, que contém citações de livros, audiovisuais, periódicos e outras publicações disponíveis; e, a Article Citation Database que inclui citações e resumos de artigos, capítulos de livros, relatórios, reimpressões e outros materiais selecionados da NAL Catalog (CAPES, 2010).

A inclusão de registros na base de dados começou em 1970, mas os documentos datam do século 15 até a presente data. Contém mais de 4,4 milhões de registros e milhares deles com links para documentos de texto completo on-line. A atualização é diária.

O Quadro 4 representa o total de registros recuperados na base de dados Agrícola com a expressão de busca teste nano*.

Quadro 4 - Total de registros na AGRICOLA com a expressão de busca teste nano*.

Expressão de Busca	Nº. Registros	Observações
Nano*	444	Registros de 1970 a 2010. Data da busca: 26 de abril de 2011. Referencial com resumo. Não tem o texto completo, mas traz o link que redireciona para outro site com o arquivo completo em pdf. Salva a cada 100 registros, nos formatos: Full Record, Brief Record, Export Format (.txt), Latin 1 MARC, Raw MARC, UNICODE. Buscas por ISBN e Ano não funcionam nessa base.

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.2 AGRIS/CARIS (International Information System for the Agricultural Sciences and Technology)

AGRIS/CARIS¹¹ é uma base de dados bibliográfica com informações das áreas de agricultura e tecnologia agrícola. Criada em 1974, pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), com o objetivo de promover o intercâmbio de informações nos países em desenvolvimento.

Contém informações sobre agricultura e tecnologia a partir de um sistema internacional e cooperativo que reúne informações de mais de 240 centros de

¹¹ Disponível em: <<http://www.fao.org/agris/>>.

pesquisa especializados nacionais, internacionais e intergovernamentais. Provê acesso às bases de dados AGRIS, CARIS, FAO Online Catalogue e FAO Resource Finder (CAPES, 2010b).

Apresenta referências bibliográficas com resumo que lidam com vários aspectos da agricultura: produção vegetal e animal e proteção, processamento pós-colheita de produtos agrícolas primários, silvicultura, pesca, engenharia agrícola, recursos naturais e do ambiente em relação com a agricultura, alimentação e nutrição humana, economia agrícola, desenvolvimento rural e administração agrícola, legislação, informação, educação e extensão (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2011).

Contém mais de 2,6 milhões de registros que incluem documentos convencionais (artigos de revistas e livros) ou não convencionais, também chamados de "literatura cinzenta", como teses, relatórios, atas de conferências, etc. As referências contêm links para o texto integral da publicação ou informações complementares recuperadas a partir dos recursos relacionados com a Internet. A atualização é mensal.

O Quadro 5 representa o total de registros recuperados na base de dados Agris/Caris com a expressão de busca teste nano*.

Quadro 5 - Total de registros na AGRIS/CARIS com a expressão de busca teste nano*.

Expressão de Busca	Nº. Registros	Observação
Nano*	1201	Registros de 1975 a 2010. Data da busca: 26 de abril de 2011. Referencial com resumo. As referências contêm links para o texto integral da publicação ou informações complementares. Salva apenas os 50 primeiros registros. Para salvar todos os registros encontrados, é necessário salvar 1 por 1 . Formatos: AGRIS AP XML, txt, HTML, Vancouver Citation.

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.3 Cab Abstracts

A Cab (Commonwealth Agricultural Bureau) Abstracts¹² é a base de dados bibliográfica que representa a fonte mais abrangente de informações de pesquisa internacional nos campos de agricultura e ciências da vida, produzida pela CABI Publishing (THOMSON REUTERS, 2011).

Abrange informações extraídas de mais de 11.000 periódicos internacionais e monografias, incluindo publicações de 140 países em 50 idiomas. Apresenta resumos, muitos com texto completo, nas áreas de agricultura, agronomia, solos, pesticidas, horticultura, florestas, veterinária, fertilizantes, genética, meio ambiente, biologia e nutrição (CAPES, 2010c).

Contém mais de 6,3 milhões de registros datados a partir de 1973, com mais de 300.000 registros sendo acrescentados anualmente, e é atualizado mensalmente. Inclui documentos como periódicos, livros, conferências, resumos, teses publicadas, boletins, monografias e relatórios técnicos (CABI, 2011).

A base oferece aos usuários duas ferramentas de busca para recuperar as informações de pesquisa (THOMSON REUTERS, 2011):

- **Cab Thesaurus** (vocabulário controlado dos bancos de dados bibliográficos de CAB International e o banco de dados AGRICOLA da Biblioteca Agrícola Nacional dos Estados Unidos (EUA), com um total de 59.000 termos, sendo o maior tesouro que cobre agricultura e atividades pertinentes).
- **Cabicodes** (mais de 250 códigos que auxiliam os pesquisadores a localizar categorias de assuntos gerais que não são fáceis de recuperar usando apenas descritores. Poupa tempo e dinheiro ajudando os usuários a excluirmos informações irrelevantes de suas buscas). Os Cabicodes foram derivados a partir de classificações utilizadas nos bancos de dados da AGRICOLA e AGRIS, com alterações feitas para permitir as diferenças de assunto e ênfase.

¹² Disponível através do Portal de Periódicos CAPES em: <http://ovidsp.tx.ovid.com.ez87.periodicos.capes.gov.br/sp-3.4.0b/ovidweb.cgi?&S=JKJKFPCFJFDDHEOENCCLABIBLENIAA00&New+Database=Single|4>; ou, disponível através do Portal da Pesquisa, com acesso restrito necessitando de autenticação: <http://www.portaldapesquisa.com.br/databases/sites?&area=ALL&action=bases>.

Exemplos: AA000 Agricultura (Geral), EE110 Economia Agrícola, EE520 Indústria de Alimentos, NN400 Equipamentos Agrícolas e Florestais (Geral), NN461 Tecnologia de Embalagem de Alimentos e Equipamentos, WW900 Biosensores e Nanotecnologia Biológica, etc. (CABI, 2011b).

- **Cab Registry Numbers** (auxiliam nas buscas específicas e no envio e classificação de resultados).

O Quadro 6 representa o total de registros recuperados na base de dados Cab Abstracts com a expressão de busca teste nano*.

Quadro 6 - Total de registros na Cab Abstracts com a expressão de busca teste nano*.

Expressão de Busca	Nº. Registros	Observação
Nano*	10.332	Registros de 1990 a 2010. Data da busca: 26 de abril de 2011. Referencial com resumos, muitos com texto completo. Salva a cada 200 registros, com limite de 10.000 registros de acordo com a assinatura da Instituição. Formatos: Microsoft Word, Pdf, txt, Citavi, EndNote, ProCite, BRS/Tagged, RIS, XML, Reference Manager, RefWorks, Reprint/Medlars. Nomes de autor aparecem em diversos formatos. Necessário a busca pelo sobrenome para recuperar todas as variações. Estão acessíveis no Portal de Periódicos documentos publicados a partir de 1990.

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.4 Web of Science

A Web of Science (WoS)¹³, disponível através da plataforma ISI Web of Knowledge, é uma base de dados bibliográfica multidisciplinar, produzida pela

¹³ Disponível através do Portal de Periódicos CAPES, <http://apps.isiknowledge.com.ez87.periodicos.capes.gov.br/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&se_arch_mode=GeneralSearch&SID=2D3OJe@NG5edikopkKk&preferencesSaved=>> ou diretamente na página do ISI Web of Knowledge (<http://isiknowledge.com/>) e selecionando a aba Web of Science.

Thomson Scientific - Institute for Scientific Information (ISI), que indexa somente os periódicos mais citados em suas respectivas áreas, e está integrada à base ISI Proceedings. Oferece acesso a ferramentas como o EndNote Web¹⁴ e apresenta ferramentas de análise de citações em todas as áreas do conhecimento.

A WoS abrange informações nas áreas das ciências, ciências sociais, artes e humanidades. Através da base Century of Science (século da ciência), é possível acessar conteúdos científicos multidisciplinares datados de 1900 (THOMSON REUTERS, 2011b).

Ela consiste de três bases de dados que podem ser pesquisadas separadamente ou simultaneamente em mais de 9.200 periódicos distribuídos em mais de 45 idiomas diferentes:

- Science Citation Index Expanded (1900 – presente);
- Social Sciences Citation Index (1956 – presente);
- Arts & Humanities Citation Index (1975 – presente).

A WoS permite associar registros relevantes usando as referências citadas e explorar as conexões entre assuntos de artigos redigidos pelos pesquisadores e especialistas que trabalham na área relacionada à sua pesquisa.

Todas as referências citadas de cada artigo encontram-se indexadas e de fácil localização; permite visualizar todos os artigos que o citam em forma de uma nova pesquisa; relaciona artigos com similaridades de pesquisa e referências; visualiza a lista de referências do artigo consultado; produz um gráfico das citações relacionadas ao trabalho; proporciona informação estatística baseada nos resultados recuperados e informa o índice h (índice que utiliza por base o número de artigos publicados por um cientista e a frequência que estes artigos são citados por outros cientistas); apresenta gráficos ilustrando o número de publicações por ano e o número de citações recebidas por ano, dentre outras vantagens.

A WoS contém mais de 36 milhões de registros e oferece mais de 1,5 milhão de registros e mais de 23 milhões de referências citadas por ano, com atualização semanal (THOMSON REUTERS, 2011b).

¹⁴ Software on-line que permite o armazenamento e a organização de referências obtidas nas buscas em bases de dados. Disponível em: <<https://www.myendnoteweb.com/EndNoteWeb.html>>.

O Quadro 7 representa o total de registros recuperados na base de dados Web of Science com a expressão de busca teste nano*.

Quadro 7 - Total de registros na Web of Science com a expressão de busca teste nano*.

Expressão de Busca	N.º Registros	Observação
Nano*	>100.000	<p>Registros de 1900 a 2010. Data da busca: 26 de abril de 2011.</p> <p>Referencial com resumos, com links a milhares de revistas especializadas.</p> <p>O acesso ao texto integral depende do tipo de assinatura que a Instituição possui das revistas especializadas eletrônicas.</p> <p>Bases de dados: Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) e Social Sciences Citation Index (SSCI).</p> <p>Salva a cada 500 registros nos formatos: Reference Software, BibTex, HTML, PlainText (.txt), Tab limited (Win), Tab limited (Mac).</p> <p>Quando o número de registros recuperados é muito grande, pode ser feito o refinamento dos resultados, utilizando a caixa Refine Results.</p> <p>O recurso Analyse Results possibilita classificar um conjunto de resultados da pesquisa segundo categorias como autor, instituição, países/territórios, ano de publicação, título do periódico, tipo de documento, idioma e área temática.</p>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao combinar a Web of Science com uma base de dados especializada, é possível obter resultados relacionados com nanotecnologia e agronegócio mais abrangentes e efetivos.

A escolha da Web of Science deve-se ao fato de ser uma base de dados bibliográfica multidisciplinar, ser a mais abrangente em termos de áreas do conhecimento e número de periódicos, e de proporcionar ampla cobertura das pesquisas mais importantes e influentes realizadas em todo o mundo.

De acordo com os resultados obtidos nas três bases de dados especializadas, através da expressão de busca teste nano*, e dos recursos oferecidos por cada base e suas limitações, principalmente quanto à viabilidade de recuperação de grandes quantidades de dados bibliográficos para a análise bibliométrica, foi entendido como a mais adequada para o presente estudo, a Cab Abstracts.

A Cab Abstracts, além de ser considerada a “fonte mais abrangente de informações de pesquisa internacional nos campos de agricultura e ciências da vida” (CABI, 2011), foi a base de dados que retornou um maior número de registros bibliográficos, quando aplicada a expressão de busca teste, onde os registros estavam mais completos e em sua maioria, incluídos cabeçalhos de assunto, o que não acontecia nas outras bases de dados.

Um aspecto negativo da base de dados Cab Abstracts é a não divulgação nos registros bibliográficos das instituições de afiliação de todos os autores das publicações indexadas. Por exemplo, para um artigo escrito por 3 autores de 3 instituições diferentes, apenas a instituição do primeiro autor é identificada. Essa característica é bastante negativa para a análise bibliométrica, pois prejudica a categorização precisa das publicações por instituição e país. Um aspecto positivo importante é a qualidade dos Cabicodes, campo de classificação que ajuda na boa identificação dos assuntos ou áreas científicas abordadas nas publicações.

Após a verificação e definição de quais bases de dados seriam utilizadas, o próximo passo foi a elaboração das estratégias de busca para a recuperação das publicações científicas na área.

3.2 ESTRATÉGIAS DE BUSCA UTILIZADAS

A formulação de uma estratégia de busca para a recuperação de um conjunto significativo e coerente de publicações “deve ser realizada criteriosamente para não comprometer a análise da produção científica” (LIMA; VELHO; FARIA, 2007, p.157).

A expressão de busca deve proporcionar a recuperação da maior quantidade possível de publicações relevantes sobre o tema presente nas bases de dados utilizadas e, ao mesmo tempo, evitar a recuperação de publicações não-relevantes, para que com isso, resulte em um panorama fiel sobre o tema.

No caso da presente pesquisa, alcançar um nível elevado de confiabilidade no conjunto de dados recuperados é um desafio, pois a nanotecnologia para o

agronegócio, além de receber contribuições de diversas áreas do conhecimento, é um assunto relativamente novo, e que ainda é pouco estudado através de técnicas bibliométricas. Com isso, vale a pena destacar que os resultados relacionados com as expressões de busca da pesquisa, são uma amostragem e nem sempre demonstram de forma completa a realidade das publicações da área.

3.2.1 Expressão de busca e uso de ferramentas bibliométricas

Para a elaboração da expressão de busca e identificação da lista de termos, foi realizado um levantamento da literatura em nanotecnologia e agronegócio através de artigos científicos, bases de dados, notícias, glossários, livros, teses e dissertações. A partir da seleção dos termos, definiu-se a expressão de busca, composta por um grande conjunto de palavras-chave testadas e selecionadas. Como a pesquisa trata de dois assuntos, nanotecnologia e agronegócio, foi necessária a elaboração e adaptação de expressões de busca, separadamente, e quando necessário, a junção destas para a recuperação na base de dados Web of Science.

3.2.1.1 Expressão de busca para nanotecnologia

De acordo com Alencar, Porter e Antunes (2007), Hullmann e Meyer (2003), e Porter et al. (2007), a recuperação de informação em nanociência e nanotecnologia, por ser um campo interdisciplinar e emergente, representa um grande desafio, pois é necessária a escolha de termos ainda não completamente estabelecidos, sendo complexos para as delimitações necessárias nas buscas.

A escolha da expressão de busca, para delimitar os estudos na área de Nanotecnologia, foi discutida por Porter et al. (2007), que desenvolveram um refinamento de termos para estudos bibliométricos; Miyazaki e Islam (2007), que analisaram diversos termos derivados da nanociência e de publicações de institutos de tecnologia; Alencar (2008) e os autores Galembek e Rippel (2004), que desenvolveram termos a partir da consulta a pesquisadores e a bases de dados para estudar a prospecção tecnológica em nanotecnologia.

Alguns estudos foram realizados nos quais somente o prefixo “nano” foi utilizado como elemento de busca em bases de dados de artigos científicos e

patentes. Hullmann e Meyer (2003) consideraram essa opção como razoável, pois nem os especialistas da área conseguiam definir exatamente a nanotecnologia. Embora a utilização desse prefixo forneça tendências gerais do campo, de acordo com Chamas (2008), utilizar somente essa expressão de busca é um tanto limitada e não fornece um contexto correto da nanotecnologia representado nas bases de dados.

Na busca, optou-se por desconsiderar palavras que possuíam o prefixo “nano” e que não representavam estudos em nanotecnologia, como Nano² e Nano³ que representam o nitrato (NaNo³) e o nitrito de sódio (NaNo²); Nanoscope que representa um equipamento com lente; Nanosecond que é uma escala de medida de tempo, etc. (PORTER et al., 2007).

Além das palavras que contêm o prefixo “nano” que representam a nanotecnologia, existem outras palavras que não possuem o prefixo “nano” e se relacionam com o campo da nanotecnologia, devendo ser incorporadas para melhorar a qualidade da busca, como pontos ou fios quânticos (“quantum dot” ou “quantum wire”), fulerenos (fullerene), etc. (PORTER et al., 2007).

Porter et. al. (2007) realizaram uma pesquisa para refinar termos de busca relacionados à nanotecnologia. Os autores elaboraram uma expressão de busca inicial considerando diversos termos (palavras-chave) utilizados em vários trabalhos da literatura. Em seguida, consultaram especialistas da área a fim de receber recomendações para adição, subtração ou adaptação das palavras.

A Tabela 1 demonstra as etapas e termos de busca para recuperação de informação em bases de dados para nanotecnologia, de acordo com Porter et al. (2007) e que foi adaptada para a recuperação de busca para o presente estudo, sendo a expressão de busca final a etapa #14.

Tabela 1 - Etapas e termos de busca a serem utilizados para recuperação de informação em bases de dados para nanotecnologia

Etapas	Termos de expressão de busca
#1	TS=(nano*)
#2	TS=((("quantum dot*" OR "quantum well*" OR "quantum wire*") NOT (nano*)))
#3	TS=(((("self assembl*" OR ("self organiz*" OR ("directed assembl*")) AND ((monolayer* OR ("mono-layer*") OR film* OR quantum* OR multilayer OR ("mult-layer*") OR array* OR molecu* OR polymer* OR ("co-polymer*") OR copolymer* OR mater* OR biolog* OR supramolecul*)) NOT (nano*)))
#4	TS=(((("molecu* motor*" OR ("molecu* ruler") OR ("molecu* wir*") OR ("molecu* devic*") OR ("molecular engineering") OR ("molecular electronic*") OR ("single molecu*") OR (fullerene*) OR ("coulomb blockad*") OR (bionano*) OR ("langmuir-blodgett") OR ("coulomb-staircase*") OR ("PDMS stramp*")) NOT (nano*)))
#5	TS=(((TEM OR STM OR EDX OR AFM OR HRTEM OR SEM OR EELS) OR ("atom* force microscop*") OR ("tunnel* microscop*") OR ("scanning probe microscop*") OR ("transmission electron microscop*") OR ("scanning electron microscop*") OR ("energy dispersive X-ray") OR ("X-ray photonelectron*") OR ("electron energy loss spectroscop*")) AND ((monolayer* OR ("mono-layer*") OR film* OR quantum* OR multilayer OR ("mult-layer*") OR array* OR molecu* OR polymer* OR ("co-polymer*") OR copolymer* OR mater* OR biolog* OR supramolecul*)) NOT (nano*)))
#6	TS=((biosensor* OR ((("sol gel*" OR solgel*) OR dendrimer* OR ("soft lothograph*") OR ("molecular simul*") OR ("quantum effect*") OR ("molecular sieve*") OR ("mesoporous material*")) AND ((monolayer* OR ("mono-layer*") OR film* OR quantum* OR multilayer OR ("mult-layer*") OR array* OR molecu* OR polymer* OR ("co-polymer*") OR copolymer* OR mater* OR biolog* OR supramolecul*)) NOT (nano*)))
#7	TS=(nanometer* OR nanosecond* OR nanomolar* OR nanogram* OR nanoliter* OR "nano-second" OR "nano-meter" OR "nano-molar" OR "nano-gram" OR "nano-liter")
#8	TS=((spintronic*) OR ("molecu* beam* epitax*") OR ("extreme ultraviolet lithograph*") OR ("molecu* beacon") OR ("molecu* sensor*") OR ("molecu* model*") OR ("quantum comput*") OR ("quantum model*") OR (biochip*))
#9	TS=(Plankton* OR n*Plankton OR m*Plankton OR b*Plankton OR p*Plankton OR z*Plankton OR Nanoflagel* OR Nanoalga* OR Nanoprotist* OR Nanofauna* OR Nano*aryote* OR Nanoheterotroph* OR Nanophthalm* OR Nanomeli* OR Nanophyto* OR Nanobacteri* OR (nano2* OR nano3* OR nanos_ OR nanog_ OR nanor_ OR nanao_ OR nanos- OR nanog- OR nanao- OR nanor-))
#10	TS=((pebbles OR NEMS OR quasicrystal* OR ("quasi-crystal*")) AND ((monolayer* OR ("mono-layer*") OR film* OR quantum* OR multilayer OR ("mult-layer*") OR array* OR molecu* OR polymer* OR ("co-polymer*") OR copolymer* OR mater* OR biolog* OR supramolecul*)) NOT (nano*)))
#11	#7 AND (#6 OR #10 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2)
#12	#8 AND (#6 OR #10 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2)
#13	#11 OR #12 OR #6 OR #10 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2 OR #1
#14	#13 NOT #9

Fonte: Adaptação de Porter et al. (2007).

3.2.1.2 Expressão de busca para agronegócio

Na escolha da expressão de busca para delimitar os estudos na área de agronegócio foram utilizados além de artigos científicos, livros e pesquisa de termos em bases de dados específicas, glossários de termos usados na agricultura, desenvolvidos pelos pesquisadores Dulley e Souza (2011), do Instituto de Economia Agrícola (IEA) e do Centro Schutz & Kanomata (2010), que organizaram um vocabulário português-inglês e inglês-português.

A elaboração dessa expressão de busca foi um grande desafio devido à amplitude de setores, produtos, tecnologias e assuntos ligados ao agronegócio. A expressão de busca foi elaborada buscando um compromisso entre duas condições ideais, mas conflitantes: recuperação do maior número possível de publicações relevantes e o menor número de publicações não relevantes

A expressão de busca foi submetida a especialistas da área de nanotecnologia e agronegócio, escolhidos através de alguns artigos mais citados, recomendações e indicações. Especialistas e pesquisadores da Embrapa Instrumentação Agropecuária e integrantes da Rede de Nanotecnologia aplicada ao Agronegócio (Rede AgroNano¹⁵), (Edilson Pepino Fragalle, Luiz Henrique C. Mattoso, Sandra Protter Gouvêa, Wilson Tadeu Lopes da Silva, Roberto de Camargo Penteado Filho, João de Mendonça Naime e José Manuel Marconcini); do Instituto de Economia Agrícola (Paulo Roberto Martins), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (Sebastião Nogueira Júnior e Richard Domingues Dulley), e do Friends of the Earth Australia (FoEA) - Nanotechnology Project (Geórgia Miller). O contato foi feito através de e-mail e por reuniões técnicas presenciais.

A partir das percepções e recomendações dos especialistas, foi elaborada uma nova expressão de busca para aplicar na base de dados Web of Science, não sendo necessária a aplicação desta expressão na base de dados Cab Abstracts, por se tratar de uma base especializada em Ciências Agrárias. A expressão visou recuperar artigos que continham o conteúdo da expressão buscada, nos campos título, resumo e palavras-chave.

A Tabela 2 apresenta os termos de busca sobre Agronegócio, para recuperação de informação na base de dados Web of Science.

¹⁵ Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio (Agronano). Disponível em: <<http://www.redeagronano.cnptia.embrapa.br/>>.

Tabela 2 - Expressão de busca para agronegócio para aplicação na base de dados WoS

Termos de expressão de busca
TS=(agricult* OR agribusiness OR agrobusiness OR agroindustr* OR farming OR "crop production" OR tillage OR "animal husbandry" OR livestock OR agrochemic* OR pesticide* OR fertilizer* OR agri-food* OR agrifood* OR herbicide*)
Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a definição das expressões de busca que foram utilizadas no presente estudo, o próximo passo foi a coleta dos dados bibliográficos das publicações nas bases de dados Web of Science e Cab Abstracts.

3.2.2 Aplicação das expressões de busca às bases de dados Web of Science e Cab Abstracts

3.2.2.1 Web of Science: uso das expressões de busca

Para analisar a produção científica sobre nanotecnologia e agronegócio, foram coletados dados bibliográficos de publicações científicas das áreas de nanotecnologia e agronegócio ocorridas no período de 2001 a 2010 (período atual e abrangente), e indexadas na Web of Science. Das bases de dados que compõem a WoS, foram utilizadas: Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED), Social Science Citation Index (SSCI) e Arts & Humanities Citation Index (A&HCI) para ampliar o universo de recuperação dos dados.

Foram utilizados o operador de truncamento (*), que permite recuperar variações dos termos pesquisados, e os operadores booleanos “AND”, “OR” e “NOT”, para refinamento dos resultados, visando recuperar artigos que continham o conteúdo da expressão buscada, nos campos título, resumo e palavras-chave.

Com a expressão de busca sobre nanotecnologia foram recuperadas 644.589 publicações (Tabela 3), onde PY significa o ano de publicação. A busca foi realizada no dia 16 de junho de 2011.

Tabela 3 - Total de registros recuperados com os termos de expressão de busca em nanotecnologia, na WoS, no período de 2001-2010

Etapas	Resultado	Termos de expressão de busca
#15	644.589	PY=(2001-2010) AND (#13 NOT #9)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Web of Science (2011).

Com a expressão de busca sobre agronegócio pode-se recuperar um total de 172.680 publicações (Tabela 4), tendo sido realizada em 16 de junho de 2011.

Tabela 4 - Total de registros recuperados com os termos de expressão de busca em agronegócio, na WoS, no período de 2001-2010

Etapas	Resultado	Termos de expressão de busca
#16	356.195	TS=(agricult* OR agribusiness OR agrobusiness OR agroindustr* OR farming OR "crop production" OR tillage OR "animal husbandry" OR livestock OR agrochemic* OR pesticide* OR fertilizer* OR agri-food* OR agrifood* OR herbicide*)
#17	172.680	PY=(2001-2010) AND (#16)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Web of Science (2011).

As duas expressões de busca foram combinadas entre si, através do operador booleano "AND", com o intuito de unir os resultados (Tabela 5).

Tabela 5 - Total de registros recuperados com os termos de expressão de busca em nanotecnologia e agronegócio, na WoS, no período de 2001-2010

Etapas	Resultado	Termos de expressão de busca
#18	2.057	#16 AND #15

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Web of Science (2011).

Com isso, foi possível recuperar um total de **2.057 publicações**. Desse total, 86 das publicações são brasileiras.

3.2.2.2 Cab Abstracts: uso das expressões de busca

Para analisar a produção científica sobre nanotecnologia e agronegócio na base de dados Cab Abstracts, foi utilizada apenas a expressão de busca desenvolvida para nanotecnologia, não sendo necessária a utilização da expressão sobre agronegócio, pois a base de dados é especializada na área de agricultura e ciências da vida.

O período estabelecido para a recuperação dos dados foi de 2001 a 2010. Foi utilizado o operador de truncamento (\$) que permite recuperar variações dos termos pesquisados, e os operadores booleanos “AND”, “OR” e “NOT” para refinamento dos resultados, visando recuperar artigos que continham o conteúdo da expressão buscada, nos campos título, resumo e palavras-chave.

A Tabela 6 apresenta as etapas e os termos de busca para recuperação de informação na Cab Abstracts para nanotecnologia, de acordo com Porter et al. (2007) e que foi adaptada para a recuperação de busca do presente estudo.

