

OPORTUNIDADES DE FORMAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA PARA ATUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÍCOLAS E NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

DOI: <http://dx.doi.org/10.15552/2236-0158/abenge.v34n1p43-50>

Odilio Benedito Garrido Assis,¹ José Manoel Marconcini,² Luiz Henrique Capparelli Mattoso³

RESUMO

A nanotecnologia está se consolidando como uma das mais importantes ferramentas para o desenvolvimento da moderna agricultura. Através da manipulação da matéria na escala nanométrica (10^{-9} m), novos materiais, dispositivos e processos estão surgindo com efetivas contribuições para o aumento da produtividade, associado a uma redução de agroquímicos e, conseqüentemente, menor impacto ambiental, entre outros benefícios. As nanotecnologias têm por base a multidisciplinariedade, o que abre um potencial mercado de trabalho e atuação para profissionais de diversas formações. Mas será nas engenharias e em áreas correlatas que, certamente, se configurará a qualificação adequada. No presente texto, apresentamos algumas aplicações factíveis das nanotecnologias na área agrícola e na produção de alimentos, discorrendo sobre o programa governamental na área, Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia, lançado em 2012, pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). São listados e discutidos os setores elencados como estratégicos por esse programa, assim como a situação atual com respeito à formação de recursos humanos qualificados em nanotecnologia.

Palavras-chave: Nanotecnologia; agroindústria; alimentos; formação de recursos humanos.

ABSTRACT

NANOTECHNOLOGY TRAINING OPPORTUNITIES FOR ACTIVITIES IN AGRICULTURAL SCIENCES AND FOOD PRODUCTION

Nanotechnology is consolidating as one of today's most important tools for the development of modern agriculture. Through the manipulation of the matter in the nanometric scale (10^{-9} m), new materials, devices and processes are emerging with effective contributions to productivity increasing, associated with reduction of agrochemicals and consequently lower environmental impacts, among other benefits. The nanotechnologies have a multidisciplinary base, which opens market opportunities for distinct professional backgrounds. But will be in engineering and related areas, which certainly will configure the appropriate professional qualification. In the present paper, the potential applications of nanotechnology in agriculture and food are presented. We consider the government program in the area, the Brazilian Nanotechnology Initiative, launched in 2012 by the Ministry of Science, Technology and Innovation – MCTI. The sectors listed as strategic as well as the current situation concerning the formation of qualified human resources in nanotechnology are discussed.

Keywords: Nanotechnology; agroindustry; food; human resources training.

INTRODUÇÃO

A nanotecnologia, ou nanotecnologias, como atualmente é mais preconizado (MANGEMATIN e WALSH, 2012), consiste na junção de conhecimentos oriundos de várias áreas, como biologia, computação, física, eletrônica, materiais e similares, com o propósito de gerar soluções e produtos que tragam benefícios ao ser humano. Do ponto de vista científico, podemos entender a nanotecnologia como a manipulação da matéria na escala de 10^{-9} m. Uma definição mais ampla, contudo, é apresentada por Bawa *et al.* (2005), que, em uma tradução livre, pode assim ser compreendida: “A nanotecnologia é definida como o desenho, a caracterização, produção e/ou a aplicação de estruturas e dispositivos, por manipulação controlada do tamanho e da forma, na escala nanométrica, que gerem sistemas com pelo menos uma característica ou propriedade nova ou superior”. Essa definição é fundamental para a real contextualização do tema, pois indica que a inovação deve ser o resultado final do uso da nanotecnologia.

Cabe ressaltar que o controle e a compreensão dos processos que ocorrem em escala nanométrica são ainda incipientes e demandarão grandes esforços e pesquisas continuadas para que o domínio dessa ciência seja pleno. Contudo, é principalmente nos países em desenvolvimento que a aplicação das nanotecnologias trará os maiores impactos.

Segundo interessante estudo realizado por Salamanca-Buentello *et al.* (2005), a nanotecnologia poderá beneficiar um número estimado de cinco bilhões de pessoas. Esses benefícios serão decorrência direta ou mesmo indireta da melhoria dos processos de controle e análises, proporcionando uma maior eficiência na produção industrial e, em particular, da agroindústria, possibilitando o acesso a novos produtos por um maior número de consumidores.

Nesse contexto, diversos países de economia de base agropecuária, como o Brasil, a Índia, a Malásia, o México, a África do Sul e a Argentina, entre outros, têm estabelecido programas específicos de pesquisa em nanotecnologia e nanociências, em grande parte focada em aplicações no setor agroindustrial, meio ambiente, farmacêutico e alimentício.