Tabela 6 - Etapas e termos de busca para recuperação de informação em nanotecnologia e agronegócio, na Cab Abstracts

#	Total	Termos de expressão de busca
#1	11717	nano\$
#2	25	((("quantum dot" or "quantum well" or "quantum wire") not (nano\$)))
#3	566	((("self assembl\$" OR ("self organiz\$" OR ("directed assembl\$"))) AND ((monolayer\$ OR ("mono-layer\$") OR film\$ OR quantum\$ OR multilayer OR ("mult-layer\$") OR array\$ OR molecul\$ OR polymer\$ OR ("co-polymer\$") OR copolymer\$ OR mater\$ OR biolog\$ OR supramolecul\$)) NOT (nano\$)))
#4	306	((("molecul\$ motor\$" OR ("molecul\$ ruler" OR ("molecul\$ wir\$" OR ("molecul\$ devic\$" OR ("molecular engineering" OR ("molecular electronic\$" OR ("single molecul\$" OR (fullerene\$) OR ("coulomb blockad\$" OR (bionano\$) OR ("langmuir-blodgett" OR ("coulomb-staircase\$" OR ("PDMS stramp\$")) NOT (nano\$)))
#5	8042	((((TEM OR STM OR EDX OR AFM OR HRTEM OR SEM OR EELS) OR ("atom\$ force microscop\$" OR ("tunnel\$ microscop\$" OR ("scanning probe microscop\$" OR ("transmission electron microscop\$" OR ("scanning electron microscop\$" OR ("energy dispersive X-ray" OR ("X-ray photonelectron\$" OR ("electron energy loss spectroscop\$)) AND ((monolayer\$ OR ("mono-layer\$") OR film\$ OR quantum\$ OR multilayer OR ("mult-layer\$") OR array\$ OR molecul\$ OR polymer\$ OR ("co-polymer\$") OR copolymer\$ OR mater\$ OR biolog\$ OR supramolecul\$)) NOT (nano\$)))
#6	80	((pebbles OR NEMS OR quasicrystal\$ OR ("quasi-crystal\$")) AND ((monolayer\$ OR ("mono-layer\$") OR film\$ OR quantum\$ OR multilayer OR ("mult-layer\$") OR array\$ OR molecul\$ OR polymer\$ OR ("co-polymer\$") OR copolymer\$ OR mater\$ OR biolog\$ OR supramolecul\$)) NOT (nano\$)))
#7	1855	((biosensor\$ OR ("sol gel\$" OR solgel\$) OR dendrimer\$ OR ("soft lothograph\$" OR ("molecular simul\$" OR ("quantum effect\$" OR ("molecular sieve\$" OR ("mesoporous material\$")) AND ((monolayer\$ OR ("mono-layer\$") OR film\$ OR quantum\$ OR multilayer OR ("mult-layer\$") OR array\$ OR molecul\$ OR polymer\$ OR ("co-polymer\$") OR copolymer\$ OR mater\$ OR biolog\$ OR supramolecul\$)) NOT (nano\$)))
#8	1780	(nanometer\$ OR nanosecond\$ OR nanomolar\$ OR nanogram\$ OR nanoliter\$ OR "nano-second" OR "nano-meter" OR "nano-molar" OR "nanogram" OR "nano-liter")
#9	1570	((spintronic\$) OR ("molecul\$ beam\$ epitax\$") OR ("extreme ultraviolet lithograph\$") OR ("molecul\$ beacon") OR ("molecul\$ sensor\$") OR ("molecul\$ model\$") OR ("quantum comput\$") OR ("quantum model\$") OR (biochip\$))
#10	5669	(Plankton\$ OR n\$Plankton OR m\$Plankton OR b\$Plankton OR p\$Plankton OR z\$Plankton OR Nanoflagel\$ OR Nanoalga\$ OR Nanoprotist\$ OR Nanofauna\$ OR Nano\$aryote\$ OR Nanoheterotroph\$ OR Nanophtalm\$ OR Nanomeli\$ OR Nanophyto\$ OR Nanobacteri\$ OR (nano2\$ OR nano3\$ OR nanos_ OR nanog_ OR nanor_ OR nanoa_ OR nanos- OR nanog- OR nanoa- OR nanor-))
#11	0	#8 AND (#7 OR #6 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2)
#12	44	#9 AND (#7 OR #6 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2)
#13	22393	#12 OR #11 OR #7 OR #6 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2 OR #1
#14	20859	#13 NOT #10
#15	14873	2001-2010

Fonte: Cab Abstracts (2011).

Com a expressão de busca sobre nanotecnologia foram recuperados **14.873 registros**, no período de 2001 a 2010. A busca foi realizada no dia 03 de agosto de 2011.

Uma vez definidas as estratégias de busca, foi possível realizar a coleta de dados e o tratamento bibliométrico para a construção dos indicadores.

3.2.3 Uso da ferramenta bibliométrica VantagePoint

No tratamento bibliométrico foi utilizado o software VantagePoint, que possibilitou trabalhar automaticamente com cada um dos campos das bases, listando e agrupando as informações contidas nos registros, além da geração de dados quantitativos e identificação de indicadores científicos.

Para dar início ao tratamento bibliométrico, foi necessária a importação dos dados recuperados nas bases, sendo que uma das dificuldades para a importação dos dados bibliográficos foi a elaboração do filtro de importação para a Cab Abstracts, que foi possível com o apoio de especialistas do Search Technology Inc. (Alan Porter, Dave Schoeneck e Webb Myers) e da Embrapa (Roberto de Camargo Penteado Filho).

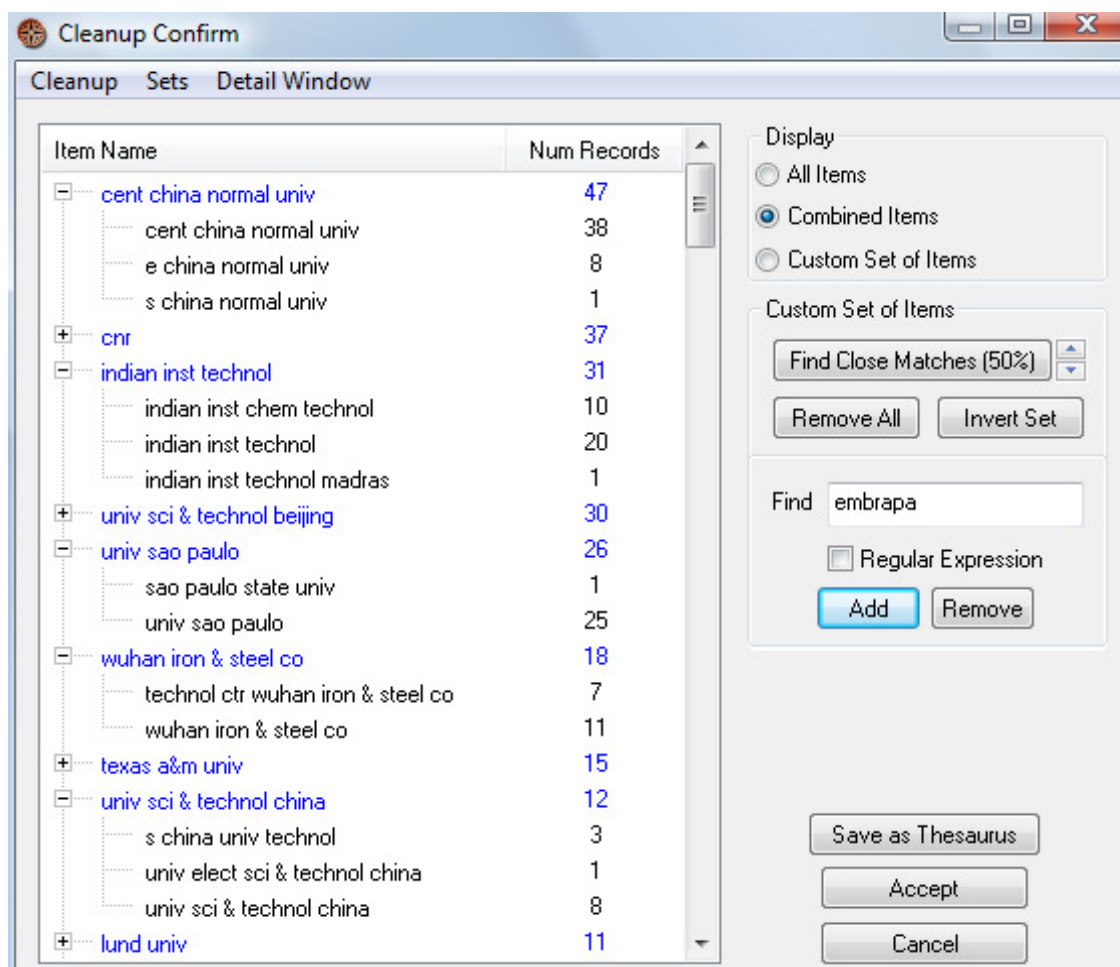
Foram elaborados indicadores bibliométricos em nanotecnologia para o agronegócio, relacionados a evolução das publicações por ano; autores e instituições que tiveram o maior número de publicações; áreas do conhecimento em que os artigos foram classificados; periódicos mais utilizados e os assuntos mais pesquisados. E também, elaborados indicadores bibliométricos focados na área de Sensores, que foi um dos assuntos apresentados por especialistas da Embrapa, como assunto importante para aprofundamento das análises.

A análise dos registros considerou a instituição em que os autores estivessem afiliados no momento da publicação do trabalho, ou seja, o país de sua vinculação e não sua nacionalidade. Nos casos em que uma publicação possuía autores ou instituições diferentes, foi contabilizado um artigo para cada país e instituição.

Durante o processo de análise das Instituições, houve algumas dificuldades, pois as bases de dados não são padronizadas para bibliometria. O maior problema foi com o nome das instituições que não eram padronizadas, sendo necessário padronizar manualmente os institutos para unir o total de publicações.

A Figura 7 mostra uma tela do software VantagePoint com um exemplo típico de falta de padronização nos nomes de instituições. Notam-se como exemplos, o Centre China Normal University com pelo menos 3 variações de nomes: Cent China Normal Univ.; E China Normal Univ.; S China Normal Univ.; e a Universidade de São Paulo (USP), com 2 variações: Univ. São Paulo e São Paulo State Univ.

Figura 7 - Padronização nos nomes das Instituições



Fonte: Search Technology (2006).

O mesmo problema de falta de padronização foi constatado com Autores e Países. Em relação aos países, também foi constatado que havia algumas variações nos nomes, principalmente dos Estados Unidos, onde muitas vezes foi indexado apenas o código postal dos estados americanos, o que foi identificado e padronizado. Optou-se por utilizar os nomes dos países em português.

Em relação aos assuntos, como não existe uma classificação prévia das publicações em grupos de assuntos, optou-se por realizar um agrupamento das

publicações por afinidade temática, criando-se grupos contendo a descrição de assuntos, conforme demonstrado na Figura 8.

Figura 8 – Exemplo de grupos de assuntos por afinidade temática

ÁGUA	PESTICIDAS	ALIMENTOS	SOLO
waste water	fungicides	food contamination	soil types
waste water treatment	insect pests	food safety	polluted soils
water quality	pesticides	food processing	soil pollution
polluted water	herbicide resistance	food technology	soil formation
water pollution	pesticide residues	foods	soil
water treatment	herbicides	food packaging	soil organic matter
drinking water	carbamate pesticides	food additives	soil bacteria
water	insecticides	food quality	soil pH

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após as análises dos dados no VantagePoint, foi necessária a seleção do conjunto de dados para exportação no software Microsoft Excel para a elaboração dos gráficos e tabelas que permitem melhor visualização dos resultados.

O tratamento estatístico encerra o tratamento automatizado da informação baseado na bibliometria. A sequência completa do tratamento automatizado da informação (Figura 4) inclui a preparação dos dados, o armazenamento e integração através da criação de base de dados operacional, o tratamento bibliométrico e o tratamento estatístico (FARIA, 2001).

Ao fim do tratamento automatizado, foi possível obter uma série de indicadores e informação sintética de alto valor agregado que pode ser mais facilmente analisada para a tomada de decisão. “A importância e valor dos indicadores se pautam na possibilidade de quantificar “coisas” intangíveis como a geração de conhecimentos” (PENTEADO FILHO; AVILA, 2009, p. 16).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta a análise dos registros bibliográficos das publicações científicas com a finalidade de contextualizar as informações a partir dos resultados apontados pelos procedimentos metodológicos.

4.1 INDICADORES DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM NANOTECNOLOGIA PARA O AGRONEGÓCIO

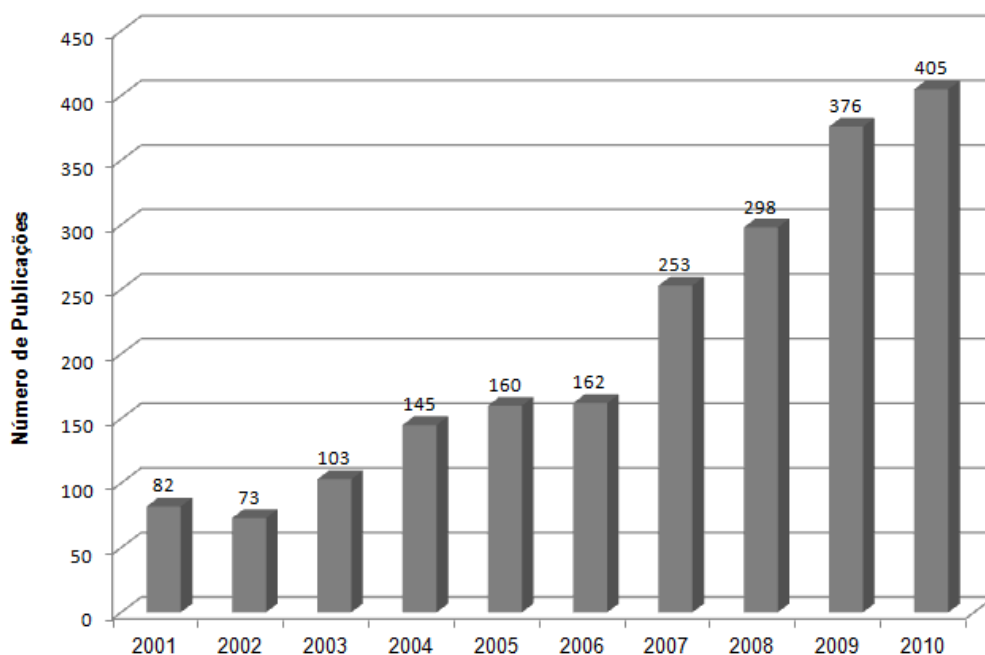
Na descrição e análise dos dados coletados das bases de dados Web of Science e Cab Abstracts, evidencia-se a produção mundial e brasileira de publicações científicas; a evolução das publicações por ano; tipos de instituições; áreas do conhecimento em que as publicações foram classificadas; identifica os periódicos mais utilizados; os assuntos mais pesquisados; e a produção dos autores que mais publicaram durante o período do estudo, através de indicadores bibliométricos que ajudam a compreender a atividade científica na área de nanotecnologia para o agronegócio.

4.1.1 Evolução anual da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio

Serão apresentados neste item, os resultados da análise das bases de dados Web of Science e Cab Abstracts para a evolução anual do número de publicações indexadas. A produção científica identificada em nanotecnologia para o agronegócio, no período de 2001 a 2010 na base de dados Web of Science foi de **2.057** publicações. Já na base de dados Cab Abstracts, a produção científica durante o período de estudo foi de **14.873** publicações.

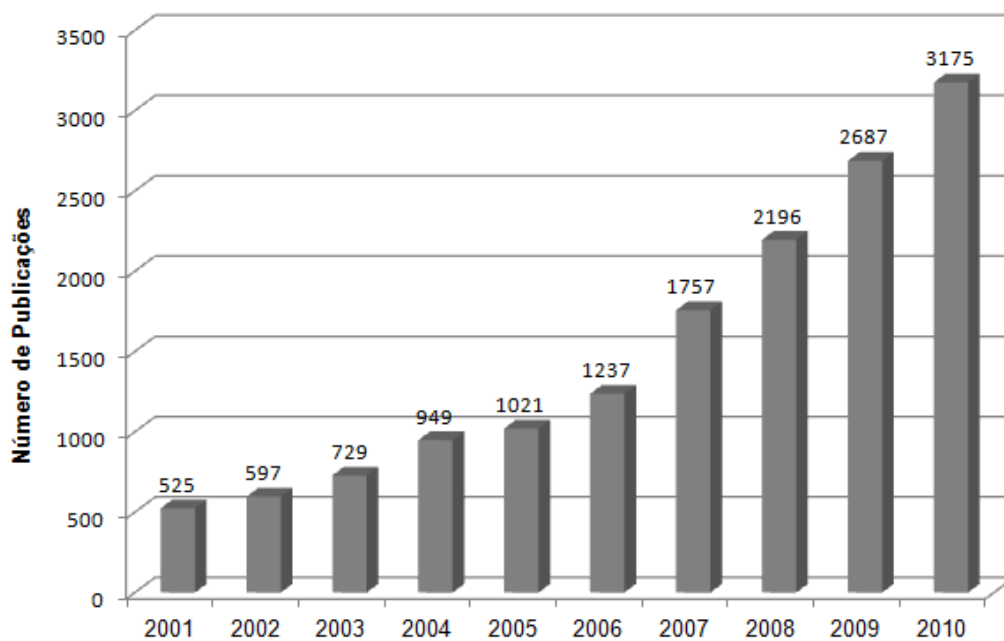
Com a finalidade de identificar o número de registros indexados por cada ano em cada base de dados, foram elaborados os Gráficos 1, 2, 3 e 4, para melhor visualização desses registros distribuídos ao longo dos 10 anos de produção científica. O número médio anual de artigos publicados no período (2001-2010) foi de aproximadamente 206 na Web of Science e de aproximadamente 1.487 na Cab Abstracts.

Gráfico 1 - Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, 2001-2010



Fonte: Web of Science (2011).

Gráfico 2 - Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010



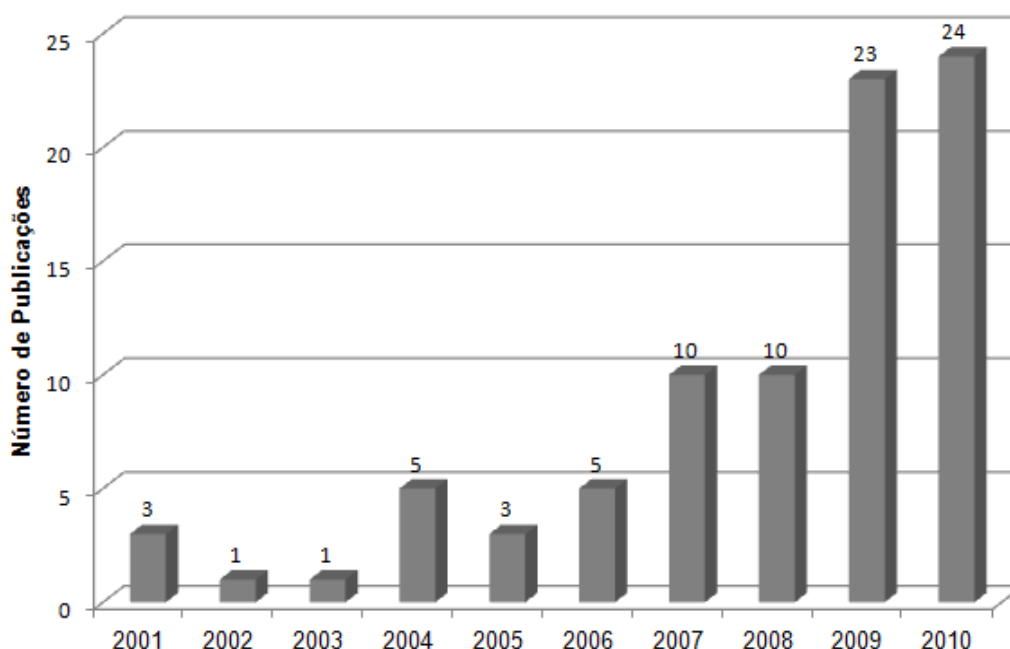
Fonte: Cab Abstracts (2011).

Os Gráficos 1 e 2 mostram que, o crescimento anual vem se mantendo, embora existindo alguns anos que apresentaram um discreto aumento na produção científica. Apesar do comportamento relativamente estável entre os anos de 2001, 2002 e 2003, houve um aumento expressivo da produção de artigos entre os anos de 2007 a 2010.

Com algumas variações, tem havido um crescimento consistente do número de publicações na área de nanotecnologia para o agronegócio desde o ano de 2001, em ambas as bases de dados. Esse fato indica que a área está se fortalecendo e aumentando sua atuação em pesquisa científica e que uma das causas prováveis desse crescimento parece ser o papel de destaque que as atividades em nanotecnologia para o agronegócio vêm ganhando em escala global nos últimos anos.

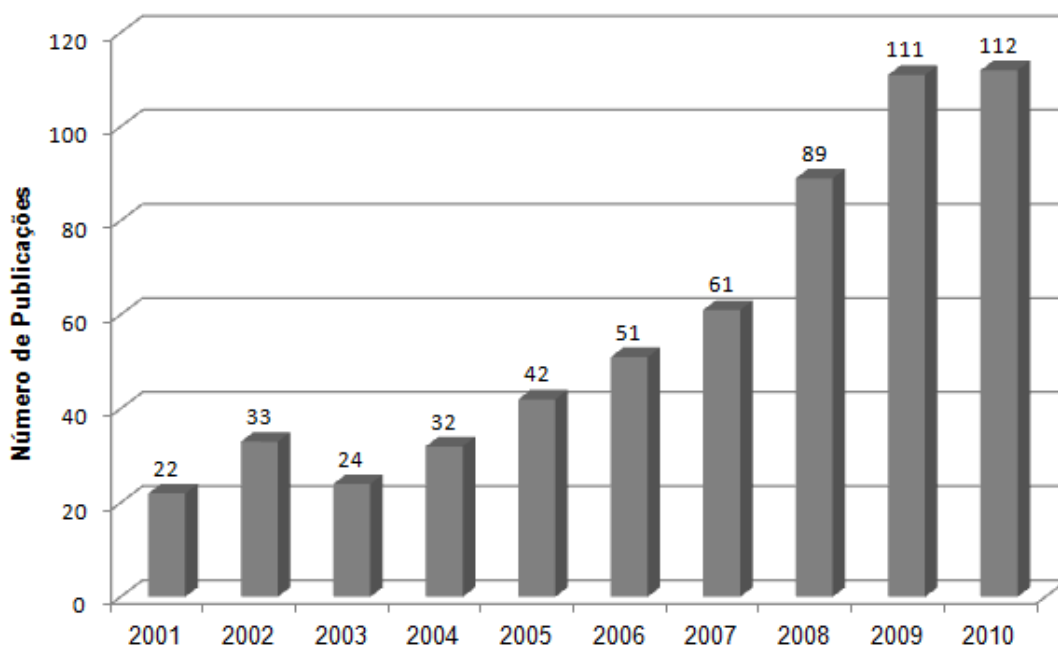
Os Gráficos 3 e 4 mostram o crescimento anual de publicações brasileiras ao longo do período estudado, da produção científica na área.

Gráfico 3 - Número de publicações brasileiras sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, 2001-2010



Fonte: Web of Science (2011).

Gráfico 4 - Número de publicações brasileiras sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

Constata-se que na base de dados Web of Science o crescimento da produção científica brasileira tem ocorrido, embora com bastante oscilação no crescimento de um ano para o outro, tendo um aumento expressivo principalmente nos anos de 2009 e 2010, conforme apresentado no Gráfico 3. Já na base de dados Cab Abstracts a produção tem sido cada vez maior, com tendência consistente de aumento no período estudado, conforme Gráfico 4. Essa diferença de resultados se deve às características de cada base.

O crescimento da produção científica deve-se ao fato dos recentes avanços científicos que vêm ocorrendo no agronegócio com a aplicação da nanotecnologia, onde alguns itens estudados e pesquisados têm potencial de “gerar produtos e processos de melhor qualidade, com resultados positivos para o meio ambiente, maior produtividade e redução de custos, diminuição dos desperdícios e inclusão social” (RETI, 2007).

Percebe-se que estudar a evolução das pesquisas ao longo do tempo é um fator importante, pois, conforme explica Saes (2000), esses estudos demonstram o fortalecimento e também o aumento do interesse em um determinado campo do conhecimento pela comunidade acadêmica.

Cabe destacar que o Brasil contribui em cerca de 4% das publicações (4,1% segundo a WoS, com 86 publicações de 2057; e 3,9% segundo a Cab Abstracts, com 577 publicações de 14.873). Essa contribuição está acima da média brasileira para todas as áreas do conhecimento que gira em torno de 2% das publicações (FARIA et al., 2011) indicando ser essa uma área de competência do país.

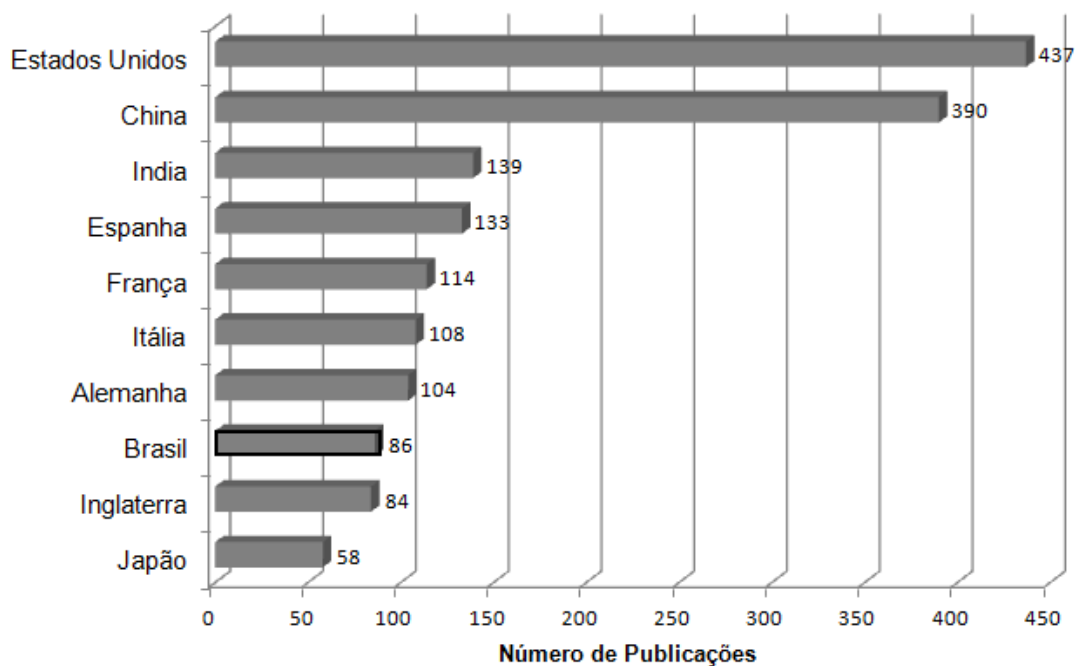
4.1.2 Países e a produção científica em nanotecnologia para o agronegócio

Neste item é apresentada a distribuição da produção científica por países ao longo do período (2001-2010), das bases de dados Web of Science e Cab Abstracts para as publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio.

A análise da quantidade de países é considerada útil para compreender o engajamento dos países no desenvolvimento científico e o respectivo interesse na área de nanotecnologia para o agronegócio. O número de países produtores de publicações relacionadas à temática identificados na base de dados Web of Science, no período de 2001 a 2010, foi de 83. Já na Cab Abstracts, o número de países, para o mesmo período, foi de 115. Esses números mostram que a nanotecnologia para o agronegócio é um tema de interesse abrangente.

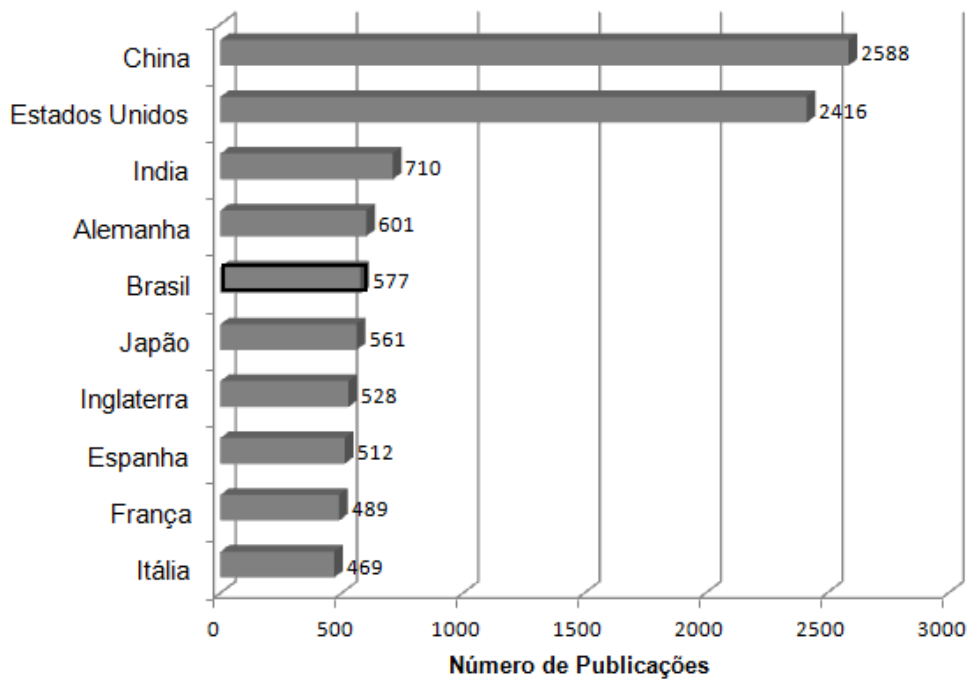
Os Gráficos 5 e 6 apresentam a produção científica em nanotecnologia para o agronegócio dos principais países, no período de 2001 a 2010.

Gráfico 5 - Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, por países selecionados, 2001-2010



Fonte: Web of Science (2011).

Gráfico 6 - Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por países selecionados, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

A contagem de publicações por países, para fins de elaboração do ranking de publicações, é realizada a partir da soma de cada publicação que o país teve participação (individualmente ou em colaboração). Em relação à Web of Science, nos casos de publicações em que houve coocorrência de mais de um país por publicação, foi contabilizado uma publicação para cada um dos países em questão. Já na Cab Abstracts há uma grande limitação em relação à indexação dos países no total de publicações: a base recupera somente o país de filiação do primeiro autor da publicação. Com isso, a produção científica de um país pode não ser exata.

Os dados do número de publicações dos países apresentados e o ranking apresentado nos Gráficos 5 e 6, podem ser úteis para a área de nanotecnologia para o agronegócio.

Os Estados Unidos e a China estão em um nível acima dos demais países em número de publicações.

De acordo com os dados da Web of Science, os Estados Unidos é o líder em produção científica no campo de nanotecnologia para o agronegócio, com cerca de 21% das publicações nesse tema desde 2001, demonstrando também um alto grau de especialização e de impacto científico mundial de suas publicações. Na Cab Abstracts, o país ocupa a 2ª posição no ranking, com cerca de 16% do total de publicações.

Os EUA, de acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) são os “maiores investidores neste campo e vem mobilizando recursos para a criação de diversas agências federais destinadas à pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia” (BRASIL, 2008, p. 48).

A nanotecnologia para os Estados Unidos, por exemplo, tem o potencial de monitorar e proteger cuidadosamente a oferta de alimentos, sendo importante ressaltar que a produção de alimentos saudáveis e aumento da disponibilidade e acessibilidade de alimentos para a população mundial torna-se um crescente desafio nas próximas décadas (HOSSEINI; DEHYOURI; MIRDAMADI, 2010).

De acordo com os dados da Cab Abstracts, a China é o líder em produção científica no campo de nanotecnologia para o agronegócio, com cerca de 17% das publicações nesse tema desde 2001. Na Web of Science, o país ocupa a 2ª posição no ranking, com cerca de 16% do total de publicações, uma diferença pouco significativa em relação a quantidade total de publicações de ambos os países.

Os dados de publicação dos últimos 3 anos mostram que a China tem crescimento do número de publicações muito superior aos Estados Unidos, indicando que em breve poderá estar à frente dos EUA também segundo os dados da Web of Science.

O relatório "*Knowledge, Networks and Nations: Global scientific collaboration in the 21st century*", produzido pela Royal Society, a academia de ciências do Reino Unido, analisa a publicação de trabalhos científicos por país no período de 1996 e 2008. O documento indica que o Brasil e outros países emergentes, liderados pela China, estão despontando como grandes potências na área de produção de estudos científicos, capazes de rivalizar com países que têm tradição nessa área, como os Estados Unidos, nações da Europa Ocidental e o Japão (THE ROYAL SOCIETY, 2011).

O desempenho da China é particularmente significativo. A China está alcançando a maioria das nações desenvolvidas em termos de pesquisa e desenvolvimento, de cientistas ativos na área, de publicações e de patentes. "Com potencial agrícola insuficiente para sustentar o crescimento, o país precisa de volumes incalculáveis de alimentos, e isso explica em boa parte o desempenho do agronegócio e o avanço nas pesquisas" (FRANCO, 2004).

Segundo a ABDI e o CGEE, os produtos chineses concentram-se no "segmento de pós-nanoestruturados e diversas empresas que comercializam produtos baseados em nanotecnologia são provenientes de centros e institutos de pesquisas" (BRASIL, 2008, p. 48).

Conforme o contraste dos resultados obtidos pelas duas bases de dados, uma das hipóteses pode estar ligada ao mecanismo de indexação dos periódicos, ou seja, a Web of Science prioriza revistas americanas, enquanto a Cab Abstracts compreende uma maior abrangência de países.

Outra hipótese em relação ao resultado apresentado, é que a Web of Science é uma base de dados multidisciplinar e a Cab Abstracts especializada em Agricultura. Com isso, pode ser que os chineses priorizem disseminar seu conhecimento em uma base de dados especializada, o que não acontece com o Brasil, dada a sua contribuição que pode ser visualizada praticamente na mesma proporção em ambas as bases, representando cerca de 4,2% do total de publicações na WoS e cerca de 3,9% na Cab Abstracts. Isso pode demonstrar que os pesquisadores brasileiros publicam em uma grande diversidade de periódicos.

Outro possível motivo é o fato da base Cab Abstracts apresentar o país apenas do primeiro autor. Se os EUA tiverem publicações em que seus pesquisadores não são os primeiros em proporção maior que a China, essa situação leva a um favorecimento da China na análise feita pela Cab Abstracts. Essa condição é possível, por exemplo, em função do número de doutorandos e pós-doutorandos de outros países estudando nos Estados Unidos e que quando publicam, geralmente como primeiros autores por serem os pesquisadores mais envolvidos com a redação da publicação, geram uma publicação que será contabilizada para os EUA na Web of Science, mas não na Cab Abstracts.

Outro destaque é a produção científica da Índia, que no ranking de publicações ocupa a 3ª posição, em ambas as bases de dados.

Para a Índia, as aplicações da nanotecnologia para o setor de agricultura e alimentos são de extrema relevância e importância, pois a economia indiana é predominantemente agrícola e dada a sua grande população para alimentar, a preocupação com segurança alimentar é importante. O cenário indiano agrícola é caracterizado pela diversidade de solos e condições agro-climáticas e, portanto, diversidade de culturas e flutuação na produtividade. Aplicações da nanotecnologia na agricultura básica, adição de valor, preservação de culturas e alimentos podem, portanto, trazer uma mudança radical no cenário agrícola da Índia (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2000).

A nanotecnologia pode ajudar a Índia a garantir a segurança alimentar mediante o aumento do rendimento dos cultivos e a redução do consumo.

Nesse contexto, o Brasil insere-se no ranking de ambas as bases, ocupando de acordo com a pesquisa, a 8ª posição com 86 publicações na Web of Science (cerca de 4,1% do total) e a 5ª posição com 577 publicações na Cab Abstracts (cerca de 3,9% do total) na área. Nota-se que na Cab Abstracts a posição do Brasil é acima da registrada na Web of Science, o que demonstra que esse resultado pode ser devido aos pesquisadores brasileiros que estudam fora do Brasil, realizando pesquisa de mestrado, doutorado e/ou pós-doutorado e assim publicando artigos, o que justifica a participação em pesquisa com colaboração internacional e que grande parte do total de publicações recuperadas, é de brasileiros como primeiro autor.

De acordo com a ABDI e o CGEE, nos últimos anos,

[...] o Brasil tem avançado consistentemente no desenvolvimento de ações de muita importância em Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I), com resultados concretos na produção científica, tecnológica e formação de recursos humanos em áreas consideradas estratégicas, particularmente em determinados campos de nanotecnologia e nanociência (N&N). (BRASIL, 2008, p. 6).

O potencial de produtos e processos nanotecnológicos e nanobiotecnológicos no campo do agronegócio brasileiro é vasto, cobrindo desde materiais nanoestruturados para aplicação em agricultura, sistemas de entrega e liberação controlada de nutrientes e defensivos agrícolas, com menor impacto ao meio ambiente, até embalagens “inteligentes” que informam o consumidor sobre o estado do produto (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2010b, p. 46).

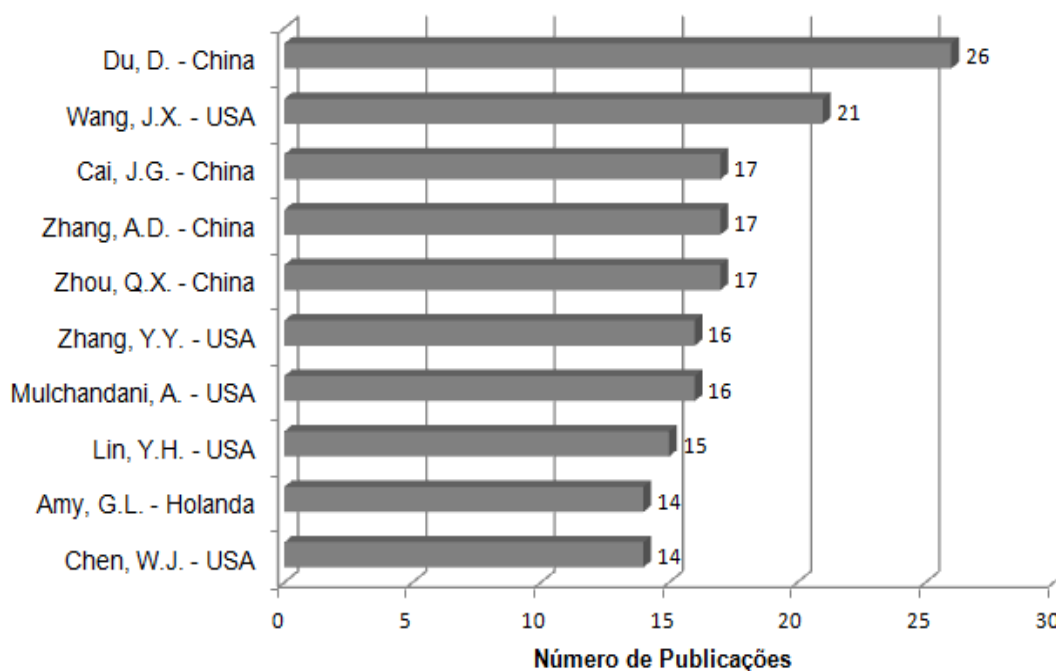
Com isso, os resultados de ambos os Gráficos (5 e 6) demonstram que o conjunto dos 10 países apresentados, dominam o desenvolvimento científico em nanotecnologia para o agronegócio, com base nas publicações indexadas junto as bases de dados Web of Science e Cab Abstracts.

4.1.3 Autores e a produção científica mundial e brasileira em nanotecnologia para o agronegócio

Esta seção apresenta a análise da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio dos autores afiliados a alguma instituição brasileira ou no exterior que mais publicaram no período de estudo.

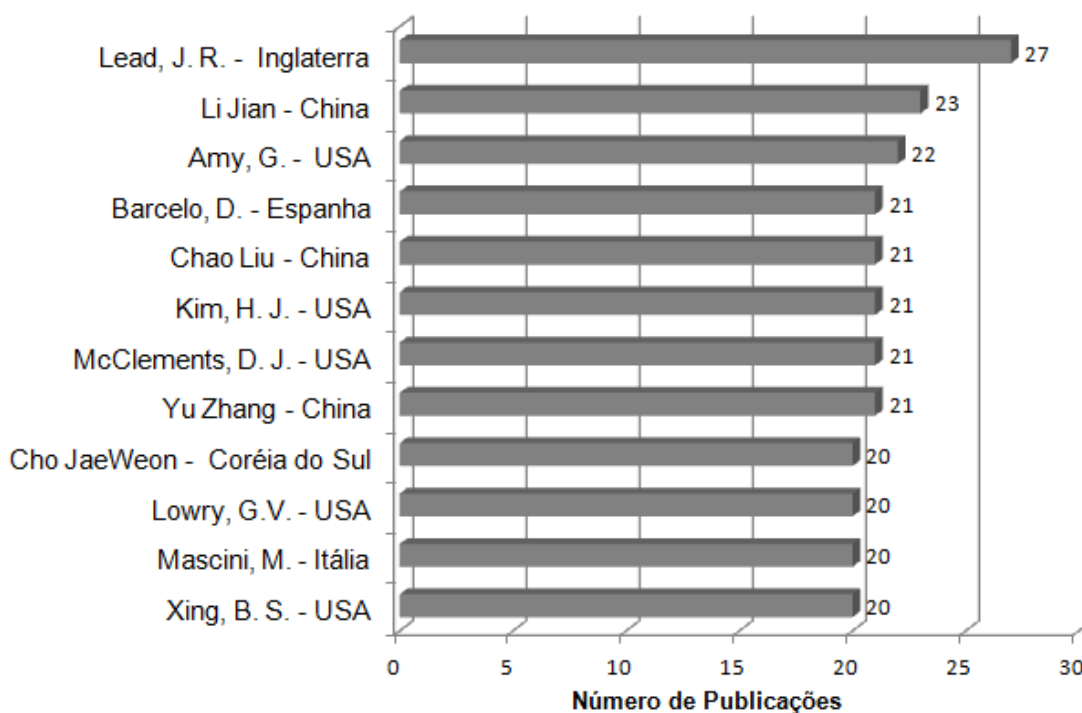
Os Gráficos 7 e 8 mostram o ranking dos autores com maior número de publicações indexadas na Web of Science e na Cab Abstracts. Os resultados dos autores reforçam que o domínio do conhecimento científico em nanotecnologia para o agronegócio se concentra nos Estados Unidos e China, em ambas as bases de dados. Apenas como uma ressalva é importante considerar, principalmente para os autores chineses, que é comum haver ocorrência de homônimos que acabam tendo suas publicações somadas, como se fossem um único autor.

Gráfico 7 - Autores com maior número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, 2001-2010



Fonte: Web of Science (2011).

Gráfico 8 - Autores com maior número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010



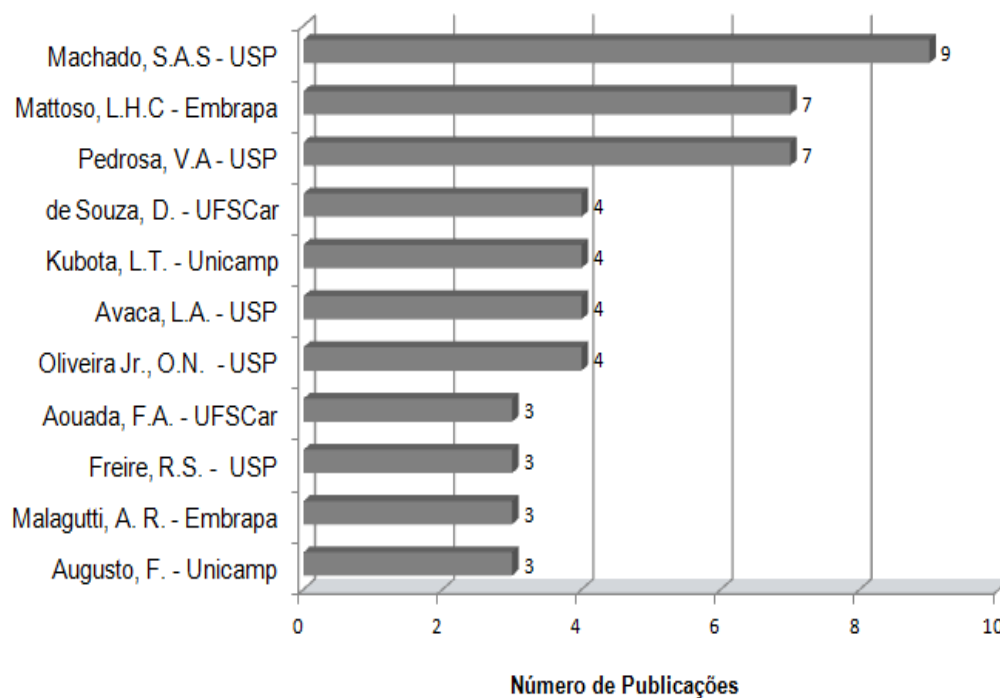
Fonte: Cab Abstracts (2011).

Os Estados Unidos são o líder em nanotecnologia tanto em pesquisadores em universidades e institutos, como no número de projetos e negócios existentes na área. As indústrias de nanotecnologia são vistas como setores-chave para o desenvolvimento econômico da China, sendo impulsionado principalmente pela pesquisa básica realizada em universidades ou centros de pesquisa patrocinados pelo Estado (ITALIAN TRADE COMMISSION, 2009).

Os Gráficos 9 e 10 mostram o ranking dos autores brasileiros com maior número de publicações indexadas na Web of Science e na Cab Abstracts.

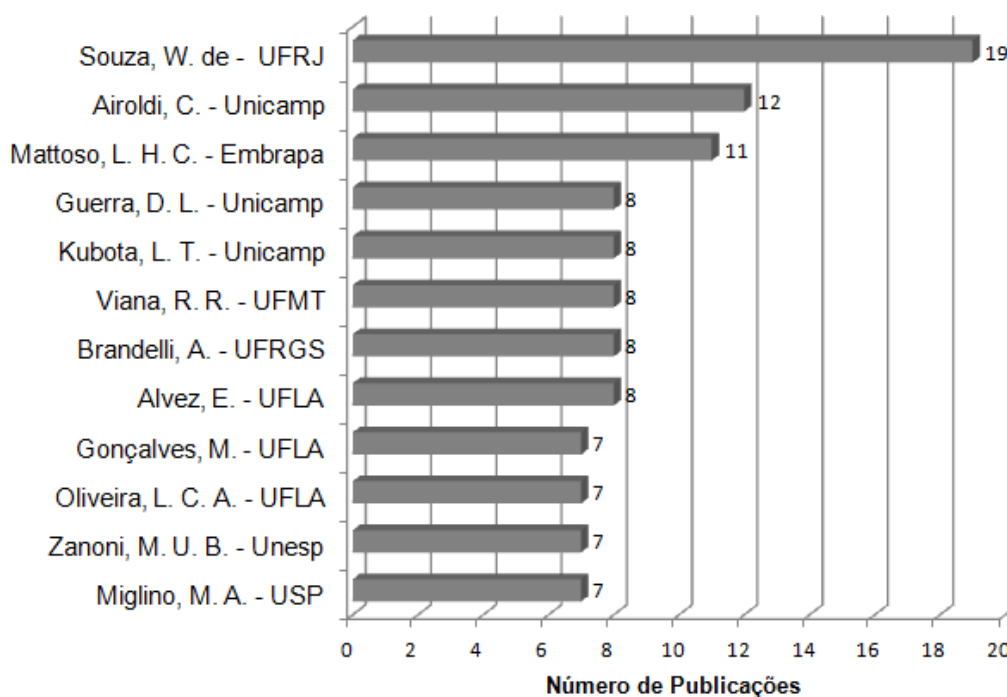
Em uma apresentação desse resultado para especialistas da Embrapa, notou-se que a maioria dos autores brasileiros, no ranking das duas bases de dados, foram reconhecidos como sendo da área, o que valida os resultados. No entanto, nem todos os autores presentes nos gráficos foram reconhecidos pelos especialistas, o que indica o potencial desse tipo de análise para a descoberta de novos conhecimentos relevantes, como por exemplo, a atuação de determinados pesquisadores na área.

Gráfico 9 - Autores brasileiros com maior número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, 2001-2010



Fonte: Web of Science (2011).

Gráfico 10 - Autores brasileiros com maior número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

Os gráficos revelam que a maioria das publicações de autores brasileiros indexados em ambas as bases de dados, vinculam-se a instituições localizadas no Estado de São Paulo: Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Estadual Paulista (Unesp), e Unidades da Embrapa. Isso mostra uma centralização da pesquisa no Estado de São Paulo, mas distribuída em várias instituições de C&T, o que pode apontar que há interesse na pesquisa em nanotecnologia para o agronegócio no Estado de São Paulo, em especial.

Um ponto a destacar é sobre a Universidade Federal de Lavras (UFLA). A UFLA não é a instituição que mais publica no Brasil, mas possui 3 dos seus pesquisadores no ranking de autores brasileiros com maior número de publicações na Cab Abstracts, o que pode indicar que na UFLA há competências estabelecidas na pesquisa em nanotecnologia para o agronegócio.

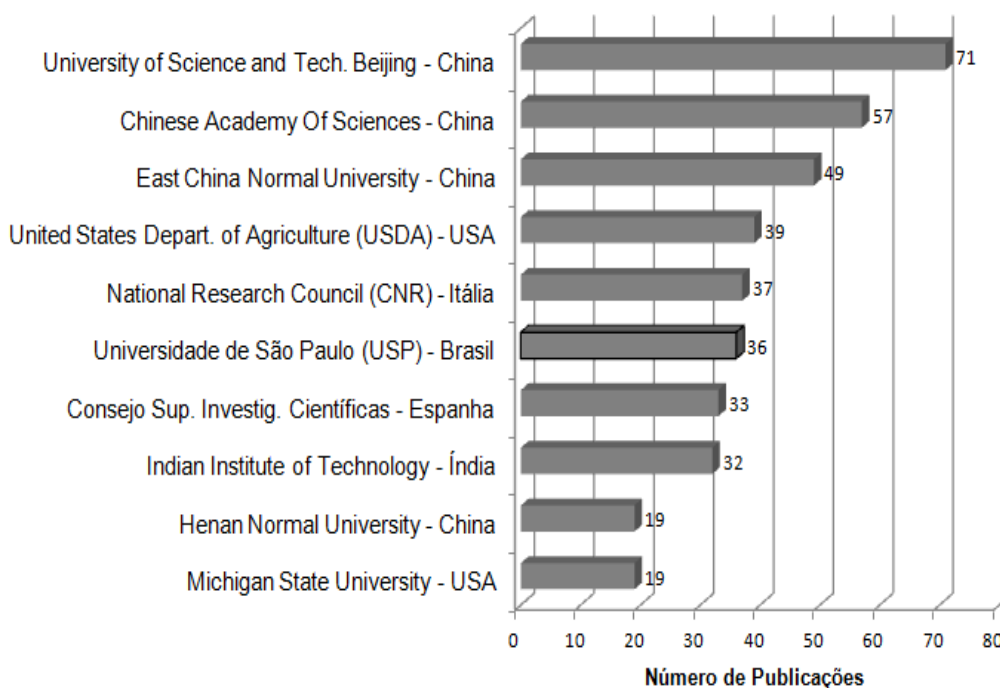
4.1.4 Instituições e a produção científica mundial e brasileira em nanotecnologia para o agronegócio

Os Gráficos 11 e 12 apresentam o ranking das principais instituições que no período analisado tiveram o maior número de publicações na área, de acordo com as bases de dados Web of Science e Cab Abstracts. A análise das instituições é um dos indicadores que pode demonstrar tendências de engajamento ou entrada de instituições na área de estudo em questão, no período de 2001-2010.

Na Cab Abstracts, como nos resultados de Autores, para Instituições há uma grande limitação em relação a indexação no total de publicações: a base recupera apenas a instituição do primeiro autor da publicação. Com isso, a produção científica de uma instituição pode não ser necessariamente proporcional ao número de publicações na base, pois a partir dessa limitação, acaba não refletindo diretamente a produção.

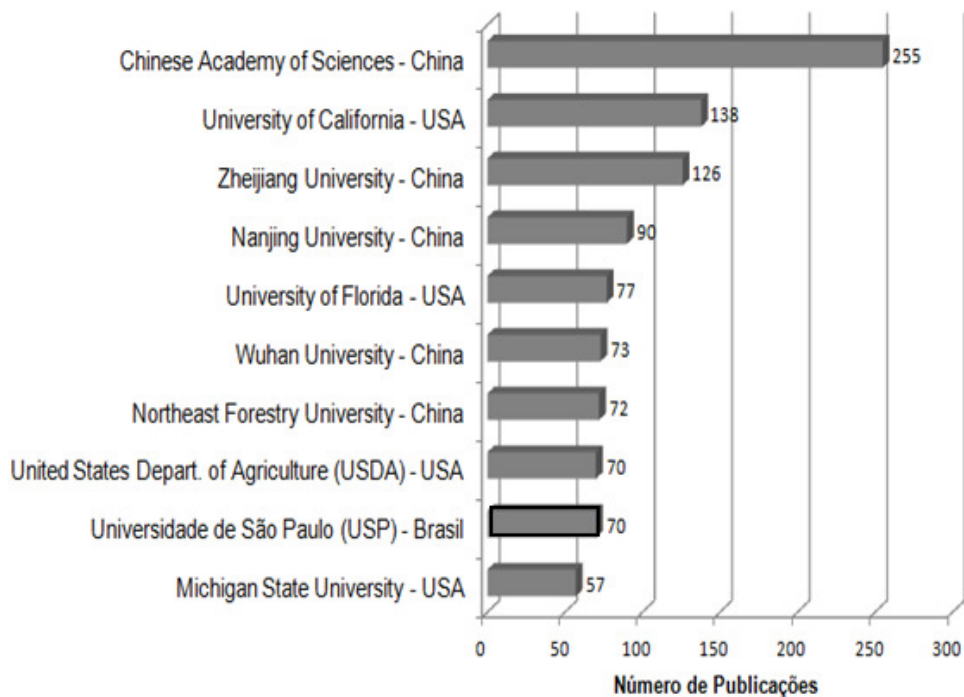
De acordo com os gráficos, a China tem uma maior distribuição nas pesquisas por instituição de C&T entre as que mais publicam, seguido pelos Estados Unidos. Isto indica que provavelmente esses países consideram a nanotecnologia para o agronegócio uma atividade estratégica, levando inclusive órgãos governamentais a publicarem na área, como é o caso do United States Department of Agriculture (USDA).

Gráfico 11 - Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, por Instituições, 2001-2010



Fonte: Web of Science (2011).

Gráfico 12 - Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por Instituições, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

Destaque para a presença de uma instituição brasileira - USP que, na Web of Science ocupa a 6ª posição, com 36 publicações, e na Cab Abstracts, a 9ª posição, com 70 publicações científicas.

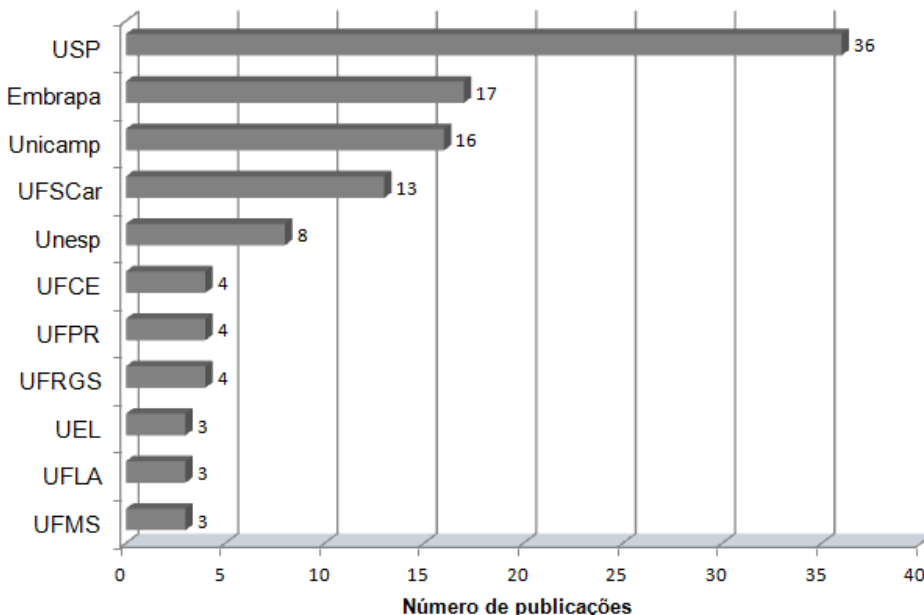
De acordo com Silva (2010, p. 61),

Sabendo-se que o conhecimento científico é cada vez mais utilizado para aplicações tecnológicas, surgiram maiores investimentos realizados por instituições públicas e privadas em Ciência e Tecnologia, visto que inúmeros recursos financeiros estão sendo destinados a projetos, contratos e parcerias em pesquisas científicas.

“Essas iniciativas propõem eficiência e prestígio às instituições que mais empregam recursos e que apresentam resultados promissores na pesquisa científica” (SILVA, 2010, p. 61).

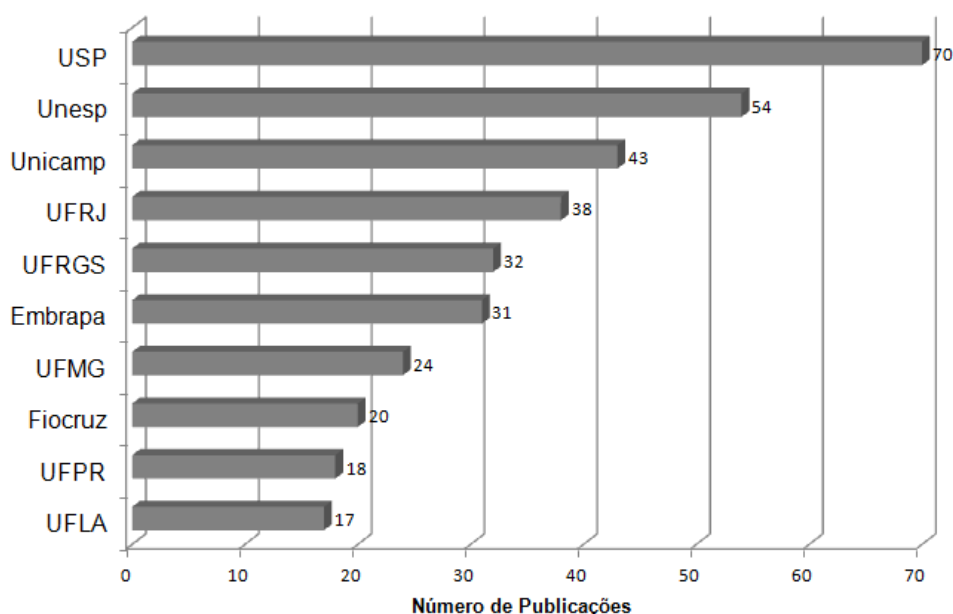
Os Gráficos 13 e 14 apresentam o ranking do número de publicações indexadas na Web of Science e na Cab Abstracts, por instituições brasileiras, no período de 2001 a 2010.

Gráfico 13 - Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na WoS, por Instituições brasileiras, 2001-2010



Fonte: Web of Science (2011).

Gráfico 14 - Número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por Instituições brasileiras, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

Os gráficos revelam que as primeiras posições nos rankings são ocupadas principalmente por instituições localizadas no Estado de São Paulo, demonstrando uma centralização da pesquisa na área de nanotecnologia para o agronegócio no Brasil.

De acordo com os “*Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo – 2010*”, da FAPESP, a contribuição do Estado de São Paulo para a produção mundial de ciência cresceu 41,4%, entre 2002 e 2006, passando de 0,82% para 0,94% no número de artigos científicos publicados em revistas indexadas. O Estado foi responsável por 51% da produção brasileira indexada entre 2002 e 2006, patamar ligeiramente superior ao do período 1998-2002, de 49,9% (PARTICIPAÇÃO, 2011).

De acordo com Gregolin et al. (2005, p. 5-15),

[...] a concentração da produção científica no Sudeste brasileiro perduram e está associada à concentração, nesta região, de instituições de ensino superior (das esferas estadual, federal e privada), de programas de pós-graduação e de recursos humanos qualificados, apoiados pelos programas estaduais de ciência e tecnologia, e implementados pelas agências de fomento locais, destacando-se a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) [...].

A evolução da produção científica no Estado de São Paulo reflete o rápido crescimento da atividade científica brasileira. O resultado da participação no total de publicações brasileiras indexadas nas bases Web of Science e Cab Abstracts pelo Estado de São Paulo está associado, principalmente, à maior concentração de pesquisadores e de técnicos especializados, bem como a um investimento público e privado em atividades de P&D bastante superior às demais regiões brasileiras.

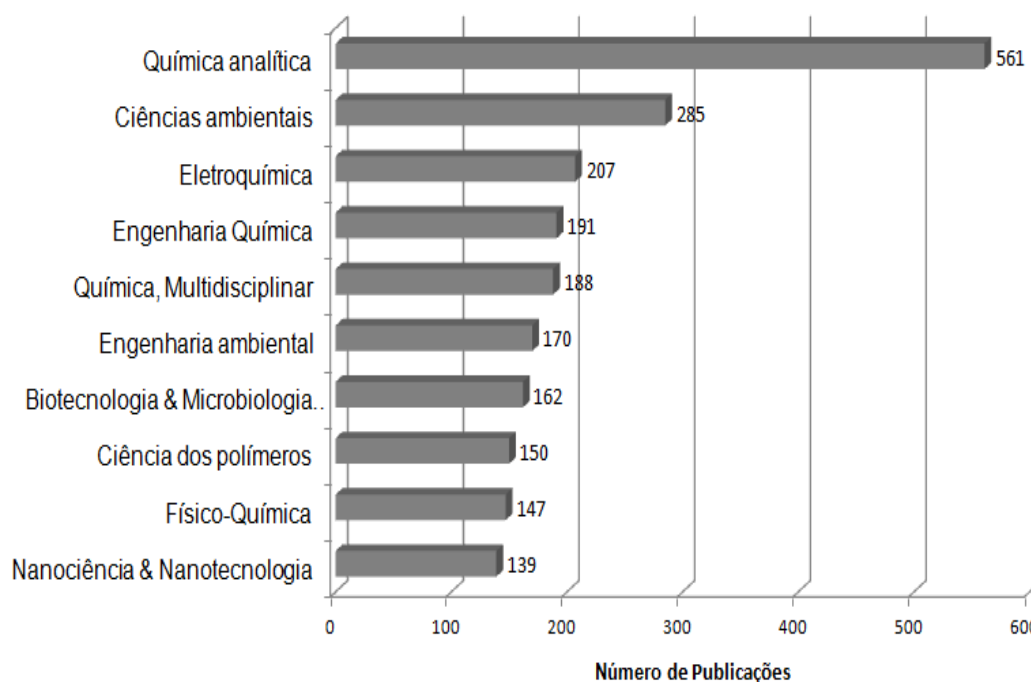
Dentre as instituições listadas, alguns dos avanços alcançados são oriundos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) através de várias e importantes pesquisas, pois a Embrapa “desenvolve e aplica o que há de mais moderno na ciência em benefício do agronegócio brasileiro, com a antecipação de tendências, valorização das oportunidades e minimização das ameaças”. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2010, p. 4). Dentre os trabalhos desenvolvidos e as pesquisas em andamento destacam-se: sensores nanoestruturados, embalagens ativas e coberturas comestíveis para a preservação da qualidade de frutas e hortaliças, nanocompósitos a partir de estruturas naturais, catalisadores nanoestruturados, sistemas de liberação controlada de insumos.

4.1.5 Distribuição da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio por áreas do conhecimento

O Gráfico 15 mostra a classificação dos registros indexados na Web of Science por áreas do conhecimento. As áreas temáticas que aparecem como as que recebem o maior número de publicações são: Química Analítica, Ciências Ambientais, Eletroquímica, Engenharia Química, Química, Engenharia ambiental, Biotecnologia e Microbiologia aplicada, Ciência dos polímeros, Físico-Química, Nanociência & Nanotecnologia.

Observa-se uma diversidade de áreas do conhecimento, o que pode indicar a necessidade de várias áreas do conhecimento humano no desenvolvimento do corpo científico em nanotecnologia para o agronegócio.

Gráfico 15 - Distribuição do número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base WoS, por áreas do conhecimento, 2001-2010



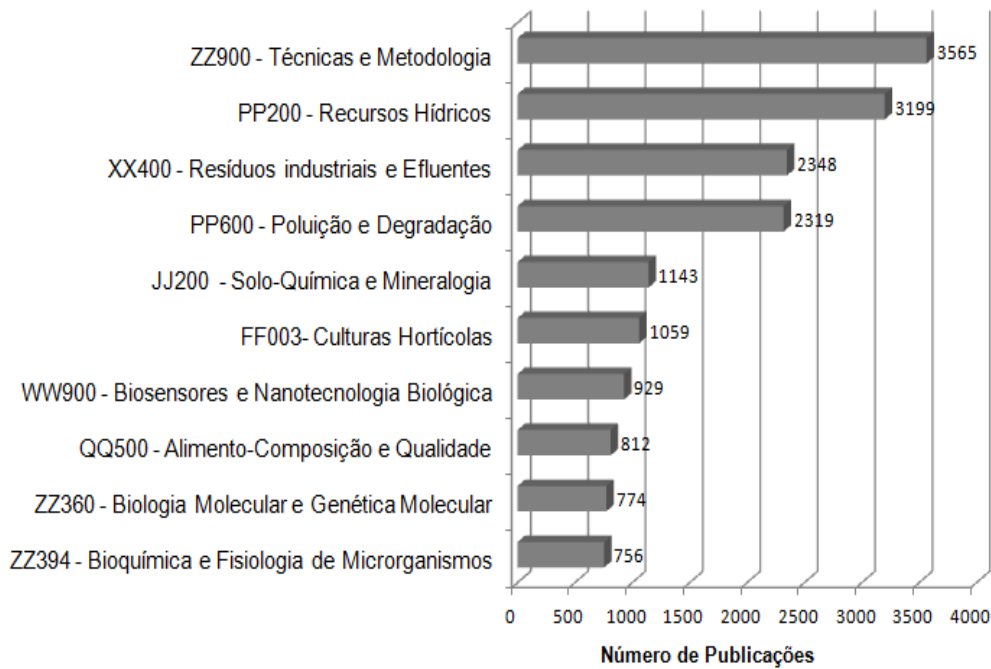
Fonte: Web of Science (2011).

O Gráfico 16 mostra a classificação dos registros indexados na Cab Abstracts através dos Cabicodes, que são códigos de classificação que permitem localizar categorias de assuntos gerais. Os códigos consistem de um tesauro hierárquico dividido em 23 seções principais. Cada seção inclui uma série de códigos que divide o assunto geral em assuntos mais específicos. Cada código é composto por duas letras seguidas por três números, e depois um nome (CABI, 2011b).

Os Cabicodes são destinados para a seleção de conjuntos de registros relevantes para uma área de assunto.

De acordo com o gráfico, os Cabicodes de maior destaque são: ZZ900 – Técnicas e Metodologia, PP200 – Recursos hídricos, X400 – Resíduos industriais e Efluentes, PP600 – Poluição e Degradação.

Gráfico 16 - Distribuição do número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base Cab Abstracts, por Caticodes, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

Nesse contexto, a Cab Abstracts consegue ser mais específica por ser uma base de dados especializada em agricultura e por contemplar um conjunto de classificações que permite realizar inferências sobre as potenciais aplicações do conhecimento científico em especial na área de nanotecnologia para o agronegócio, podendo ainda indicar o que está sendo pesquisado dentro da área.

4.1.6 Assuntos mais publicados na área de nanotecnologia para o agronegócio

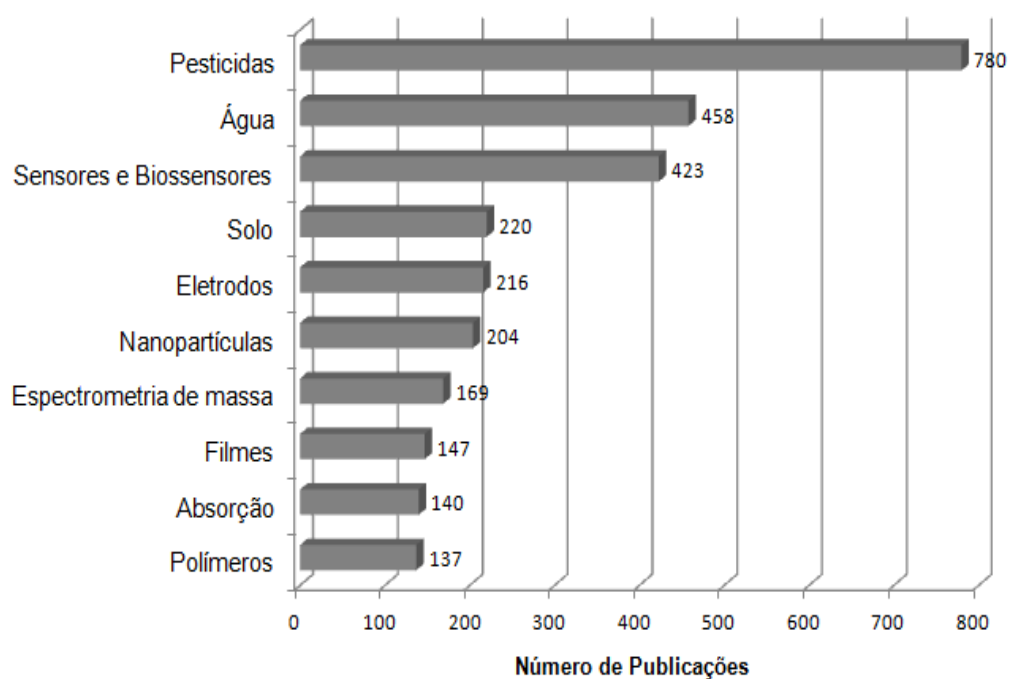
Ao analisar a temática dos registros recuperados nas duas bases de dados, Web of Science e Cab Abstracts, foi possível observar os temas de maior incidência entre os pesquisadores. Para identificar a temática dos registros, foram utilizadas as palavras existentes nos campos “Identificadores” e “Cabeçalhos de Assunto”, das bases de dados.

Os Gráficos 17 e 18 apresentam as temáticas que estão sendo estudadas dentro da área de nanotecnologia para o agronegócio, dos artigos indexados na

Web of Science e na Cab Abstracts, no período de 2001 a 2010, através das palavras-chave indexadas.

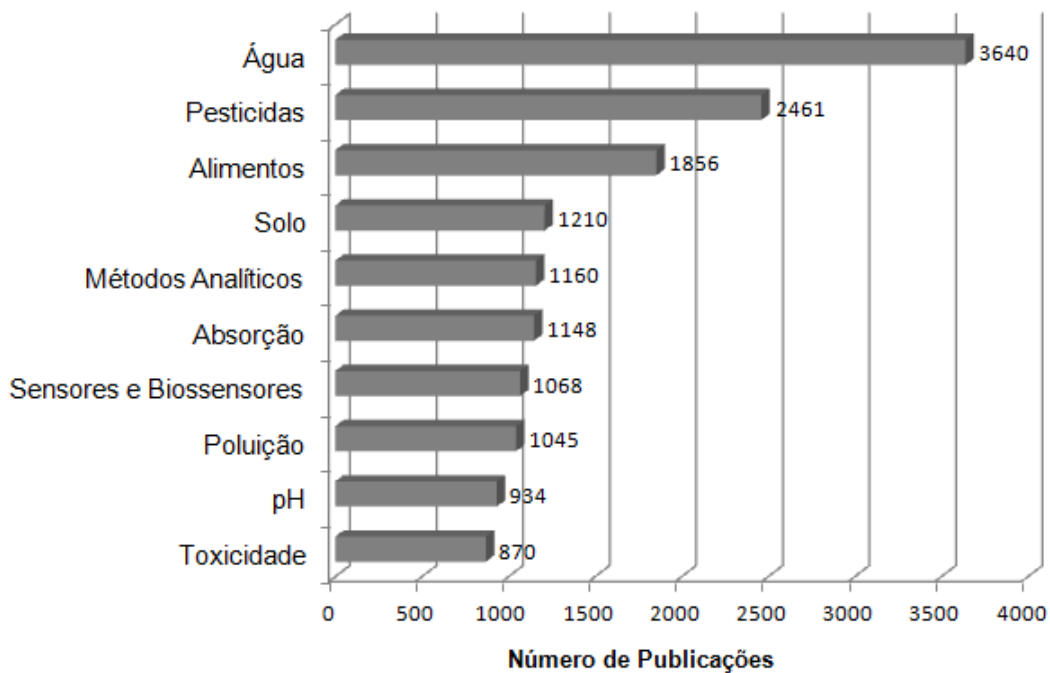
Na Web of Science as pesquisas estão distribuídas entre vários assuntos, sendo que o que mais se destaca é Pesticidas, que aparece em 780 publicações, com foco em: Sistemas de entrega e Liberação controlada; Resíduos; e Controle químico e biológico. Já na Cab Abstracts, nitidamente em nanotecnologia para o agronegócio, pesquisa-se sobre a Água, que aparece em 3.640 publicações recuperadas. Há uma concentração das pesquisas em Água, focando: Águas residuais; Tratamento e Qualidade da água; Absorção de impurezas; Poluição; Purificação da água; Distribuição e Conservação.

Gráfico 17 - Assuntos mais publicados sobre nanotecnologia para o agronegócio de acordo com WoS, 2001-2010



Fonte: Web of Science (2011).

Gráfico 18 - Assuntos mais publicados sobre nanotecnologia para o agronegócio de acordo com Cab Abstracts, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

Dentre os vários assuntos recuperados em ambas as bases, os que ganham destaque no topo do ranking, além de Água e Pesticidas, são: Sensores e Biossensores; Alimentos (Segurança alimentar; Contaminação; Processamento dos alimentos; Embalagens; Aditivos alimentares; Qualidade; Alimentos funcionais) e Solo (Contaminantes; Tipos de solo; Poluição; Alterações e Limpeza de solos contaminados).

Os **pesticidas** figuram entre os mais importantes para a obtenção dos altos índices de produtividades atuais, tendo uma participação importante na agricultura mundial mantendo a viabilidade econômica e a produtividade agrícola. A principal aplicação da nanotecnologia para produção de alimentos inclui o potencial uso de agroquímicos nano-formulados (ex. fertilizantes, pesticidas) para maior eficácia, menor uso de produtos químicos agrícolas, melhor controle das aplicações (pesticidas de liberação lenta), alimentos seguros para animais e nano-biossensores para diagnóstico de doenças em animais (CHAUDHRY; CASTLE, 2010).

Os pesticidas são classificados, quanto à natureza da praga a que se destinam, nas seguintes categorias: inseticidas (controle de insetos), fungicidas (combate aos fungos), herbicidas (combate às ervas daninhas), desfoliantes

(combate às folhas indesejadas), fumigantes (combate às bactérias do solo), rodenticidas/raticidas (combate aos roedores), moluscocidas (combate aos moluscos), nematicidas (combate aos nematóides) e acaricidas (combate aos ácaros) (TORRES, 2007).

A utilização desses insumos agrícolas tem uma participação importante na agricultura mundial mantendo a viabilidade econômica e a produtividade agrícola. Apesar das vantagens, “os pesticidas têm se tornado um dos mais frequentes poluentes orgânicos nas águas e solos, gerando uma grande preocupação em relação aos seus efeitos no ambiente e na vida humana” (TORRES, 2007, p. 16).

Nesse contexto, a vantagem da nanoformulação é que o pesticida se “dissolve com mais facilidade na água (para simplificar a aplicação nos cultivos), é mais estável e a capacidade de matar do produto químico (herbicida, inseticida ou fungicida) é otimizada” (ETC GROUP, 2004, p. 14).

Na pesquisa e nos resultados dos dados bibliográficos, outro destaque foi a **Água**. A utilização da nanotecnologia para tratamento de água, filtração e dessalinização oferece uma série de benefícios em termos de utilização segura/reuso de água.

De acordo com Alvarez; Li; Brame (2010, p. 16) e Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009), a nanotecnologia pode permitir uma reutilização e tratamento da água distribuída e oferecer oportunidades para evitar preocupações de degradação da qualidade da água dentro de redes de distribuição, aliviar a dependência de infraestrutura do sistema, explorar fontes alternativas de água para uso potável ou águas residuais utilizadas na agricultura e na produção de alimentos, e diminuir o consumo de energia.

Segundo Toma (2005, p. S50), a nanotecnologia pode ser utilizada também para remediação (limpeza) e tratamento da água através de:

nanomembranas para purificação, dessalinização e desintoxicação; nanossensores para detecção de contaminantes e agentes patogênicos; zeólitas, nanoporositas, polímeros nanoestruturados e argilas para purificação da água; nanopartículas magnéticas para tratamento da água; nanopartículas de TiO_2 para degradação fotocatalítica de poluentes.

A nanotecnologia é uma tecnologia importante “na medida em que contribui para melhorar um grande número de aplicações, desde os sistemas de

dessalinização da água do mar em grande escala aos filtros de água domésticos” (BALAKRISHNAN, 2011), ou ainda os filtros para eliminação de contaminantes, pois nos dias de hoje, os grandes obstáculos para alcançar o desenvolvimento sustentável em relação à água, são os possíveis problemas de escassez de água, as fontes de oferta não confiáveis, e a má qualidade do recurso.

Outro assunto que se destacou na análise da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio foram os sensores e biossensores.

O **sensor/biossensor** permite com rapidez, precisão, simplicidade e a um custo baixo verificar a qualidade da água e de outras substâncias, se existem contaminantes, pesticidas, substâncias húmicas e metais pesados.

Segundo Huyghebaert; Huffel e Houins (2010), o desenvolvimento de biossensores é um campo de pesquisa multidisciplinar. Requer a integração de disciplinas como a bioquímica, microeletrônica, biologia, superfícies química e físicas para micro e nanoescala. Em geral, um sensor pode ser definido como um sistema que gera um sinal eletrônico específico como resultado de um estímulo externo, permitindo a quantificação de certas propriedades físicas (temperatura, pressão, massa, etc.) ou químicas (pH, O₂, etc.).

A tecnologia de sensores e biossensores pode beneficiar empresas agrícolas de grande escala, altamente industrializadas. Em última instância, os sensores “provavelmente aumentarão a produtividade, farão cair os preços pagos aos produtores, reduzirão a mão-de-obra e darão uma pequena vantagem no mercado global aos maiores operadores agroindustriais” (ETC GROUP, 2004, p. 21). Além disso, traz benefícios como: controle de qualidade de alimentos e bebidas; identificação de características de paladar e odor, de maneira automatizada, como exemplo, a língua eletrônica (Embrapa); identificação e emissão de poluentes, pesticidas, metais pesados e outras substâncias tóxicas; detecção de doenças, reparo celular, liberação de fármacos, medidas de pH, cálcio, sódio, potássio, etc.; e detecção de gases tóxicos (DURÁN; MATTOSO; MORAIS, 2006).

Com isso, através de sensores inteligentes distribuídos na área cultivada, o uso de pesticidas (inseticidas, fungicidas e herbicidas) será muito mais eficiente, com doses menores, custo mais baixo e reduzido impacto ambiental. Segundo Furtado et al. (2008, p. 15), na agricultura, os biossensores podem detectar e quantificar patógenos de plantas no campo, e definir “posições com o auxílio de

Sistema de Posicionamento Global (GPS), que podem orientar o produtor a realizar aplicações de pesticidas pontuais, reduzindo e otimizando o uso de agroquímicos”.

Já em análises de qualidade de alimentos, os biossensores são aplicados, sobretudo, na detecção de contaminantes químicos e biológicos. De acordo com Furtado et al. (2008, p. 16), “o uso de biossensores reduz a manipulação da amostra e, conseqüentemente, diminui também as possibilidades de contaminação humana”. A tendência, segundo os autores (2008, p. 19) é a combinação da “nanotecnologia com os biossensores por meio da miniaturização da área da superfície de materiais e do uso de nanopartículas para desenvolver sistemas mais sensíveis, com tempo de resposta mais rápido”.

Outros destaques de assuntos recuperados através das publicações referentes a nanotecnologia para o agronegócio foram: **Alimentos e Solo**.

Na indústria de **Alimentos**, as pesquisas e aplicações de nanotecnologias, incluem nanosensores para melhorar a segurança alimentar, nanodispositivos para rastreamento da cadeia de abastecimento alimentar, sistemas de entrega inteligentes, acenando conforme Martins (2006, p. 2), “para uma revolução tecnológica diante do potencial de aplicações, alterando a forma como o alimento é produzido, processado, embalado, transportado e consumido”.

A utilização da nanotecnologia para os alimentos pode permitir a modificação de muitas características dos alimentos, tais como textura, atributos sensoriais, processabilidade, e vida útil (MORARU et al., 2009).

Segundo o ETC GROUP (2004, p. 41), atualmente a embalagem e o monitoramento de alimentos constituem o foco principal de pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico na indústria de alimentos, podendo “responder a condições ambientais ou se auto-conservarem, ou alertarem o consumidor sobre contaminação e/ou presença de patógenos”.

Segundo Toma (2005, p. S50), a nanotecnologia pode ser utilizada também para armazenagem e processamento de alimentos através de “nanocompósitos para embalagens; nanoemulsões antibacterianas para descontaminação de alimentos, equipamentos e embalagens; nanossensores e biossensores para monitoração da qualidade de alimentos”.

Por último, destaque para a utilização da nanotecnologia para o **Solo**.

A nanotecnologia pode ser utilizada em relação ao **Solo** para identificar contaminantes, alterações e limpeza de solos contaminados com metais pesados,

por exemplo, utilizando-se nanopartículas que fluem com a água do solo, descontaminando-o na sua passagem, o que de acordo com o ETC GROUP (2004, p. 29), “é muito menos oneroso do que remover o solo para tratá-lo”. Outra utilização é como aglutinante de solo, que seria uma “cobertura de solo de colocação rápida que se baseia em reações químicas em escala nanométrica para aglutinar o solo” (ETC GROUP, 2004, p. 29).

Como demonstrado através dos Gráficos 17 e 18, pode-se observar a identificação dos temas mais estudados, sendo que nessa pesquisa, a produção científica analisada retrata o conhecimento produzido e disponível em duas bases de dados reconhecidas internacionalmente pela comunidade acadêmica na qual foram identificados os assuntos que representam o conhecimento registrado em cada publicação científica.

Com isso, conclui-se que a nanotecnologia oferece oportunidades consideráveis para o desenvolvimento de produtos e aplicações inovadoras para a agricultura, tratamento de água, produção de alimentos, processamento, preservação e embalagem, e seu uso pode trazer benefícios potenciais para agricultores, indústria alimentícia e consumidores.

4.1.7 Periódicos com maior número de publicações na área de nanotecnologia para o agronegócio

Nesse item foram identificados os periódicos utilizados para publicação na área de nanotecnologia para o agronegócio. Esse indicador é útil para se ter uma visão dos principais periódicos científicos da área, sendo estes as “fontes de disseminação de conhecimento mais utilizadas pelos pesquisadores, consolidando-se cada vez mais como um canal de comunicação científica” (SILVA, 2010, p. 67).

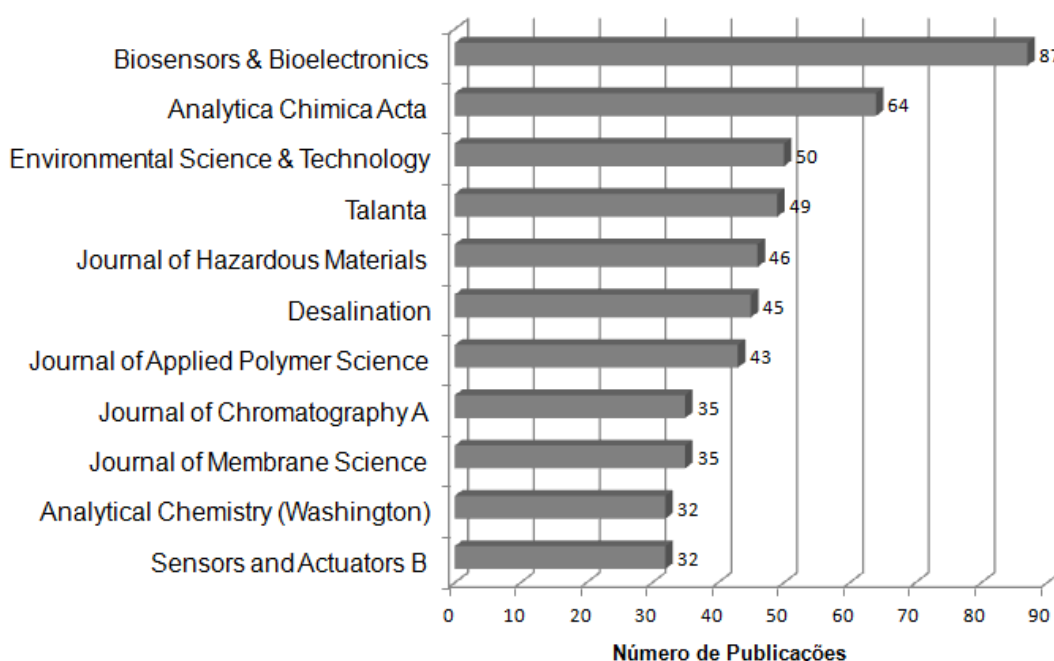
Segundo Tenopir e King (2001, p. 2), a maioria dos pesquisadores consulta os periódicos científicos com regularidade, consideram-no como “o mais importante recurso informacional”, e também afirmam que “uma grande proporção das leituras enriquece a qualidade da pesquisa e do ensino” e os ajudam a desempenhar tarefas com maior eficiência, economizando tempo e dinheiro.

Os Gráficos 19 e 20 apresentam os periódicos com maior número de publicações na área, de acordo com as bases de dados Web of Science e Cab Abstracts. No total foram identificadas publicações sobre o assunto pesquisado em

660 periódicos na Web of Science e em 2.673 periódicos na Cab Abstracts, sendo destes, 277 periódicos com publicações sobre o assunto tanto na Web of Science como na Cab Abstracts.

Os periódicos que apresentaram maior quantidade de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio na Web of Science, conforme Gráfico 19, foram: *Biosensors and Bioelectronics*¹⁶ (publicado pela Elsevier) com 87 publicações, sendo o principal periódico internacional dedicado à pesquisa, desenvolvimento e aplicações de biossensores e bioeletrônica. Em segundo lugar, *Analytica Chimica Acta*¹⁷ (publicado pela Elsevier) com 64 publicações, sendo da área de química e sobre estudos de desenvolvimento de novas e importantes metodologias analíticas.

Gráfico 19 - Distribuição do número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base WoS, por periódicos científicos, 2001-2010



Fonte: Web of Science (2011).

Na Cab Abstracts, os periódicos que apresentaram maior quantidade de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio, conforme Gráfico 20 foram: *Environmental Science & Technology*¹⁸ (publicado pela American Chemical Society – ACS Publications) com 496 publicações, que traz análises dos principais avanços,

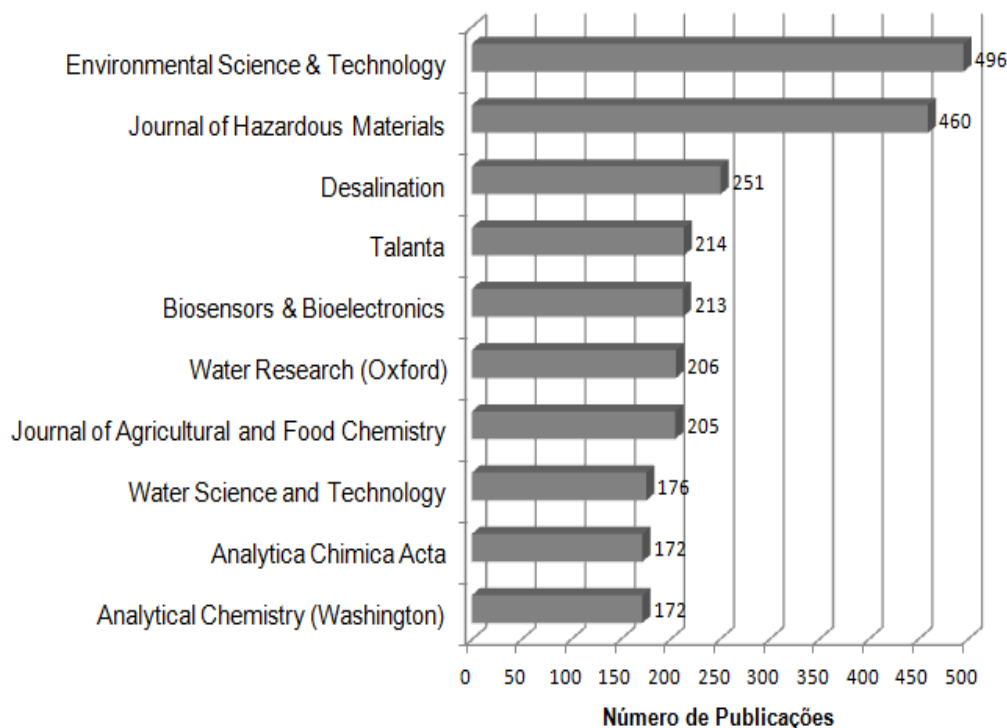
¹⁶ Disponível em: <<http://www.journals.elsevier.com/biosensors-and-bioelectronics/>>.

¹⁷ Disponível em: <<http://www.journals.elsevier.com/analytica-chimica-acta/>>.

¹⁸ Disponível em: <<http://pubs.acs.org/journal/esthag>>.

tendências e desafios em ciência ambiental, visando promover a compreensão interdisciplinar no domínio do ambiente, através de disciplinas como Engenharia ambiental e Ciências ambientais. Em segundo lugar, Journal of Hazardous Materials¹⁹ (publicado pela Elsevier) com 460 publicações, sendo sobre controle ambiental; caracterização dos efeitos nocivos dos produtos químicos e materiais; processos de tratamento de resíduos e águas residuais; processos físico-químicos; absorção; medição e monitoramento de materiais perigosos, etc.

Gráfico 20 - Distribuição do número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base Cab Abstracts, por periódicos científicos, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

Comparando os Gráficos 19 e 20 nota-se que não são os mesmos periódicos para ambos os gráficos e que o mesmo periódico tem diferentes números de publicações recuperadas na Web of Science e na Cab Abstracts, isso devido à diferença de cobertura das bases, pois na Cab Abstracts há periódicos que não estão na Web of Science e vice-versa; à expressão de busca elaborada; à dificuldade de padronização dos dados e da recuperação das publicações por intermédio de expressões de busca; e à indexação das palavras-chave utilizadas

¹⁹ Disponível em: <<http://www.journals.elsevier.com/journal-of-hazardous-materials/>>.

pelos autores e especialistas da área. Um dos motivos para esse fato pode ser que como determinado periódico é específico da área da nanotecnologia, por exemplo, às publicações não são atribuídas palavras-chave relacionadas obviamente com nanotecnologia, o que prejudica na recuperação do total de publicações.

Não foi intuito do trabalho visualizar o conjunto de periódicos em comum das duas bases de dados, porém é possível visualizar que alguns periódicos são indexados pelas duas bases e concentram um grande número de publicações na área, entre estes estão: Biosensors & Bioelectronics, Environmental Science & Technology, Talanta, Analytica Chimica Acta, Journal of Hazardous Materials, Desalination, e Analytical Chemistry (Washington), o que reforça a importância do periódico para o assunto.

Assim, os periódicos têm um “papel importante no fomento da qualidade da pesquisa e para o avanço do conhecimento, mediante seleção e divulgação dos trabalhos” (BASTOS; HEIN; FERNANDES, 2010, p. 5).

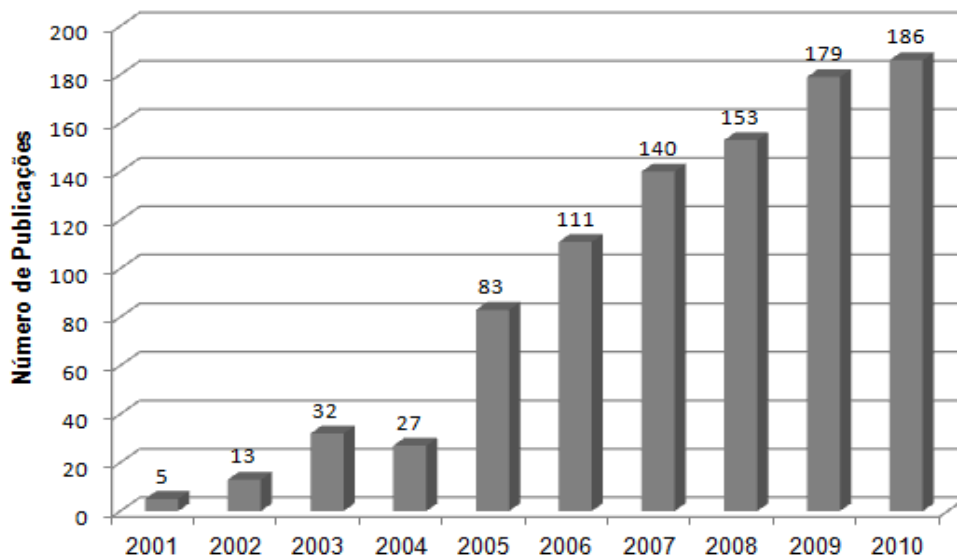
4.2 ESTUDO ESPECÍFICO DO TEMA SENSORES

Essa seção apresenta a análise dos registros bibliográficos referentes ao assunto Sensores, que de acordo com a pesquisa e com a validação dos especialistas da Embrapa, foi apontado como um assunto importante para aprofundamento das análises. Foram utilizados os dados bibliográficos da Cab Abstracts devido sua especificação referente a cada assunto, com a utilização dos Cabicodes. Para Sensores, foi utilizado o cabicode: Biosensors and Biological Nanotechnology (WW900).

4.2.1 Evolução anual da produção científica sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio

Serão apresentados neste item, os resultados da análise da base de dados Cab Abstracts para a evolução anual do número de publicações indexadas referentes apenas ao Cabicode do assunto Sensores (Gráfico 21). Essas publicações foram selecionadas criando-se um subconjunto de 929 publicações das 14.873 publicações a partir da ocorrência do Cabicode WW900 no registro bibliográfico.

Gráfico 21 – Número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010



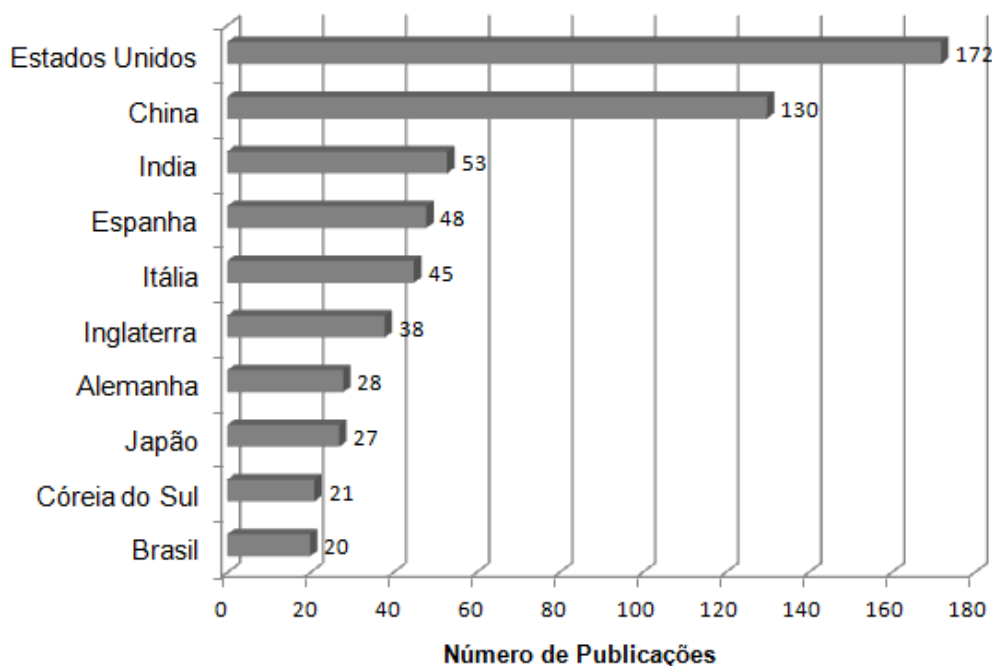
Fonte: Cab Abstracts (2011).

O Gráfico 21 mostra que tem havido um crescimento constante do número de publicações na área de nanotecnologia para o agronegócio referente aos estudos sobre Sensores. Apesar do crescimento irregular entre os anos de 2001 a 2004, houve um aumento expressivo da produção de publicações a partir de 2005. Comparando com o Gráfico 2, da evolução anual do número de publicações indexadas sobre nanotecnologia para o agronegócio, nota-se que o crescimento entre 2007 a 2010 foi de 33% do total, um número muito menor se comparado com o geral, que é de 80%. O que pode indicar que esse tema está perdendo interesse no contexto da nanotecnologia para o agronegócio.

4.2.2 Países e a produção científica sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio

Será apresentado neste item, a distribuição da produção científica referente ao assunto Sensores, por países (Gráfico 22) ao longo do período (2001-2010), da base de dados Cab Abstracts para o número de publicações indexadas.

Gráfico 22 - Número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por países, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

A produção científica encontra-se concentrada nos Estados Unidos (EUA) com 172 publicações, e na China com 130 publicações científicas referentes a Sensores, segundo o Gráfico 22.

De acordo com o ETC GROUP, o Departamento de Agricultura dos EUA (USDA) lidera a tecnologia dos “campos de cultivo inteligentes” interligados a nanosensores sem fio, originalmente apelidados de “Tecnologia do Pequeno Irmão”. O USDA identifica o desenvolvimento de sensores agrícolas como uma de suas mais importantes prioridades de pesquisa, trabalhando para

[..] promover e desenvolver um “Sistema de Campos de Cultivo Inteligentes” total que automaticamente detecta, localiza, informa e aplica água, fertilizantes e agrotóxicos - ultrapassando o simples sensoriamento e chegando na aplicação automática (ETC GROUP, 2004, p. 19).

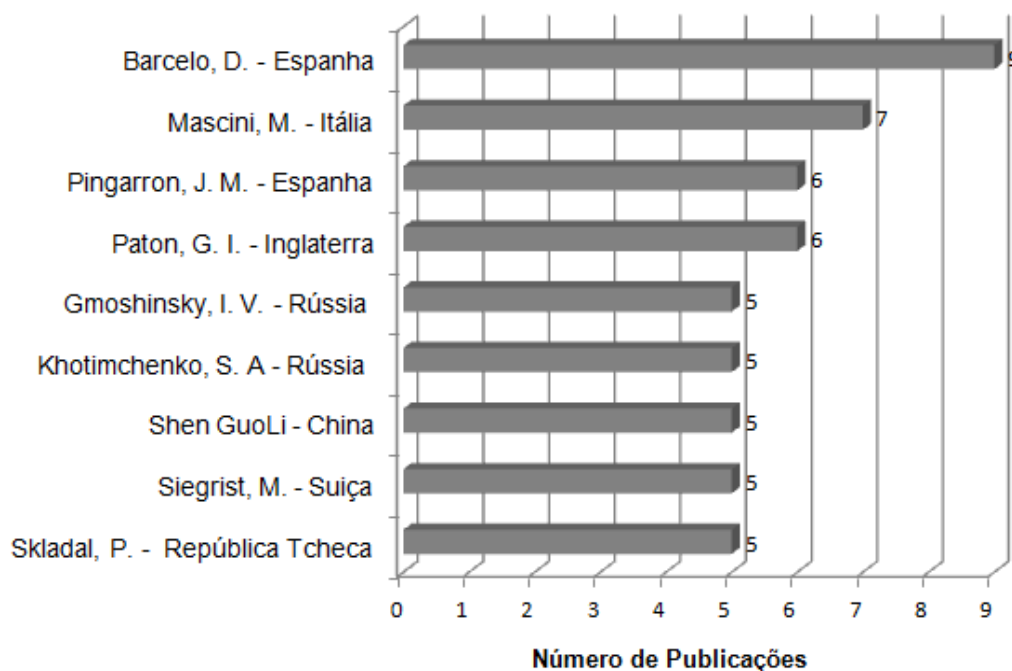
Hoje, micro e nanosensores sem fio são uma área de intensa pesquisa para grandes instituições, sendo “um foco de desenvolvimento em todos os laboratórios de defesa dos EUA e em campos tão distintos quanto a medicina, a energia e as comunicações” (ETC GROUP, 2004, p. 20).

Destaque para o Brasil que ocupa a 10ª posição, com 20 publicações científicas na área de sensores e no ranking geral sobre nanotecnologia e agronegócio, ocupa a 5ª posição com 577 publicações.

4.2.3 Autores e a produção científica mundial sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio

Esta seção apresenta a análise da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio referente a Sensores, dos autores que mais publicaram no período de estudo (Gráfico 23).

Gráfico 23 – Autores com maior número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

De acordo com o Gráfico 23, nota-se que a maioria dos autores estão vinculados a países da Europa, sendo que no geral, do total de publicações em nanotecnologia para o agronegócio (Gráfico 8), a maioria dos autores estão vinculados a instituições da China.

4.2.4 Instituições e a produção científica mundial e brasileira sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio

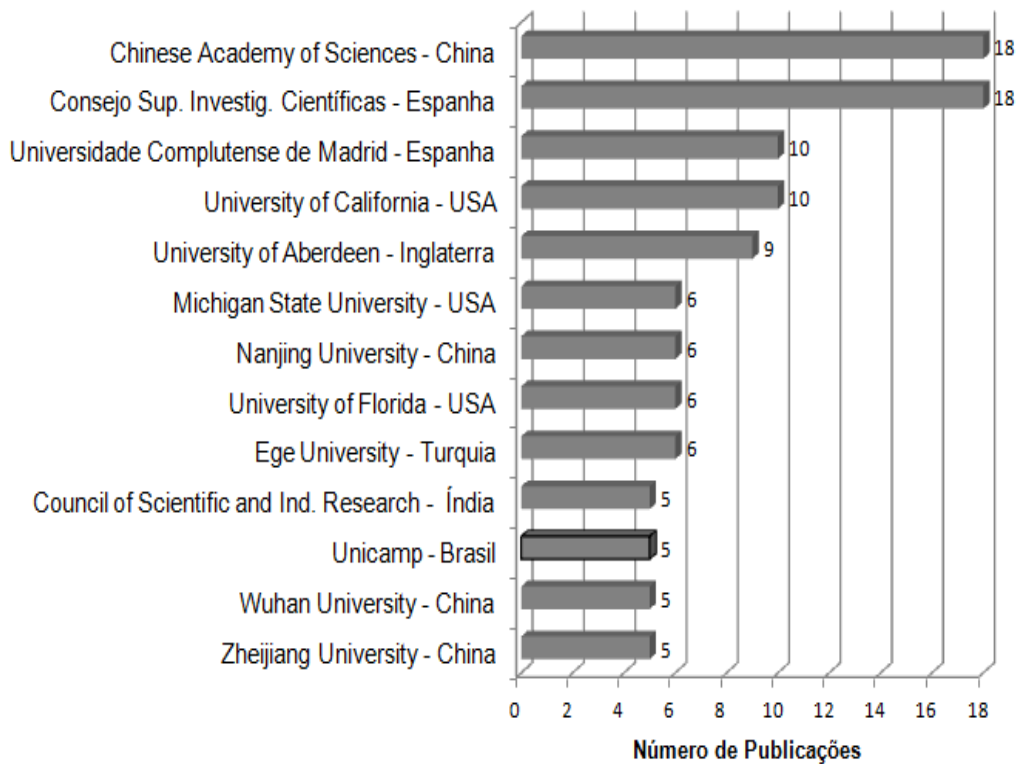
Os Gráficos 24 e 25 apresentam o ranking das principais instituições no total mundial e instituições brasileiras, que no período analisado tiveram o maior número de publicações relacionadas a Sensores, de acordo com a base de dados Cab Abstracts.

Os resultados partem de uma amostragem de dados, sendo que há uma grande limitação da Cab Abstracts em relação a indexação das instituições e países: a base recupera somente o país e instituição de filiação do primeiro autor da publicação. Com isso, a produção científica pode não ser necessariamente proporcional ao número de publicações na base, pois a partir dessa limitação, acaba não refletindo diretamente a produção.

Segundo o Gráfico 24, a China tem uma maior distribuição nas pesquisas por instituições de C&T entre as que mais publicam sobre sensores. Um fator importante é a distribuição em outros países como Espanha, USA, Inglaterra, Turquia e Índia, sendo que no total de publicações de nanotecnologia para o agronegócio (Gráfico 11) a maioria das instituições eram da China ou Estados Unidos.

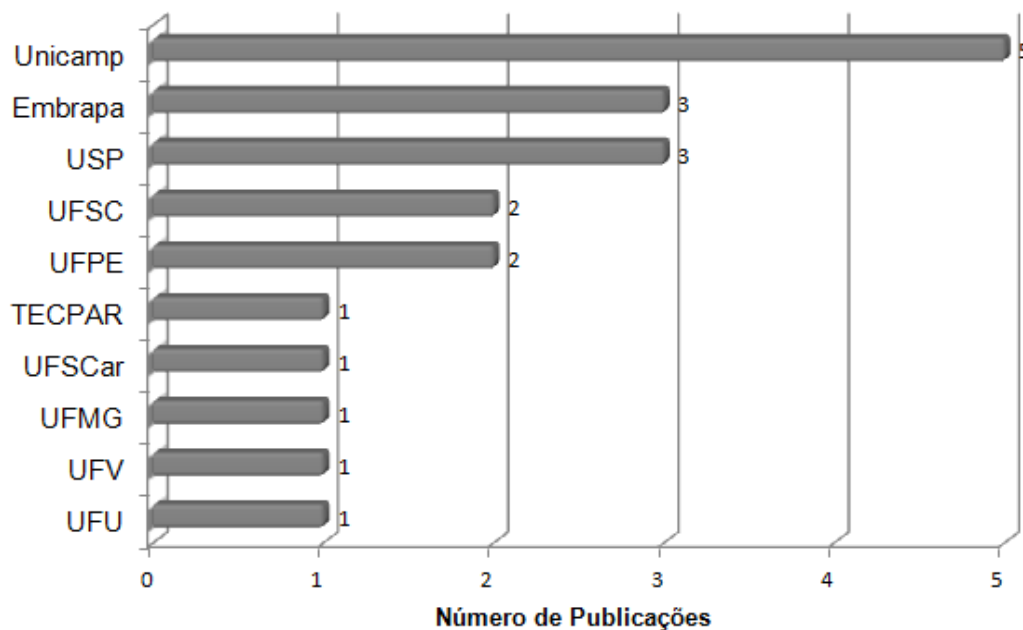
Destaque para a presença de uma instituição brasileira – Unicamp, que ocupa a 10^a posição, com 5 publicações. Igualmente no total de artigos, encontram-se uma instituição da Índia e duas instituições da China.

Gráfico 24 – Número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por Instituições, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

Gráfico 25 – Número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na Cab Abstracts, por Instituições brasileiras, 2001-2010



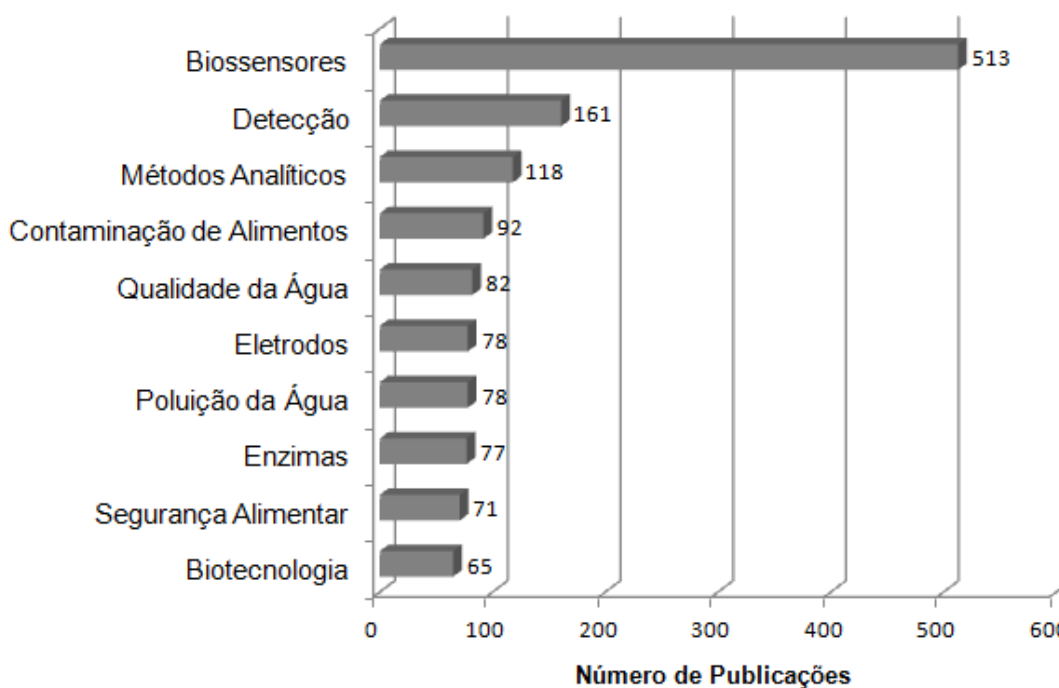
Fonte: Cab Abstracts (2011).

O Gráfico 25 revela que a Unicamp é a instituição que mais publica na área de Sensores, com 5 publicações, seguida pela Embrapa e USP, que possuem 3 publicações cada uma.

4.2.5 Assuntos mais publicados sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio

O Gráfico 26 apresenta as temáticas que estão sendo estudadas dentro do assunto Sensores, em nanotecnologia para o agronegócio, das publicações indexadas na Cab Abstracts, no período de 2001 a 2010.

Gráfico 26 – Assuntos mais publicados sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio, de acordo com Cab Abstracts, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

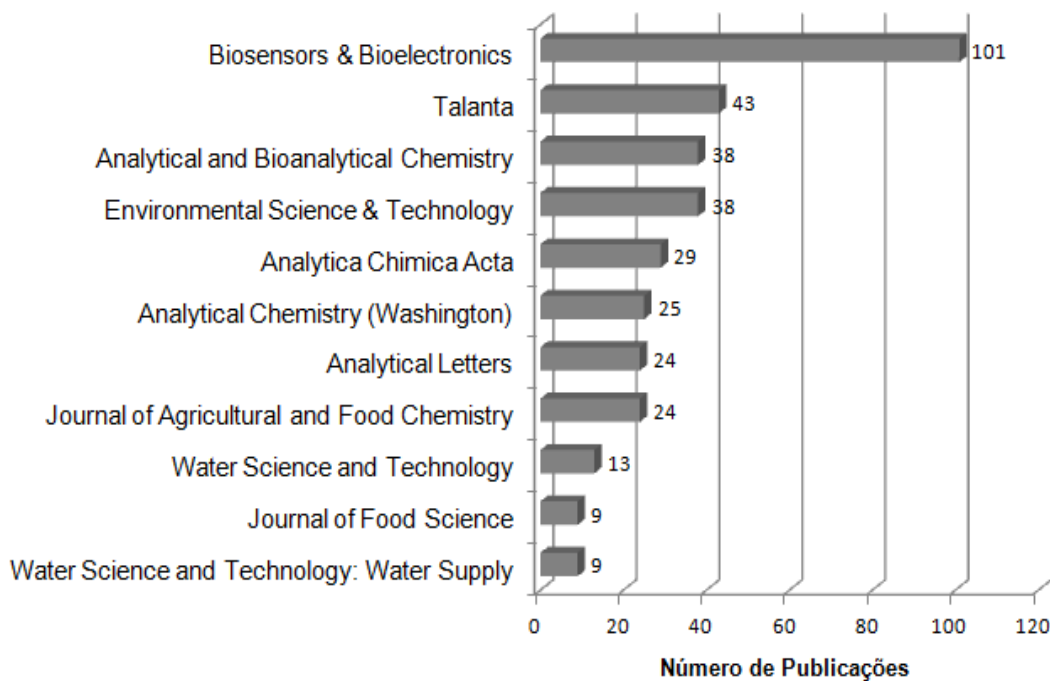
Ao analisar a temática Sensores, foi possível visualizar através da amostragem dos dados, os assuntos de maior incidência entre os pesquisadores, sendo que cada publicação pode ter mais de uma palavra-chave ou mais de um código. Os assuntos de maior relevância de acordo com a pesquisa do total de publicações em nanotecnologia para o agronegócio, além dos três principais do

ranking (Biossensores; Detecção; Métodos Analíticos) são: Contaminação de Alimentos; Qualidade da Água; Poluição da Água; e Segurança Alimentar.

4.2.6 Periódicos com maior número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio

Nesse item foram identificados os principais periódicos (Gráfico 27) utilizados para publicação sobre Sensores, na área de nanotecnologia para o agronegócio.

Gráfico 27 – Distribuição do número de publicações sobre sensores no contexto da nanotecnologia para o agronegócio indexadas na base Cab Abstracts, por periódicos científicos, 2001-2010



Fonte: Cab Abstracts (2011).

Os periódicos que apresentaram maior quantidade de publicações, conforme o Gráfico 27 foram: Biosensors & Bioelectronics, com 101 publicações, sendo o principal periódico internacional dedicado à pesquisa, desenvolvimento e aplicações de biossensores e bieletônica. Em segundo lugar, o periódico Talanta, com 43 publicações, sendo um periódico da área de química analítica, análise ambiental, geoquímica e ciência e engenharia dos materiais.

A partir dos dados e indicadores científicos elaborados, identifica-se a posição do assunto Sensores e dos avanços nas pesquisas, em relação aos métodos de detecção de contaminantes químicos e biológicos; rapidez nas análises e gastos mínimos de reagentes; monitoramento de pesticidas, meio ambiente e em diversos alimentos; detecção e quantificação de patógenos de plantas no campo; definição de posições com o auxílio de Sistema de Posicionamento Global (GPS), dentre outros.

5 CONCLUSÃO

A Ciência e Tecnologia possuem uma enorme importância na sociedade contemporânea, devido em parte, pela grande influência que exercem no desenvolvimento econômico, político e cultural dos países. Isto faz com que as expectativas de bem-estar social sejam definidas a ponto de produzir uma forte concorrência entre países para o desenvolvimento científico e tecnológico.

Paralelamente tem surgido a necessidade de avaliar o desempenho da atividade científica e seu impacto na sociedade com a finalidade principal de se adaptar adequadamente a alocação de recursos para P&D, sendo um elemento essencial na gestão e no planejamento científico de qualquer instituição ou país para conseguir um máximo de retorno sobre o investimento em pesquisa científica na área analisada.

A presente pesquisa caracterizou-se pela utilização de técnicas bibliométricas aplicadas a vários aspectos da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio, durante os anos de 2001 a 2010.

Foi possível comparar 3 bases de dados especializadas na área de Agricultura: Agris/Caris, Agricola e Cab Abstracts. Entre essas bases de dados, a que mostrou-se mais adequada para o estudo foi a base de dados Cab Abstracts devido ao maior número de publicações recuperadas em relação às outras duas e também pela viabilidade de recuperação do total de registros bibliográficos encontrados, enquanto que as outras bases de dados tinham recuperação limitada a certo número de registros.

Foi importante o uso das bases de dados Web of Science e Cab Abstracts para o estudo, pois elas apresentam características complementares. A WoS traz uma visão mais abrangente do tema do estudo, por ser multidisciplinar. Por ser também multifiliação – apresenta as instituições e países de afiliação de todos os autores das publicações indexadas – ela permite uma melhor avaliação de instituições e países nos casos de ranqueamento. A Cab Abstracts tem como vantagens uma cobertura mais exaustiva do assunto uma vez que é mais focada e tem número de publicações indexadas sobre o assunto muito superior à Web of Science. Outra característica importante da Cab Abstracts é o uso dos Cabicodes, um vocabulário controlado que a Web of Science não tem, que permite o desdobramento do estudo em sub-temas específicos, como foi o caso dos sensores.

A utilização das duas bases de dados buscou possibilitar que os resultados fossem mais completos e dessa forma caracterizassem com maior fidelidade a produção científica mundial e o contexto brasileiro na área.

Um dos fatores a considerar é que as bases de dados têm limites de catalogação de periódicos, por isso, restringem a indexação às revistas com maior reconhecimento mundial. Desta forma, a produção científica de um país não é necessariamente proporcional ao número de artigos publicados nas bases, sendo que os números precisam sempre ser entendidos levando em conta a dimensão de cada base, pois o número de documentos identificados pode não refletir diretamente a produção. Com isso, pode-se argumentar ter sido o Brasil prejudicado pelo baixo número de periódicos nacionais que são indexados nessas bases, pois “revistas científicas brasileiras com qualidade podem não estar indexadas em bases de dados internacionais por não corresponderem aos objetivos ou cobertura temática dessas bases de dados” (CASTRO, 2005, p. 29).

Outro ponto a destacar, é que a produção científica brasileira continua com baixa visibilidade porque é publicada em português, 33% dos artigos brasileiros são publicados em revistas nacionais, o que é considerado um número muito alto, e que, do total de revistas nacionais, apenas 40% estão em inglês. Com isso, os trabalhos brasileiros têm pouca repercussão internacional e baixa participação de cientistas estrangeiros, de acordo com dados de artigos de 2009 coletados em 2011 por Abel Packer e apresentado no II Seminário sobre o desempenho dos periódicos brasileiros no JCR (Jornal Citation Reports) (RIGHETTI, 2011).

Outras limitações se concentram na estrutura dos dados dispostos nas bases de dados, como a recuperação do endereço institucional de todos os autores das publicações – essencial na elaboração de mapas de colaboração internacional, padronização dos dados dos campos e descritores que atuam principalmente no processo de recuperação da informação – garantindo sua confiabilidade e os mecanismos de recuperação e/ou limite de registros. No caso da base de dados Cab Abstracts, nos registros aparecem apenas os dados de endereço e filiação (instituição e país) do primeiro autor.

Em relação à base de dados Web of Science, cuja cobertura é considerada mais abrangente, a crítica é sobre o favorecimento de países tidos como centrais, fazendo com que indicadores construídos a partir de seus dados não reflitam a participação dos países ditos periféricos. E de acordo com Sayão (1996), há

inúmeras críticas às bases de dados internacionais, pois “alega-se que essas bases representam essencialmente a ciência do primeiro mundo, publicada em idioma inglês e em periódicos de alta repercussão” (LIMA; VELHO; FARIA, 2007, p. 155).

A expressão de busca ideal deve proporcionar a recuperação de todas as publicações relevantes sobre o tema presente nas bases de dados utilizadas e, ao mesmo tempo, evitar a recuperação de publicações não-relevantes, para que com isso, resulte em um panorama fiel sobre o tema.

Nas situações reais, como a presente pesquisa, deve-se utilizar uma expressão de busca que leve ao melhor compromisso entre número de publicações relevantes não recuperadas e número de publicações não relevantes recuperadas, uma vez que, em geral, quando se minimiza o primeiro fator, o segundo aumenta e vice-versa. Por tratar-se de uma área relativamente nova, que recebe contribuições de diversas áreas do conhecimento, e ainda é pouco estudada através de técnicas bibliométricas, para a definição da expressão de busca adequada foi extremamente importante a colaboração de especialistas da área de nanotecnologia e agronegócio, escolhidos através de alguns artigos mais citados, recomendações e indicação, que a partir das percepções desses especialistas, foi elaborada uma nova expressão de busca o que tornou possível a coleta de dados e o tratamento bibliométrico para a construção dos indicadores.

Na análise da nanotecnologia para o agronegócio em geral, foi possível obter resultados sobre países, instituições e autores com publicações, além de assuntos e periódicos mais relevantes, possibilitando uma compreensão melhor da área.

Tendo em vista as limitações inerentes das bases de dados de origem e de problemas de registros, incluindo as bases utilizadas na pesquisa, a taxa de crescimento durante os 10 anos de estudo foi significativa, apresentando um avanço constante do número de publicações na área de nanotecnologia para o agronegócio. Este fato indica que a área está se fortalecendo e aumentando sua atuação em pesquisa científica.

Em relação ao Brasil, a pesquisa na área de nanotecnologia para o agronegócio apresentou nos últimos anos um crescimento importante, porém discreto quando comparado com a relevância do agronegócio brasileiro e seu papel na balança comercial do país e no crescimento do Produto Interno Bruto (PIB).

Quanto aos países, foi identificado que China e Estados Unidos destacam-se dos demais em número de publicações. Esses países alternaram a 1ª e 2ª posições

conforme a base de dados utilizada: Web of Science (EUA em 1^o), Cab Abstracts (China em 1^o). Nos últimos anos a China tem mostrado um dinamismo maior, indicando que tomará a primeira posição dos EUA de forma inquestionável. Quanto ao Brasil, o país aparece em posição de destaque, sendo o 8^o segundo a Web of Science e o 5^o segundo a Cab Abstracts. De qualquer forma, acima da 13^a posição que lhe é atribuída em rankings de publicação científica abrangendo todas as áreas do conhecimento feitos com a base de dados Web of Science. Também cabe destacar que no assunto, o Brasil tem em torno de 4% das publicações mundiais, acima dos cerca de 2% em análises de produção científica abrangendo todas as áreas do conhecimento na base de dados Web of Science. Esses números apontam para uma importância do país no desenvolvimento de novos conhecimentos no assunto e um avanço do assunto no universo de seus temas de pesquisa.

Os resultados de autores reforçam que o domínio do conhecimento científico em nanotecnologia para o agronegócio se concentra nos Estados Unidos e China, em ambas as bases de dados. Em relação às publicações de autores brasileiros, nota-se que a maioria vincula-se a instituições localizadas no Estado de São Paulo: USP, Unicamp, UFSCar, Unesp e Unidades da Embrapa. Isso mostra uma centralização da pesquisa, mas distribuída em várias instituições de C&T, o que pode apontar que há interesse na pesquisa em nanotecnologia para o agronegócio no Estado de São Paulo, em especial.

Além disso, quanto aos autores com maior produção científica em nanotecnologia para o agronegócio, foi interessante notar, segundo observação de pesquisadores especialistas no assunto, a presença tanto de autores por eles reconhecidos como também de alguns autores não reconhecidos. A presença no topo do ranking de autores reconhecidos por especialistas valida a própria análise. Já a presença de autores desconhecidos, em menor quantidade, indica que a construção desses rankings pode ser importante para a identificação de concorrentes não acompanhados e eventuais novos colaboradores de pesquisa.

Em relação às instituições e a produção científica na área, a China apresenta maior quantidade de pesquisas por instituição de C&T entre as que mais publicam, seguida pelos Estados Unidos. Isto indica que provavelmente esses países consideram a nanotecnologia para o agronegócio uma atividade estratégica, levando inclusive órgãos governamentais a publicarem na área, como é o caso do United States Department of Agriculture (USDA). Destaque para a USP, única instituição

brasileira presente entre as 10 instituições internacionais com maior número de publicações, ocupando a 9ª posição com 70 publicações.

Os gráficos das instituições brasileiras revelam que as três principais instituições que se destacam em ambas as bases de dados localizam-se no Estado de São Paulo, demonstrando uma centralização da pesquisa na área de nanotecnologia para o agronegócio no Brasil.

No que se refere às áreas do conhecimento, na Web of Science, as publicações se concentram principalmente em Química Analítica (cerca de 27%), Ciências Ambientais (com 14%) e Eletroquímica (cerca de 10%). Observa-se uma diversidade de áreas do conhecimento, o que pode indicar a necessidade de várias áreas do conhecimento no desenvolvimento do corpo científico em nanotecnologia para o agronegócio.

A Cab Abstracts nesse aspecto, utiliza códigos de classificação que permitem localizar categorias de assuntos gerais (Cabicodes), conseguindo ser mais específica por ser uma base de dados especializada em Agricultura e por contemplar um conjunto de classificações que permite inferir sobre as potenciais aplicações do conhecimento científico em especial na área de nanotecnologia para o agronegócio, podendo ainda indicar o que está sendo desenvolvido na área. Os Cabicodes de maior destaque foram: ZZ900 – Técnicas e Metodologia, PP200 – Recursos hídricos, X400 – Resíduos industriais e Efluentes, PP600 – Poluição e Degradação.

Os assuntos mais publicados em ambas as bases de dados foram:

- Pesticidas: A importância dos estudos com pesticidas referem-se à maior eficácia, menor uso de produtos químicos agrícolas, melhor controle das aplicações (pesticidas de liberação lenta) e alimentos mais seguros.
- Água: A utilização da nanotecnologia para tratamento de água, filtração e dessalinização oferece uma série de benefícios em termos de utilização segura/reuso de água.
- Sensores e Biossensores: Permitem com rapidez, precisão, simplicidade e a um custo baixo verificar a qualidade da água, se existem contaminantes, pesticidas, substâncias húmicas e metais pesados.
- Alimentos: As pesquisas e aplicações de nanotecnologias incluem nanosensores para melhorar a segurança alimentar, nanodispositivos para

rastreamento da cadeia de abastecimento alimentar, sistemas de entrega inteligentes; modificação de muitas características dos alimentos; embalagem e o monitoramento de alimentos.

- Solo: Identificação de contaminantes, alterações e limpeza de solos contaminados com metais pesados

Quanto aos periódicos, os que apresentaram maior número de publicações sobre nanotecnologia para o agronegócio, em ambas as bases de dados foram: Biosensors and Bioelectronics; Environmental Science & Technology; Analytica Chimica Acta; e Journal of Hazardous Materials. Segundo as duas bases de dados empregadas, há coincidência de 4 periódicos entre os 5 principais, sendo eles: Biosensors and Bioelectronics, Talanta, Environmental Science & Technology, Journal of Hazardous Materials. O conhecimento sobre quais são os principais periódicos da área foi considerada importante pelos especialistas para melhor direcionamento das publicações.

Na análise mais específica sobre o tema Sensores, realizado a partir dos dados da base Cab Abstracts foi percebido que há um crescimento do número de publicações, mas em um ritmo menor (33% de crescimento) nos últimos quatro anos (2007 a 2010) em comparação com a nanotecnologia para o agronegócio em geral (80%). Isso mostra que os sensores podem já ser um tema de pesquisa consolidado no contexto da nanotecnologia para o agronegócio.

Quanto aos países, foi identificado que os Estados Unidos e a China destacam-se dos demais, mas com os Estados Unidos em primeiro lugar, com 172 publicações, o que é muito significativo, pois, no cenário geral, a Cab Abstracts apontava a China em primeiro. Esse resultado mostra a importância do assunto Sensores para os Estados Unidos e sua condição de liderança no tema. Já o Brasil ocupa a 10^a posição, com 20 publicações, quando no quadro geral está na 5^a posição segundo a Cab Abstracts, o que aponta para importância relativa menor do tema para o país

Dentre os autores, nota-se que a maioria está vinculada a países da Europa, sendo que, apesar das instituições da China ocuparem a 1^a posição no ranking, um fator importante é a distribuição em outros países como Espanha, USA, Inglaterra, Turquia e Índia.

Os resultados também demonstram que: a Unicamp é a instituição brasileira que mais publica na área de sensores (destaque para sua presença entre as 10 instituições com maior número de publicações), com 5 publicações, seguida pela Embrapa e USP, que possuem 3 publicações cada uma.

Entre os assuntos de maior relevância de acordo com a pesquisa do total de publicações em nanotecnologia para o agronegócio, além dos três principais do ranking (Biossensores; Detecção; Métodos Analíticos) destaque para: Contaminação de Alimentos; Qualidade da Água; Poluição da Água; e Segurança Alimentar, que são possíveis aplicações de biossensores.

Já os periódicos que apresentaram maior quantidade de publicações foram *Biosensors & Bioelectronics* e *Talanta*.

Os resultados desta pesquisa são relevantes para a construção do conhecimento científico em nanotecnologia para o agronegócio, todavia devem-se considerar as limitações do estudo que “são passíveis de questionamento quando se propõe a conhecer a quantidade e a qualidade da ciência produzida por um país ou por determinada instituição” (SILVA, 2010, p. 64). Deve-se considerar também “que parte significativa das produções científicas pode não estar publicada nas revistas indexadas” (SILVA, 2010, p. 64).

As técnicas bibliométricas mostram que a pesquisa pode ser de grande utilidade para a descoberta de características da produção científica em nanotecnologia para o agronegócio. Espera-se que os resultados sejam de grande interesse para cientistas das instituições brasileiras, assim como para gestores da política científica do Brasil, visto que se revela uma grande parte da estrutura da produção científica em nanotecnologia e agronegócio, sua evolução ao longo dos 10 anos de estudo, as preferências temáticas que se tem publicadas e outras características não menos importantes.

A bibliometria mostrou-se uma ferramenta útil para quantificar os resultados científicos na área de nanotecnologia para o agronegócio, assim como já vem sendo utilizada para esse fim em outras áreas do conhecimento. Esse tipo de análise oferece um comportamento das irregularidades das áreas científicas no país, permitindo verificar a abertura da comunidade científica e seu desempenho na produção do conhecimento científico.

Espera-se que esta pesquisa contribua para futuros estudos sobre utilização da nanotecnologia para o agronegócio, bem como, propostas de aplicação das

técnicas bibliométricas como forma de análise, aliada aos métodos quantitativos de tratamento da informação científica, considerando a possibilidade da existência de fatores que podem ou não ser refletidos nesse tipo de estudo pela ausência de maior exploração e análise dos conteúdos presentes nas publicações científicas (SILVA, 2010).

Espera-se também que esse trabalho contribua para futuros estudos como forma de melhorar as limitações da pesquisa, sendo uma das possibilidades a melhoria da análise dos dados bibliográficos e do tratamento bibliométrico, submetendo esses dados a pesquisadores da área de nanotecnologia e agronegócio, coletando suas percepções e refazendo as análises, como uma forma de averiguar mudanças nos resultados e nos indicadores científicos.

Portanto, vale ressaltar a importância da realização de estudos exploratórios mobilizando diferentes bases de dados complementares, incluindo bases especializadas, como forma de contornar as limitações e as fragilidades inerentes às fontes de informação mais amplamente utilizadas para a análise da produção científica (GREGOLIN et al., 2005, p. 44).

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Cartilha sobre nanotecnologia**. Brasília/DF: UNICAMP/FUNCAMP, 2010a. Disponível em: <http://lqes.igq.unicamp.br/images/publicacoes/teses_livros_resumo_cartilha_abdi.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2011.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Panorama nanotecnologia**. Brasília: ABDI, 2010b. 180 p. (Série Cadernos da Indústria ABDI XIX). Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2011.
- AGROLINK. **A importância do agronegócio para o Brasil. 2010**. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/culturas/milho/noticia/a-importancia-do-agronegocio-para-o-brasil_119909.html>. Acesso em: 10 jun. 2011.
- ALENCAR, M. S. M. **Estudo de futuro através da aplicação de técnicas de prospecção tecnológica**: o caso da nanotecnologia. 2008. 174 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- ALENCAR, M.; PORTER, A.; ANTUNES, A. Nanopatenting patterns in relation to product life cycle. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 9, p. 1661-1680, nov. 2007.
- ALVAREZ, P. J. J.; LI, Q.; BRAME, J. Nanotechnology-enable water treatment and reuse for developing countries: emerging opportunities and challenges. p. 16-22. In: RIBEIRO, C. et al. International Conference on Food and Agriculture Applications of Nanotechnologies (NANOAGRI), 2010, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Aptor Software, 2010. 284 p. ISBN 9788563273024.
- ALVES, O. L. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. In: CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, n. 18, p. 23-40, ago. 2004. ISSN 14139375.
- AMARAL, R. M. et al. Criação de indicadores sobre o serviço de empréstimo entre bibliotecas da BCO/UFSCar através de análise bibliométrica automatizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIBLIOTECONOMIA, 2007, BRASILIA. **Anais...** Brasília: FEBAB, 2007.
- ANDRADE, M. M. **Introdução metodológica do trabalho científico**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.

BALAKRISHNAN, M. **Nanotecnologia e tratamento de água**: nova tecnologia, novas regras?. 2011. Disponível em:
<http://lqes.igmp.unicamp.br/canal_cientifico/pontos_vista/pontos_vista_artigos_opinia_o102-1.html?&lang=pt_br&output=json>. Acesso em: 02 jan. 2012.

BARROS, G. S. A. C.; ADAMI, A.C. O. **Exportação do agronegócio**: preços internacionais sobem, mas câmbio reduz atratividade em 2010. Piracicaba: USP/Cepea, 2011. 8 p.

BASTOS, E. C.; HEIN, N.; FERNANDES, F. C. Inserção da controladoria em artigos publicados em eventos científicos nacionais. **Revista de Contabilidade da UFBA**, v. 4, n. 1, p. 4-22, jan./abr. 2010. Disponível em:
<<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/rcontabilidade/article/view/3742/3351>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

BATALHA, M. O.; CHAVES, G. L. D.; SOUZA FILHO, H. M. C&T e I para a produção agropecuária brasileira: mensurando e qualificando gastos públicos. **RESR**, Piracicaba, SP, v. 47, n. 01, p. 123-146, jan./mar 2009.

BATISTELA, L.; SCHUTEL, S. A função do assessor jurídico para sucesso na tomada de decisão do empresário. **Revista Saber Humano**, Recanto Maestro, n. 1, p. 34-51, fev. 2011. Disponível em:
<http://www.ontopsicologia.org.br/arquivos/download/revista_saber_humano_n_1_an_tonio_meneghetti_faculdade_fev_2011.pdf?&lang=pt_br&output=json>. Acesso em: 10 jan. 2012.

BRANCO, A. L. O. C. **A produção de soja no Brasil**: uma análise econométrica no período de 1994-2008. 2008. 54 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2008.

BRASIL. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). **Estudo prospectivo – nanotecnologia**: 2008-2025. Brasília: ABDI; CGEE, 2008. 206 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil projeções do agronegócio 2010/2011 a 2020/2021**. Brasília: MAPA/AGE, 2011a. 59 p. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES%20DO%20AGRONEGOCIO%202010-11%20a%202020-21%20-%200.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Intercâmbio comercial do agronegócio**: principais mercados de destino. Brasília: MAPA/ACS, 2010a. 443 p. ISBN 978-85-7991-038-8.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Custos de produção agrícola**: a metodologia da Conab. Brasília: Conab, 2010b. 60 p. ISBN 978-85-62223-02-0.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. **Áreas nano**. 2011b. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/2034.html>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Comunicação Social. **Destaques: ações e programas do Governo Federal**. Brasília: Secretaria de Comunicação, 2009. 79 p.

BRAVO VINAJA, A. **Análisis bibliométrico de La producción científica de México em ciências agrícolas através de las bases de datos internacionales: AGRICOLA, AGRIS, CAB Abstracts, Science Citation Index, Social Science Citation Index y Tropag & Rural, en El período 1983-2002**. 2005. 397 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Biblioteconomía y Documentación, Univesidad Carlos III de Madrid, Getafe, 2005.

BRTUV. **A certificação do agronegócio**. 2007. Site. Disponível em: <<http://www.brtuv.com.br/view.php?idct=80&idst=1>>. Acesso em: 14 jul. 2011.

CAB ABSTRACTS. **Base de dados**. 2011. Disponível em: <<http://ovidsp.tx.ovid.com.ez87.periodicos.capes.gov.br/sp-3.4.0b/ovidweb.cgi?&S=JKJKFPCFJFDDHEOENCCLABIBLENIAA00&New+Database=Single|4>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

CABI. **CAB Abstracts**. 2011. Disponível em: <<http://www.cabi.org/default.aspx?site=170&page=1016&pid=125>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

CABI. **CABICODE alphabetical list**. 2011b. Disponível em: <<http://www.cabi.org/default.aspx?site=170&page=2164>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

CAPES. Portal de Periódicos. **AGRICOLA: NAL catalog**. 2010. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br.ez87.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=88&smn=88&type=b&base=aHR0cDovL2J1c2NhZG9yLnBlcmlyZGljb3MuY2FwZXMuZ292LmJyL1Y%2FaW5zdGl0dXRIPUNBUEVTJnBvcnRhbmD1OT1ZPJm5ld19sbmc9UE9SJMz1bmM9ZmluZC1kYi0xLXRpdGxIjR5cGU9YiZtb2RIPXRpdGxlc3Zhemxpc3Q9TiZzY2FuX3V0Zi0mdGlwb0J1c2NhPW9uJnNIYXJjaF90eXBIPWNvbnRhaW5zJnJlc3RyaWN0ZWQ9dW5yZXN0cmliZGVkZj9MCGZ5PTA%3D&scan_start=AGRICOLA+%3A+NAL+Catalog>. Acesso em: 20 jul. 2011.

CAPES. Portal de Periódicos. **AGRIS/CARIS International Information System for the Agricultural Sciences and Technology (FAO)**. 2010b. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br.ez87.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=88&smn=88&type=b&base=aHR0cDovL2J1c2NhZG9yLnBlcmlyZGljb3MuY2FwZXMuZ292LmJyL1Y%2FaW5zdGl0dXRIPUNBUEVTJnBvcnRhbmD1OT1ZPJm5ld19sbmc9UE9SJMz1bmM9ZmluZC1kYi0xLXRpdGxIjR5cGU9YiZtb2RIPXRpdGxlc3Zhemxpc3Q9TiZzY2FuX3V0Zi0mdGlwb0J1c2NhPW9uJnNIYXJjaF90eXBIPWNvbnRhaW5zJnJlc3RyaWN0ZWQ9dW5yZXN0cmliZGVkZj9MCGZ5PTA%3D&scan_start=AGRIS%2FCARIS+International+Information+System+for+the+Agricultural+Sciences+and+Technology+%28FAO%29>. Acesso em: 10 jul. 2011.

CAPES. Portal de Periódicos. **CAB Abstracts 1990-presente (Ovid)**. 2010c.

Disponível em:

<http://www.periodicos.capes.gov.br.ez87.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=88&smn=88&type=b&base=aHR0cDovL2J1c2NhZG9yLnBlcmllvZGljb3MuY2FwZXMuZ292LmJyL1Y%2FaW5zdGl0dXRIPUNBUEVTJnBvcnRhbD1OT1ZPJm5ld19sbmc9UE9SJMz1bmM9ZmluZC1kYi0xLXRpdGxIjR5cGU9YiZtb2RIPXRpdGxlcYzhemxpc3Q9TiZzY2FuX3V0Zj0mdGlwb0J1c2NhPW9uJnNIYXJjaF90eXBIPWNvbnRhaW5zJnJlc3RyaWN0ZWQ9dW5yZXR0cmllidGVkKjng9MCZ5PTA%3D&scan_start=CAB+Abstracts+1990%2Fpresente+%28Ovid%29>. Acesso em: 10 jul. 2011.

CAPPER, S. **Novo método para detectar genes revela doenças**. Dez. 2006. Não paginado. Disponível em:

<http://www.swissinfo.ch/por/Capa//Novo_metodo_para_detectar_genes_revela_doenças.html?cid=5613750>. Acesso em: 14 nov. 2011.

CASTRO, R. C. F. Procedimentos para indexação dos periódicos científicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDITORES CIENTÍFICOS, 10., São Pedro. **Anais...** São Pedro: ABEC, 2005. p. 1-29. Disponível em:

<http://www.eventos.bvsalud.org/abec/public/documents/Regina_minicursoABEC_criterios-094443.pdf?&lang=pt_br&output=json>. Acesso em: 15 nov. 2011.

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS. **Plano diretor do CBPF, 2006 – 2010**: planejamento estratégico do CBPF. Rio de Janeiro: CBPF, 2006. 76 p.

CHAMAS, C. I. Nanotechnology intellectual property in Brazil: preliminary research note. **World Patent Information**, v. 30, n. 2, p. 146-149, jun.2008.

CHAUDHRY, Q.; CASTLE, L. General insights on issues emerging from food applications. p. 6-12. In: RIBEIRO, C. et. al. International Conference on Food and Agriculture Applications of Nanotechnologies (NANOAGRI), 2010, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Aptor Software, 2010. 284 p. ISBN 9788563273024.

CRUVINEL, P. E. **Agronegócio e oportunidades para o Brasil**. Brasília: FNE/Embrapa, 2009. 18 p. (Nota técnica produzida para o projeto Cresce Brasil + Engenharia + Desenvolvimento).

DULLEY, R. D. **Nanotecnologia para o agronegócio**: explorando o futuro. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 2004. Disponível em:

<<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1640>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

DULLEY, R. D.; SOUZA, M. C. M. de. **Vocabulário português-inglês e inglês-português dirigida à economia agrícola**. Instituto de Economia Agrícola, 2011.

DURÁN, N.; MATTOSO, L. H. C.; MORAIS, P. C. de. **Nanotecnologia**: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: Artliber, 2006. 208 p.

DYMINSKI, D. S. **Utilização potencial da língua eletrônica na indústria de alimentos e bebidas**. 2006. 169 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Agronegócio ganha laboratório de nanotecnologia de R\$ 4 milhões**. 2011. Disponível em: <http://www.cnpdia.embrapa.br/noticia_13042006_1.html>. Acesso em: 20 jun. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Embrapa monta cadeia produtiva do café para mostrar a aplicação da língua eletrônica na Nanotec 2006**. Disponível em: <http://www.cnpdia.embrapa.br/noticia_31102006.html>. Acesso em: 14 fev. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Nanotecnologia: obter o máximo, do mínimo**. Jun. 2010. 10 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Laboratório de nanotecnologia da Embrapa pesquisa plásticos biodegradáveis**. 2009. Disponível em: <<http://www.cnpem.org.br/blog/2009/07/22/laboratorio-de-nanotecnologia-da-embrapa-pesquisa-plasticos-biodegradaveis/>>. Acesso em: 10 out. 2011.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. National Agricultural Library. **Agricola: specifications for cataloging and indexing records from the National Agricultural Library**. 2011. Disponível em: <<http://agricola.nal.usda.gov/help/AGRICOLADoc2011.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

ETC GROUP. **A invasão invisível do campo: o impacto das nanotecnologias na alimentação e na agricultura**. Trad. de José F. Pedroso. Ottawa, 2004. 61 p. Disponível em: <www.etcgroup.org/upload/publication/.../invasaoformateada.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2011.

ETC GROUP. **Manual de bolso das tecnologias em nanoescala ... e a teoria do "Little BANG"**. Trad. de Flavio Borghetti. 2005. Disponível em: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/57/01/tinyp_portuguesfinal.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2011.

FARHANG, B. Nanotechnology and applications in food safety. In: Barbosa-Canovas, G., Mortimer, A., Lineback, D., Spiess, W., Buckle, K., Colonna, P (Ed.). **Global issues in food science and technology**. United States of America: Elsevier Inc., 2009. p. 401-10.

FARIA, L. I. L. **Informação tecnológica e seleção de materiais: estudo de caso sobre pastilha de freio automotivo**. 1997. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

FARIA, L. I. L. **Prospecção tecnológica em materiais**: aumento da eficiência do tratamento bibliométrico: aplicação na análise de tratamentos de superfície resistentes ao desgaste. 2001. 213 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

FARIA, L. I. L. et al. Análise da produção científica a partir de publicações em periódicos especializados. In: **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, 2011. v. 1, Cap. 4, p. 1-71.

FERNANDES, M. F. M.; FILGUEIRAS, C. A. L. Um panorama da nanotecnologia para o Brasil (e seus macro-desafios). **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2205-2213, 2008. ISSN 0100-4042.

FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1860-1870, 2009.

FOLADORI, G.; INVERNIZZI, N. (Coord.). **Nanotecnologias en la alimentacion y agricultura**. Montevideo: Universidad de la República, Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM), 2008. 116 p. (Documentos de extensión universitaria ; 6).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Agricultura, comercio y seguridad alimentaria**: cuestiones y opciones para las negociaciones de La OMC desde La perspectiva de los países em desarrollo. FAO, Dirección de Productos Básicos y Comercio, 2000. v. 2. Cap 6 India. Disponível em: <http://www.fao.org/DOCREP/003/X8731s/x8731s07.htm#P5_46>. Acesso em 18 set. 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAO/WHO Expert meeting on the application of nanotechnologies in the food and agriculture sectors**: potential food safety implications: Meeting Report. Rome: FAO/WHO, 2009. 104 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Knowledge and information sharing through the AGRIS Network**. 2011. Disponível em: <<http://agris.fao.org/knowledge-and-information-sharing-through-agris-network>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

FRANCO, L. Agronegócio da China. **Revista Globo Rural**, maio 2004. Não paginado. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC724914-1641,00.html>>. Acesso em: 18 set. 2011.

FURTADO, R. F. et al. **Aplicações de biossensores na análise da qualidade de alimentos**. Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 22 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 117).

GALEMBECK, F.; RIPPEL, M. M. Nanotecnologia: estratégias institucionais e de empresas. In: **Estudos Estratégicos**. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2004. p. 6-120.

GANGAS, M. B.; ZULUELA, M. A. Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. **Revista Española de Cardiología**, v. 52, n. 10, p. 790-800, out. 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONDIM, A. R. **Missão agropecuária brasileira na China**. Brasília: MAPA, 2011. Não paginado. Disponível em: <<http://diariodooeste.com.br/missao-agropecuaria-brasileira-vai-a-china,2698/>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

GREGOLIN, J. A. R. et al. Análise da produção científica a partir de indicadores bibliométricos. In: **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004**. São Paulo: FAPESP, 2005. Cap. 5, p. 1-44.

HULLMANN, A.; MEYER, M. Publications and patents in nanotechnology. **Scientometrics**, Hungria, v. 58, n. 3, p. 507-527, jun. 2003.

HOSSEINI, S. J. F.; DEHYOURI, S.; MIRDAMADI, S. M. The perception of Agrigultural researches about the role of nanotechnology in achieving food security. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 37, p. 6152-6157, set. 2010.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S.; FRANCO, F. M. M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009. 1986 p.

HUYGHEBAERT, A.; HUFFEL, X. V.; HOUINS, G. **International Symposium Nanotechnology in the food chain: opportunities & risks**. Bruxelas, Bélgica, nov. 2010. 139 p.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **EMBRAPA quer língua eletrônica no mercado**. 2002. não paginado. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010110020829&lang=pt_br&output=json>. Acesso em: 12 set. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **O Brasil em 4 décadas**. Rio de Janeiro: IPEA, 2010. 100 p. (Texto para discussão 1500). Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicacoes/tds/td_1500.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2011.

INTERNATIONAL COUNCIL OF NANOTECHNOLOGY (ICON). **A review of current practices in the nanotechnology industry: phase two report: survey of current practices in the nanotechnology workplace**. Califórnia: The International Council on Nanotechnology, University of California, Santa Barbara, 2006. Disponível em: <http://nano.iiep.org.br/sites/default/files/ICON_nano_praticas.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2011.

INVERNIZZI, N.; FOLADORI, G. As nanotecnologias como solução da pobreza?. **Inclusão Social**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 66-72, abr./set. 2006.

IPPOLITO, C. **Análise comparativa da aquisição e circulação de periódicos em bibliotecas da Universidade de São Paulo na área médica e afim: uma metodologia bibliométrica**. 1973. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação) – Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1973.

ITALIAN TRADE COMMISSION. **Market report on China: biotechnology and nanotechnology industries**. 2009. Não paginado. Disponível em: <<http://www.ice.gov.it/paesi/asia/cina/upload/174/Market%20Report%20on%20China%20Biotechnology%20and%20Nanotechnology%20Industries.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

JOSEPH, T.; MORRISON, M. **Nanoforum Report: nanotechnology in agriculture and food**. [s.l.]: Institute of Nanotechnology, 2006. Disponível em: <<http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2011.

LIMA, R. A. **Análise bibliométrica da atividade científica em bioprospecção (1986-2006)**. Campinas, SP: [s.n.], 2007.

LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L. Delimitação de uma área multidisciplinar para análise bibliométrica de produção científica: o caso da Bioprospecção. **TransInformação**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 153-168, maio/ago. 2007.

LÓPEZ PIÑERO, J. M.; TERRADA, M. L. Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad medico-científica: (II) la comunicación científica en las distintas áreas de las ciencias médicas. **Medicina Clínica**, Barcelona, v. 98, n. 3, p. 101-106, 1992.

LOURENÇO, J. C. **A evolução do agronegócio brasileiro no cenário atual**. 2008. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/a-evolucao-do-agronegocio-brasileiro-no-cenario-atual/24824/>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

LOZANO DÍAS, I. A.; RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, Y. R. Análisis bibliométrico de las Ciencias Agropecuarias Cubanas vistas a través de Cubaciencia, durante el período 2000-2008. In: JORNADA NACIONAL BIBLIOTECARIA, 7., 2009, Salón. **Anais...** Salón: BNCT-IDICT, 2009.

LYRA, T. M. P.; GUIMARÃES, J. A. Produção científica brasileira em comparação com o desempenho mundial em ciências agrárias. **Planejamento e Políticas públicas**, n. 30, jun./dez. 2007.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, maio/ago. 1998.

MARICATO, J. M. O impacto do portal de periódicos da CAPES na produção científica da área de plasma no Brasil. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 12, n. 2, p. 98-117, maio/ago. 2007.

MARTÍNEZ DE ARMAS, R. L. et al. **Estudio bibliométrico de la temática de agricultura en la base de datos Cubaciencia** [en línea]. CONGRESO INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN INFO-97, La Habana, Cuba, 1997. Disponível em: <<http://www.congreso-info.cu/UserFiles/File/Info/Info97/Ponencias/164.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2011.

MARTINS, P. R. et al. **Nanotecnologias na indústria de alimentos**. 2007. Disponível em: <http://www.pucsp.br/eitt/downloads/vi_ciclo_paulomartins_marisabarbosa_nano_puc.pdf>. Acesso em: 10 out. 2011.

MARTINS, P. R.; RAMOS, S. F. (Coord.). **Impactos das nanotecnologias na cadeia produtiva da soja brasileira**. São Paulo: Xamã, 2009. 158 p.

MARTINS, P. R. Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável. In: MARTINS, P. R. (Org.). **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Xamã, 2006. 344 p.

MELO, C. P.; PIMENTA, M. Nanociências e nanotecnologia. In: CENTRO de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). **Parcerias estratégicas**, Brasília, DF, n. 18, p. 1-248, ago. 2004.

MILLER, G., SENJEN, R. Del laboratorio a la cadena alimenticia: la nanotecnología en los alimentos y la agricultura. Trad. de Laura Perez. In: FOLADORI, G.; INVERNIZZI, N. (Coord.). **Nanotecnologias en la alimentacion y agricultura**. Montevideo: Universidad de la República, Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM), 2008. 116 p. (Documentos de extensión universitaria ; 6).

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Perfil do agronegócio mundial**. Belo Horizonte: Superintendência de Política e Economia Agrícola, 2011. 87 p.

MIYAZAKI, K.; ISLAM, N. Nanotechnology systems of innovation: an analysis of industry and academia research activities. **Technovation**, v. 27, n. 11, p. 661-675, nov. 2007.

MOLINS, R. Oportunidades y amenazas de la nanotecnología para la salud, los alimentos, la agricultura y el ambiente. **COMUNIC4**, año 4, p. 38-53, jan.-abr. 2008. Disponível em: <<http://www.infoagro.net/salud/temas%20actualidad/Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

MORARU, C. et al. Food nanotechnology: current developments and future prospects. In: BARBOSA-CANOVAS, G. et al. **Global issues in food science and technology**. United States of America: Elsevier Inc., 2009. p. 369-400. ISBN: 978-0-12-374124-0.

MOURA, E.; URBINA, L. M. S.; SILVA, A. C. **Uma visão estratégica sobre o curso de nanotecnologia do ITA**. [2005]. Disponível em: <http://www.bibl.ita.br/xiencita/Artigos/Mec01.pdf?&lang=pt_br&output=json>. Acesso em: 10 out. 2011.

MUGNAINI, R., JANNUZZI, P. M., QUONIAM, L. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 123-131, maio/ago. 2004.

NANOTECNOLOGIA: a manipulação do invisível. **Revista Nanotecnologia: novas tecnologias**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.boell-latinoamerica.org/downloads/RevistaNanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2011.

OLIVEIRA, D. C. **Percepções sobre pobreza e desigualdade social de uma elite do agronegócio**. [2008]. Disponível em: <http://www.coluoiointernacional.unimontes.br/2008/arquivos/115daniel_coelho_de_oliveira.pdf?&lang=pt_br&output=json>. Acesso em: 10 set. 2011.

OLIVEIRA, A. U.; STEDILE, J. P. **A natureza do agronegócio no Brasil**. Brasília: Via Campesina Brasil, 2005. 51 p.

PADILHA JUNIOR, J. B. **Agronegócio**. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias – DERE. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~cprod/disciplinas/PROD0060/Agronegocio_Texto.pdf>. Acesso em 21 jun. 2011.

PARTICIPACAO de São Paulo na produção científica mundial cresce 41%. **Brasil Inovação**. 2011. Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=4477&bd=1&pg=1&lq=>>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

PENTEADO FILHO, R. C. et al. Aplicação da bibliometria na construção de indicadores sobre a produção científica da Embrapa. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA E DESTÃO DO CONHECIMENTO, 3.; CONGRESSO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO, 1., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: KM Brasil, 2002. p. 11101-11115.

PENTEADO FILHO, R. C.; AVILA, A. F. D. **Embrapa Brasil: análise bibliométrica dos artigos na Web of Science (1977–2006)**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2009. 116 p. (Texto para Discussão 36, ISSN 1677-5473 ; 36).

PERSSON, O. A tribute to Eugene Garfield: discovering the intellectual base of his discipline. **Current Science**, v. 79, n. 5, p. 590-591, set. 2000.

PINTO FILHO, H. S. S.; ALENCAR, J. R. A importância do agronegócio brasileiro nas relações comerciais entre Brasil e China. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Embrapa, 2006. 20 p.

PORTAL DO AGRONEGOCIO. **Agronegócio: o que é?**. 2011. Não paginado. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/texto.php?p=oquee>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

PORTER, A. et al. Refining search terms for nanotechnology. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 10, n. 5, p. 715-728, out. 2007.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics? **Journal of Documentation**, [s. l.], v. 25, n.4, p. 348-349, dez. 1969.

RAMOS, S. F. et al. Reflexões acerca das nanotecnologias e as novas densidades técnicas-científicas informacionais na agricultura. **Estudios Sociales**, Universidad de Sonora, México, v. 17, n. 34, 2009, p. 312-324. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=41711502013>>. Acesso em 10 jan. 2011.

RAO, I. K. R. **Métodos quantitativos em biblioteconomia e ciência da informação**. Daniel F. Sullivan (trad.). Brasília: ABDF, 1986. 269 p.

RAULINO, A. L. P.; MEIRELES, E. C. Oportunidades de fomento do agronegócio brasileiro diante dos contornos de uma crise mundial de alimentos: repercussões para o Rio Grande do Norte no comércio internacional. **Observatório – Monografias em Comércio Exterior**, ano 2, v. 1, p. 214-256, 2009. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/comex/article/viewFile/297/249?&lang=pt_br&output=json>. Acesso em: 10 nov. 2011.

RIGUETTI, S. **Língua portuguesa esconde produção científica nacional**. 20 set. 2011. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/977932-lingua-portuguesa-esconde-producao-cientifica-nacional.shtml>>. Acesso em: 05 out. 2011.

RETI, J. **Nanotecnologia na agricultura aumenta seu papel social e de inclusão**. 2007. não paginado. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2007/outubro/2a-semana/nanotecnologia-na-agricultura-aumenta-seu-papel-social-e-de-inclusao/?&lang=pt_br&output=json>. Acesso em: 14 out. 2011.

ROCO, M. C.; ALIVISATOS, W. P. (Eds.). **Nanotechnology research directions: vision for nanotechnology in the next decade**. Maryland: WTEC, Loyola College, set. 1999. Disponível em: <<http://www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Research.Directions/>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

RODRIGUES, R. O céu é o limite para o agronegócio brasileiro. **Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 11, p. 14-15, nov. 2006.

ROSTAING, H. **La bibliométrie et ses techniques**. Collection "Outils et méthodes", co-édition sciences de la société et CRRM - Centre de Recherche Rétrospective de Marseille. Marseille. 1996.

SAES, S. G. **Estudo bibliométrico das publicações em economia da saúde, no Brasil, 1989-1998**. 2000. 104 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANCHO, R. Indicadores bibliometricos utilizados en la evaluación de la ciência y la tecnologia: revision bibliográfica. **Revista Española de Documentación Científica**, Madrid, v. 13, n. 3-4, p. 842-65, 1990.

SANGUANSRI, P.; AUGUSTIN, M. A. Nanoscale materials development e a food industry perspective. **Trends in Food Science & Technology**, n. 17, p. 547-556, 2006.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo: razão e emoção**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1996.

SANTOS, R. N. M. et al. Análise cienciométrica de produção científica por meio de dissertações e teses: uma experiência brasileira. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INDICADORES DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 7., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: RICYT, 2007. p. 1-13.

SASTRY, R. K. et al. Integrating nanotechnology into agri-food systems research in India: a conceptual framework. **Technological Forecasting & Social Change**, n. 77, p. 639–648, 2010.

SAYÃO, L. F. Bases de dados: a metáfora da memória científica. **Ciência da Informação**, v. 25, n. 3, 1996.

SCHUTZ & KANAMATA. **Agriculture – Agricultura**: glossário de termos usados na agricultura. 2010. Disponível em: <<http://www.sk.com.br/sk-agr.html>>. Acesso em: 15 maio 2011.

SEARCH TECHNOLOGY. **VantagePoint**: user's guide. Version 5.0. The Corners Parkway, Search Technology, Inc. 1997-2006. 183 p.

SILVA, M. R. **Análise bibliométrica da produção científica docente do Programa de Pós-graduação em Educação Especial da UFSCar**. 2004. 168 f. Dissertação (Mestrado em Educação Especial) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

SILVA, V. J. B. **Produção do conhecimento científico e tecnológico por meio da análise dos registros bibliográficos dos artigos científicos e patentes sobre espécies vegetais da biodiversidade amazônica**. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Humanas e Letras, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

SPINAK, E. **Diccionario enciclopédico de bibliometría, ciencia métrica e informetría**. Caracas: UNESCO, 1996.

SPINAK, E. Indicadores científicos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 141-148, maio/ago.1998.

TECNANO. **Nanotecnologia para agricultura**. Site. 2011. Disponível em: <<http://www.tecnano.com.br/tecnano/sejam-bem-vindos/>> Acesso em: 15 jun. 2011.

TENOPIR, C.; KING, D.W. A importância dos periódicos para o trabalho científico. **Revista de Biblioteconomia de Brasília**, Brasília, p. 15-26, v. 25, n. 1, 2001.

THE ROYAL SOCIETY. **Knowledge, networks and nations: global scientific collaboration in the 21st century**. 2011. ISBN: 978-0-85403-890-9. Disponível em: <http://royalsociety.org/uploadedFiles/Royal_Society_Content/Influencing_Policy/Reports/2011-03-28-Knowledge-networks-nations.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2011.

THOMSON REUTERS. **CAB Abstracts (através de ISI Web of Knowledge)**. 2011. Disponível em: <<http://science.thomsonreuters.com/pt/produtos/cab/>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

THOMSON REUTERS. **Web of Science**. 2011b. Disponível em: <<http://science.thomsonreuters.com/pt/produtos/wos/>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

TOMA, H. E. Interfaces e organização da pesquisa no Brasil: da química à nanotecnologia. **Química Nova**, v. 28, suppl, 2005, pp. S48-S51.

TORRES, J. D. **Nanosilica modificada com ácido carboxílico para liberação controlada de herbicidas**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química da Universidade de Brasília Brasília, 2007.

VAN DE KOKEN, F. S. C. **Nanotecnologia para o agronegócio: um estudo econômico do uso da "língua eletrônica" na cafeicultura**. 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Vitória, 2006.

VAN RAAN, A. F. J. Scientometrics: state-of-the-art. **Scientometrics**, v. 38, n. 1, p. 205-218, 1997.

VANTI, N. A. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 152-162, maio/ago. 2002.

VANZ, S. A. S.; STUMPF, I.R.C. Procedimentos e ferramentas aplicados aos estudos bibliométricos. **Informação & Sociedade: Estudos**, João Pessoa, v. 20, n. 2, p. 67-75, maio/ago. 2010.

VELHO, L. A avaliação do desempenho científico. **Cadernos USP**, São Paulo, n. 1, out. p. 22-40. 1986.

VIEIRA, E. P.; BRIZOLLA, M. M. B. A influência da mecanização da atividade agrícola na composição do custo de produção. In: CONGRESSO ANPCONT - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS, 1., 2007, Blumenau. **Anais...** Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2007. p. 1-12.

ZHU, D. et al. A process for mining science & technology documents databases illustred for the case of knowledge discovery and data mining. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 28, n.1, jan. 1999.

ZYLBERSZTAJN, D. **Estruturas de governança e coordenação do agribusiness: uma aplicação da nova economia das instituições.** 239 f. 1995. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WEB OF SCIENCE. **Base de dados.** 2011. Disponível em: <<http://isiknowledge.com/>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

WILKINSON, J. Transformações e perspectivas dos agronegócios brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 26-34, 2010 (supl. especial).

ANEXO A – Ranking mundial de produção e exportação de produtos agropecuários

- **Produto:** Café (produção)

Tabela 7 – Café: produção – ranking dos países (safra 2010/2011)

Posição	País	Produção (mil sacas de 60 Kg)	Participação %
1°	Brasil	54.500	39,2
2°	Vietnã	18.725	13,5
3°	Indonésia	9.000	6,5
4°	Colômbia	9.000	6,5
5°	Índia	5.125	3,7
6°	México	4.500	3,2
7°	Etiópia	4.400	3,2
8°	Peru	4.000	2,9
9°	Guatemala	4.000	2,9
Demais Países (42)		25.834	18,6
Produção Total		139.084	100,0

Fonte: United States Department of Agriculture (USDA) (2011 apud MINAS GERAIS, 2011, p. 37).

- **Produto:** Café (exportação)

Tabela 8 – Café: exportação – ranking dos países (safra 2010/2011)

Posição	País	Produção (mil sacas de 60 Kg)	Participação %
1°	Brasil	32.000	30,5
2°	Vietnã	17.430	16,6
3°	Colômbia	8.650	8,2
4°	Indonésia	7.400	7,0
5°	Índia	4.075	3,9
6°	Peru	3.900	3,7
7°	Guatemala	3.850	3,7
8°	Honduras	3.300	3,1
9°	México	2.900	2,8
Demais Países (37)		21.462	20,4
Produção Total		104.967	100,0

Fonte: USDA (2011 apud MINAS GERAIS, 2011, p. 38).

- **Produto:** Açúcar (produção)

Tabela 9 – Açúcar: produção – ranking dos países (safra 2010/2011)

Posição	País	Produção (mil sacas de 60 Kg)	Participação %
1°	Brasil	38.150	23,7
2°	Índia	26.650	16,6
3°	União Européia	15.091	9,4
4°	China	11.303	7,0
5°	Tailândia	9.160	5,7
6°	Estados Unidos	7.213	4,5
7°	México	5.550	3,4
8°	Paquistão	3.920	2,4
9°	Austrália	3.800	2,4
Demais Países (88)		40.111	24,9
Produção Total		160.948	100,0

Fonte: USDA (2011 apud MINAS GERAIS, 2011, p. 42).

- **Produto:** Açúcar (exportação)

Tabela 10 – Açúcar: exportação – ranking dos países (safra 2010/2011)

Posição	País	Produção (mil sacas de 60 Kg)	Participação %
1°	Brasil	25.650	48,8
2°	Tailândia	6.900	13,1
3°	Austrália	2.750	5,2
4°	Guatemala	1.808	3,4
5°	Emirados Árabes Unidos	1.710	3,3
6°	México	1.382	2,6
7°	União Européia	1.010	1,9
8°	Colômbia	790	1,5
9°	Arábia Saudita	560	1,1
Demais Países (75)		10.043	19,1
Produção Total		52.603	100,0

Fonte: USDA (2011 apud MINAS GERAIS, 2011, p. 43).

- **Produto:** Fruticultura (laranja) (produção)

Tabela 11 – Laranja: produção – ranking dos países (safra 2010/2011)

Posição	País	Produção (mil sacas de 60 Kg)	Participação %
1°	Brasil	17.135	33,4
2°	Estados Unidos	7.974	15,5
3°	União Européia	6.110	11,9
4°	China	5.500	10,7
5°	México	4.100	8,0
6°	Egito	3.645	7,1
7°	Turquia	1.710	3,3
8°	África do Sul	1.650	3,2
9°	Marrocos	905	1,8
Demais Países (9)		2.650	5,2
Produção Total		51.379	100,0

Fonte: USDA (2011 apud MINAS GERAIS, 2011, p. 52).

- **Produto:** Carne bovina (exportação)

Tabela 12 – Carne bovina: exportação – ranking dos países (2011)

Posição	País	Produção (mil sacas de 60 Kg)	Participação %
1°	Brasil	1.600	20,7
2°	Austrália	1.350	17,4
3°	Estados Unidos	1.123	14,5
4°	Índia	1.000	12,9
5°	Canadá	525	6,8
6°	Nova Zelândia	478	6,2
7°	Uruguai	350	4,5
8°	Paraguai	310	4,0
9°	União Européia	295	3,8
Demais Países (22)		716	9,2
Produção Total		7.747	100,0

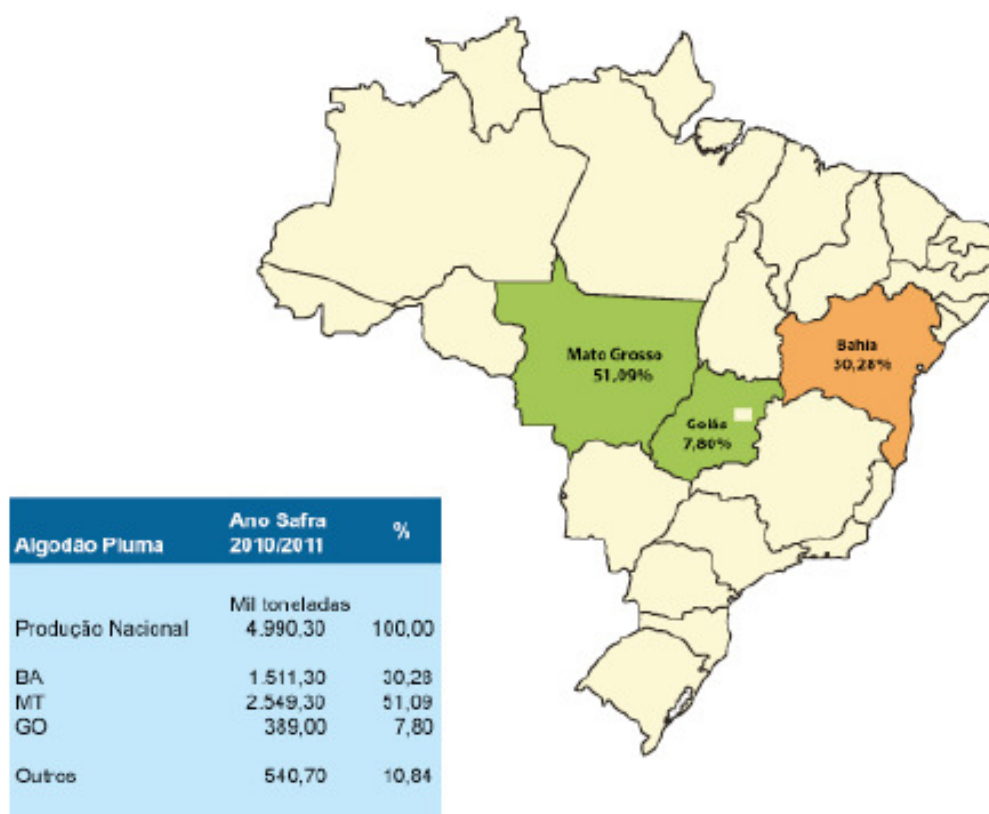
Fonte: USDA (2011 apud MINAS GERAIS, 2011, p. 75).

ANEXO B - Tendências dos principais produtos do agronegócio

- **Algodão:** atualmente a produção de algodão no Brasil ocorre predominantemente em três estados, Mato Grosso, 51%, Bahia, 30,2%, e Goiás, 7,8% (BRASIL, 2011a) (Figura 9).

As projeções para o algodão indicam um aumento da produção de 1,6 milhão de toneladas em 2010/2011 para 2,4 milhões de toneladas em 2020/2021. Essa expansão corresponde a uma taxa de crescimento de 4,3% ao ano durante o período 2010/11 a 2020/2021. O consumo desse produto no Brasil deve crescer a uma taxa anual de 1,0% nos próximos onze anos alcançando um total de 1,1 milhão de toneladas em 2020/2021. (BRASIL, 2011a, p. 9).

Figura 9 – Produção nacional de algodão pluma

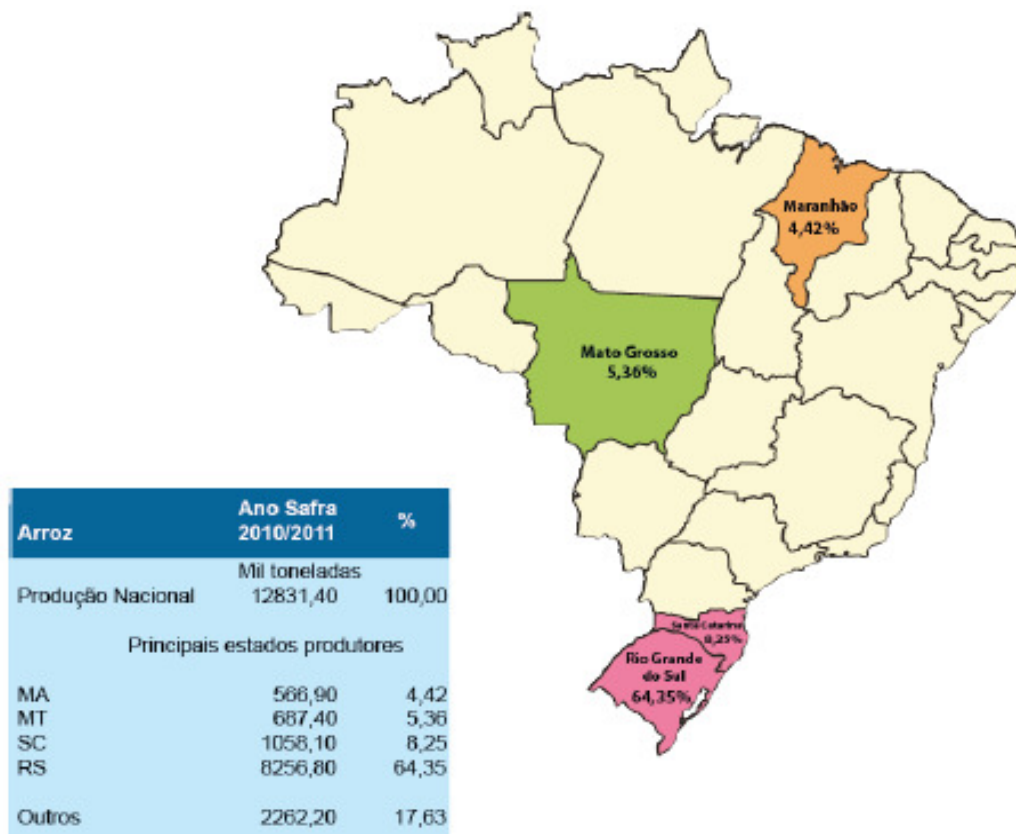


Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (2011 apud BRASIL, 2011a, p. 9).

- **Arroz:** a produção nacional de arroz está distribuída pelos seguintes estados: Rio Grande do Sul, 64,4% da produção nacional, Santa Catarina, 8,3%, Mato Grosso, 5,4% e Maranhão, 4,4% (BRASIL 2011a) (Figura 10).

A produção projetada para 2020/2021 é de 13,7 milhões de toneladas. Equivale a um crescimento anual da produção de 1,0% de 2010/2011 a 2020/2021. Esse acréscimo de produção deverá ocorrer especialmente por meio do crescimento do arroz irrigado, já que o arroz de terras secas tem reduzido sua expansão no Brasil devido à menor incorporação de novas terras em áreas de fronteira agrícola. O consumo de arroz deverá acompanhar a produção. O consumo está estabilizado no intervalo de 12,5 a 13 milhões de toneladas por ano. Projeta-se uma taxa anual para os próximos anos de 1,0% atingindo o volume de 14,0 milhões de toneladas em 2020/2021. Assim o consumo em 2020/2021 poderá ser atendido por estoques privados e públicos e alguma importação. (BRASIL, 2011a, p. 11).

Figura 10 – Produção nacional de arroz



Fonte: Conab (2011 apud BRASIL, 2011a, p. 11).

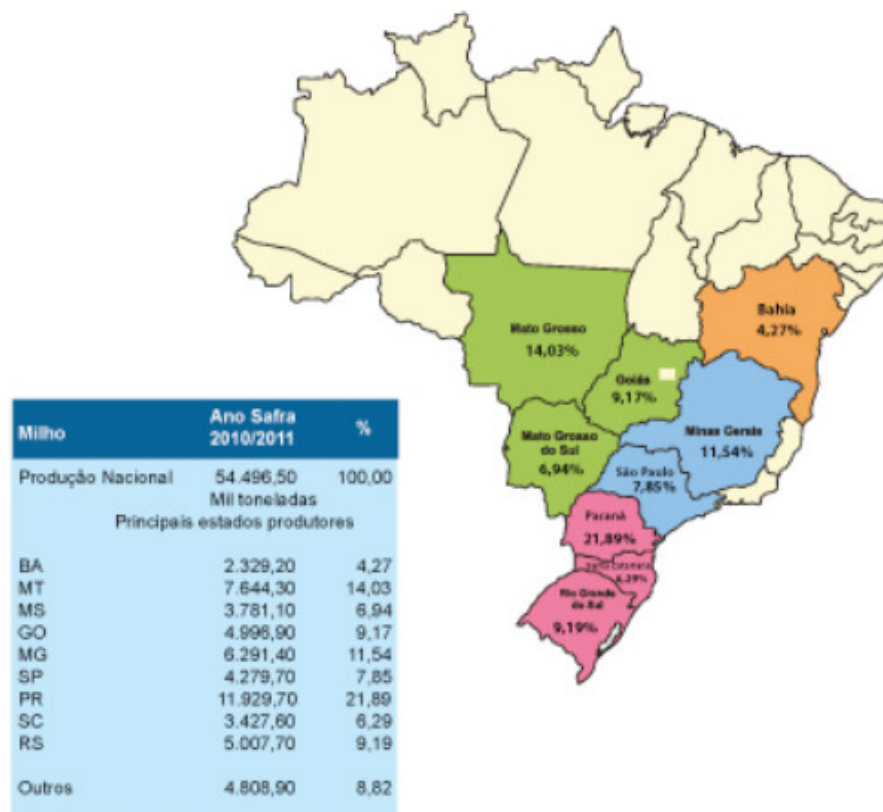
- **Feijão:** como o arroz, o feijão é parte da cesta básica dos brasileiros. O feijão tem uma taxa anual projetada de aumento da produção de 0,9% e consumo ao redor de 1,1% ao ano, para o período 2010/2011 a 2020/2021 (BRASIL, 2011a).

O consumo médio anual desse produto tem sido de 3,5 milhões de toneladas, exigindo pequenas quantidades de importação. As projeções de produção e consumo indicam que pode haver alguma importação de feijão nos próximos anos. Porém, a magnitude dos números de importação, entre 150 mil e 200 mil toneladas nos próximos anos corresponde a mais do que se tem importado no Brasil em anos recentes (BRASIL, 2011a, p. 13).

- **Milho:** a produção nacional do milho é relativamente dispersa no país. Os principais estados produtores, Paraná e Mato Grosso, concentram 35,9% da produção nacional (BRASIL, 2011a) (Figura 11).

As projeções de produção de milho no Brasil indicam um aumento de 12,7 milhões de toneladas entre as safras 2010/2011 e 2020/2021. Em 2020/2021 a produção deverá situar-se em 65,5 milhões de toneladas, e o consumo em 56,0 milhões. Esses resultados indicam que o País deverá fazer ajustes no seu quadro de suprimentos, de modo a garantir o abastecimento do mercado interno e obter algum excedente para exportação, estimado em 14,3 milhões de toneladas em 2020/2021 (BRASIL, 2011a, p. 15).

Figura 11 – Produção nacional de milho

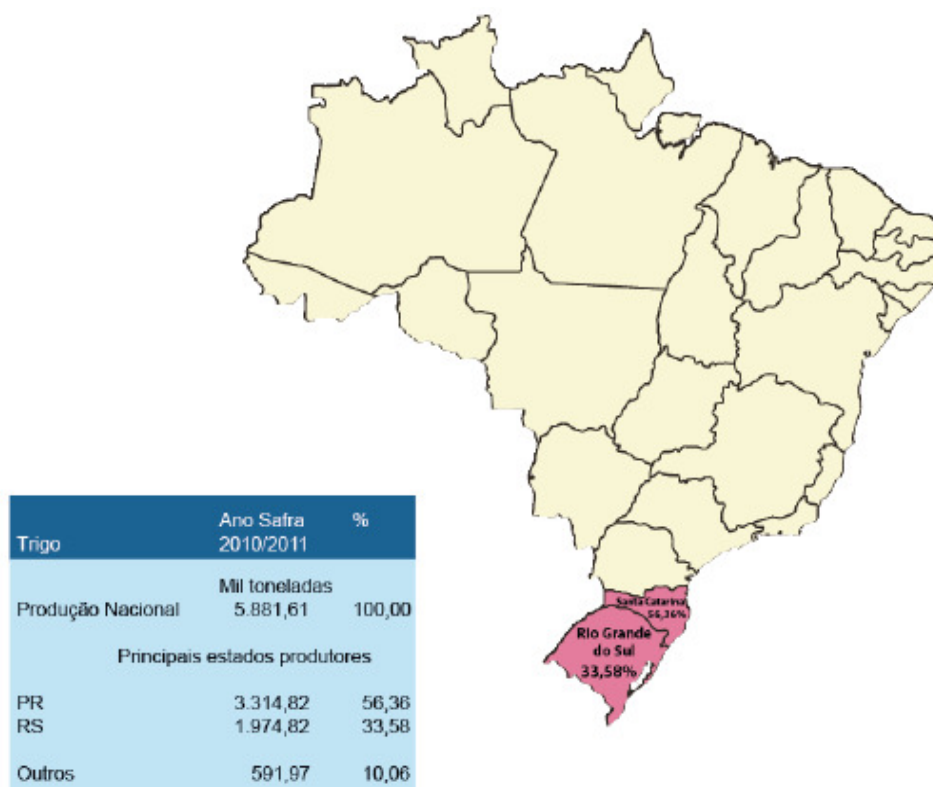


Fonte: Conab (2011 apud BRASIL, 2011a, p. 15).

- **Trigo:** atualmente a produção de trigo no país concentra-se na região Sul, nos estados de Paraná, 56,4%, e Rio Grande do Sul, 33,6% (BRASIL, 2011a) (Figura 12).

A produção projetada de trigo para 2020/2021 é de 6,2 milhões de toneladas, e um consumo de 11,7 milhões de toneladas no mesmo ano. O consumo interno de trigo no País deverá crescer em média 1,2% ao ano, entre 2010/11 e 2020/2021. O abastecimento interno exigirá importações de 6,7 milhões de toneladas em 2020/2021. Apesar da produção de trigo crescer nos próximos anos em ritmo superior ao consumo, mesmo assim o Brasil deve manter-se como um dos maiores importadores mundiais de trigo. Pode-se ter redução das importações de trigo nos próximos anos devido ao aumento esperado da produção interna. (BRASIL, 2011a, p. 18).

Figura 12 – Produção nacional de trigo



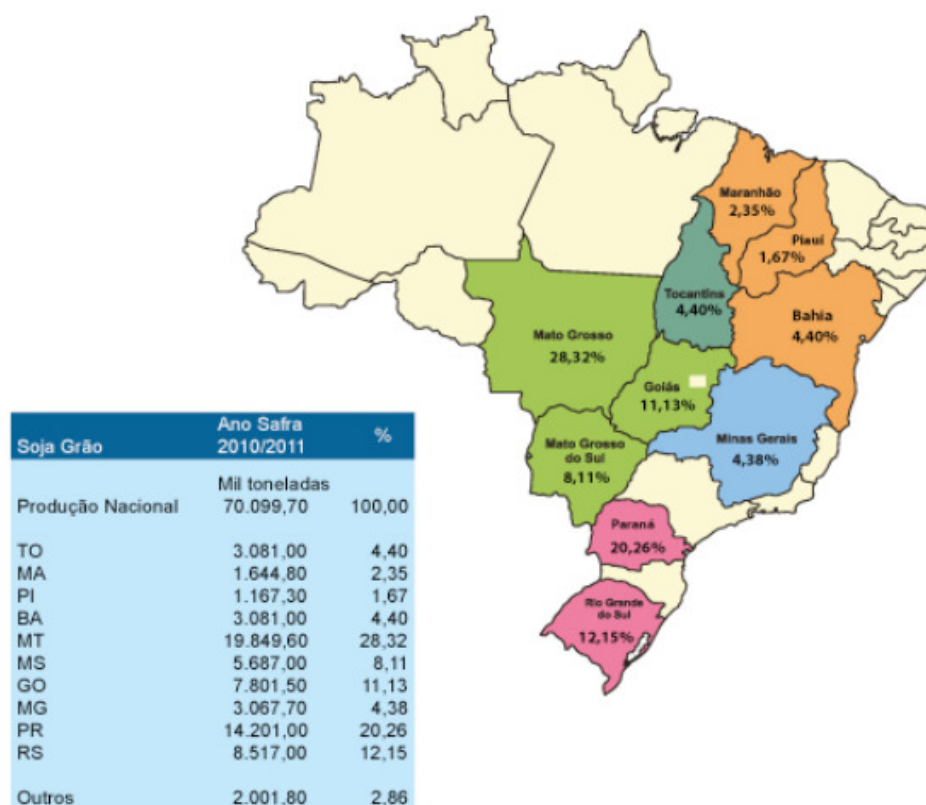
Fonte: Conab (2011 apud BRASIL, 2011a, p. 18).

- **Soja:** atualmente a produção de soja no Brasil é liderada pelos estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás. Estes produzem 82,0% da soja nacional. Mas, como se observa na Figura 13, a produção de soja

está evoluindo também para novas áreas no Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, que respondem por 13,0% da produção brasileira (BRASIL, 2011a).

As estimativas para soja grão indicam uma produção brasileira de 86,5 milhões de toneladas em 2020/2021. Essa projeção é maior em cerca de 17,8 milhões de toneladas em relação ao que o Brasil deve produzir na safra de 2010/2011. A taxa de crescimento anual prevista para a produção é de 2,3% no período da projeção, 2010/11 a 2020/2021. O consumo doméstico de soja em grão deverá atingir 45,6 milhões de toneladas no final da projeção, representando 52,7% da produção. O consumo projeta-se crescimento a uma taxa anual de 1,9%. Como se sabe, a soja é um componente essencial na fabricação de rações animais e adquire importância crescente na alimentação humana. (BRASIL, 2011a, p. 20).

Figura 13 – Produção nacional de soja



Fonte: Conab (2011 apud BRASIL, 2011a, p. 20).

- **Café:** as projeções referentes ao café mostram que a produção deve se elevar a uma taxa média anual de 4,0% no período 2019/2020 (BRASIL, 2011a).

O consumo está estimado para crescer a cerca de 4,5% ao ano nos próximos 10 anos. [...]. As exportações de café estão projetadas para

2019/2020 em 42,1 milhões de sacas. Para obter essa estimativa, a taxa anual deverá se expandir em 2,5% (BRASIL, 2011a, p. 25).

- **Leite:** o leite foi considerado como um dos produtos que apresenta elevadas possibilidades de crescimento (BRASIL, 2011a).

A produção deverá crescer a uma taxa anual de 1,9%. Isso corresponde a uma produção de 38,2 bilhões de litros de leite cru no final do período das projeções. O consumo deverá crescer a uma taxa praticamente igual a da produção. A taxa de crescimento da produção é superior à observada para o crescimento da população brasileira. (BRASIL, 2011a, p. 26).

- **Açúcar:** as estimativas obtidas para a produção brasileira de açúcar indicam uma taxa média anual de crescimento de 2,2% no período 2010/2011 a 2020/2021 (BRASIL, 2011a).

Essa taxa deve conduzir a uma produção de 42,3 milhões de toneladas, podendo, entretanto, no seu limite superior, atingir 52,2 milhões. Essa produção corresponde a um acréscimo de 8,3 milhões de toneladas em relação ao observado em 2010/2011. No limite superior da projeção essa diferença pode chegar a 18,1 milhões de toneladas de acréscimo em relação à 2010/2011. As taxas projetadas para exportações e consumo interno para os próximos 11 anos são, respectivamente, de 3,8% ao ano e de 1,8% ao ano. Para as exportações, a projeção para 2020/2021 é de um volume de 41,4 milhões de toneladas. (BRASIL, 2011a, p. 28).

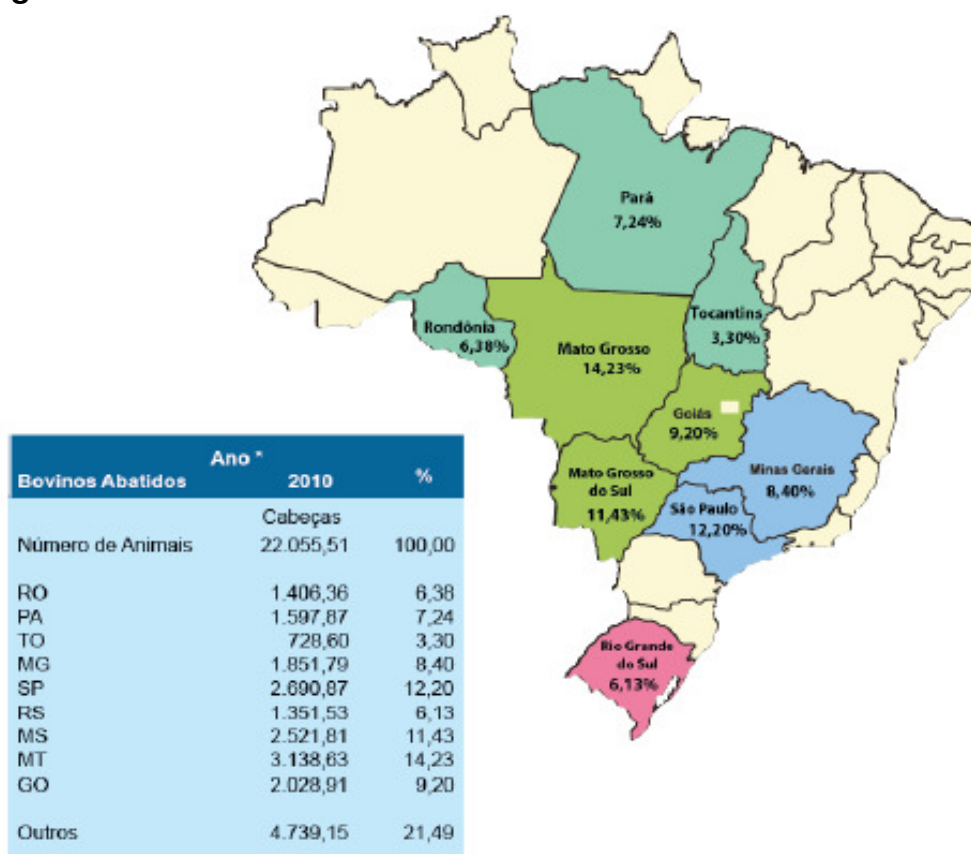
- **Laranja e suco de laranja:** a produção de laranja deverá passar de 19,4 milhões de toneladas na safra 2010/2011 para 23,5 milhões de toneladas em 2020/2021. Essa variação corresponde a uma taxa anual de crescimento de 1,9% (BRASIL, 2011a).

A área colhida com laranja deve expandir-se nos próximos anos, dos atuais 856 mil para 962 mil hectares em 2020/2021. A taxa projetada para a área é de 1,2% ao ano para os próximos 11 anos. O Brasil deve exportar 2,68 milhões de toneladas de suco de laranja no final do período das projeções. Mas esse número poderá chegar, em seu limite superior, a 3,3 milhões de toneladas de suco. Restrições comerciais na forma de barreiras ao comércio é o principal fator limitante da expansão do suco de laranja. (BRASIL, 2011a, p. 30).

- **Carnes:** a atual distribuição no Brasil no rebanho bovino, no que se refere ao número de cabeças abatidas é em 2010 de 22,0 milhões de cabeças, sendo que Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Goiás e Minas Gerais lideram os abates, com 55, 4% dos abates no país (BRASIL, 2011a) (Figura 14).

As projeções de carnes para o Brasil mostram que esse setor deve apresentar intenso crescimento nos próximos anos. Entre as carnes, as que projetam maiores taxas de crescimento da produção no período 2010/2011 a 2020/2021 são a carne de frango, que deve crescer anualmente a 2,6%, e a bovina, cujo crescimento projetado para esse período é de 2,2% ao ano. A produção de carne suína tem um crescimento projetado de 1,9% ao ano, o que também representa um valor relativamente elevado, pois consegue atender ao consumo doméstico e às exportações. (BRASIL, 2011a, p. 32).

Figura 14 – Bovinos abatidos



Fonte: Conab (2011 apud BRASIL, 2011a, p. 32).

- **Celulose e Papel:** os produtos florestais representam a quarta posição na classificação do valor das exportações do agronegócio nacional. Papel,

celulose, madeiras e suas obras compõem esse segmento do agronegócio. Estes dois componentes representaram, em 2010, 73,0% do valor das exportações (BRASIL, 2011a).

Com relação ao papel, para atender ao crescimento do consumo interno de 2,4% ao ano nos próximos 11 anos, e de 2,3% das exportações, será necessário expandir a produção a taxas superiores à projetada, que é de 2,3% ao ano até 2020/2021. Para a celulose, é possível que a produção se situe próxima do limite superior da projeção, que é de 22,5 milhões de toneladas em 2020/2021. A produção projetada para os próximos anos terá que ser maior para atender ao crescimento do consumo interno e ao mercado internacional. (BRASIL, 2011a, p. 38).

- **Fumo:** a inclusão das projeções de algumas variáveis referentes ao fumo é justificada pela importância do produto na balança comercial brasileira e na formação de renda nas regiões produtoras. Nesta versão foram realizadas projeções de produção e área colhida (BRASIL, 2011a).

A produção projetada para 2020/2021 é de cerca de 1,0 milhão de toneladas, superior em 100 mil toneladas em relação à previsão de 2010/2011. A área projetada é de quase 500 mil hectares, obtida por meio de um crescimento anual de 1% nos próximos anos. (BRASIL, 2011a, p. 39).