Para países com esse perfil, Salamanca-Buentello *et al.* (2005) apontam dez áreas nas quais a nanotecnologia terá papel fundamental (Tabela 1). Desses dez itens, sete a oito estão diretamente vinculados à atividade agroindustrial ou ao processamento de alimentos, sendo, inclusive, temas abordados no programa oficial de pesquisa em nanotecnologia da Embrapa (REDE AGRONANO, 2014). Para se ter uma noção da expectativa de retorno das atividades em nanotecnologia, os recursos mundiais aplicados em pesquisa e desenvolvimento de processos e produtos de base nanotecnológica eram de US\$ 200 milhões em 2001 e estima-se que em 2015 já ultrapasse a casa do US\$ 1,2 trilhões (HARPER, 2011).

Tabela 1. Dez principais aplicações e benefícios oriundos da nanotecnologia para os países em desenvolvimento.

Posição relativa de importância	Aplicação da nanotecnologia
1	Geração, armazenamento e conversão de energia
2	Aumento da produção agrícola com redução de insumos
3	Tratamento de água e remediação ambiental
4	Exames e diagnose médica/veterinária
5	Sistemas de liberação controlada de drogas e agentes ativos
6	Processamento de alimentos e sua conservação
7	Poluição do ar e remediação atmosférica
8	Construção e desenvolvimento de novos materiais/bioproductos
9	Monitoramento da saúde/nanomedicina
10	Detecção e controle de pestes/rastreabilidade

Fonte: Adaptado de Salamanca-Buentello *et al.* (2005).

Segundo dados do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), citados por Cezar (2011), o investimento público geral em nanotecnologia no Brasil (não somente em agricultura e alimentos), no período de 2000 a 2007, foi da ordem de R\$ 195 milhões, sendo desses uma pequena fração não divulgada exclusiva para pesquisa em áreas relacionadas ao agronegócio. A importância do tema, contudo é inegável, e, segundo dados governamentais, os recursos totais destinados à nanotecnologia podem atingir a casa do R\$ 300 milhões em 2014, constituindo, assim, um aporte financeiro significativo (PORTAL BRASIL, 2013).

NANOTECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO

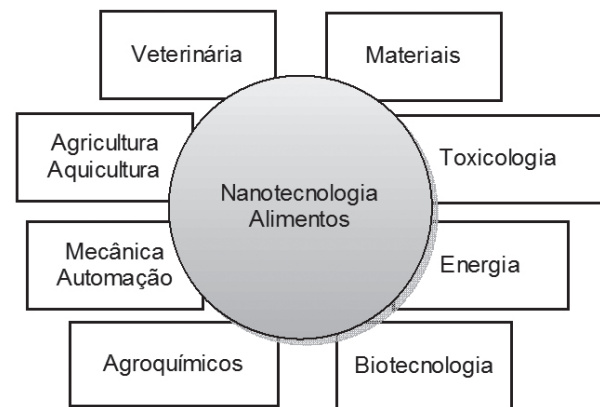
Como mencionado, a nanotecnologia não é uma ciência ou atividade isolada e sim uma área associada a demais conhecimentos básicos que, em conjunto, podem gerar benefícios em toda a cadeia produtiva e de consumo. Exemplos atuais de aplicações de nanotecnologia na agroindústria e na produção de alimentos são inúmeros, e as pesquisas atuais focam, entre outros tópicos: i) a confecção de dispositivos de liberação controlada, seja de agrotóxicos ou demais insumos, que promovam o aumento da produtividade, a redução da toxicidade, de impactos ambientais e a consequente segurança final do produto; ii) o desenvolvimento de dispositivos de rastreabilidade e registro individuais ou de lotes, por meio de sensores para a detecção e monitoramento de patógenos, desde a colheita, manufatura, processamento e transporte; iii) o estabelecimento de sistemas e técnicas que promovam a preservação, reduzam a maturação e controlem as qualidades nutricionais por meio de revestimentos *in situ*, ativos e comestíveis, que geram atmosferas controladas; e iv) a produção de embalagens chamadas “inteligentes”, que tenham indicativos de alterações globais, de composição, textura, aparência, temperatura ou ataque microbiano. Essas são apenas algumas, entre inúmeras possibilidades atualmente em desenvolvimento (PETERS *et al.* 2014).

Segundo inventário apresentado pelo *Project on Emerging Nanotechnologies* e pela *European Consumer's Association*, havia, em 2010, 1.317 produtos à base de nanotecnologia registrados, comercializa-

dos por 587 diferentes companhias, sendo, desses, 119 relacionados à agricultura e/ou a alimentos (GRUÈRE, 2012). Os dados apontam que, só no setor de alimentos, a nanotecnologia movimentou aproximadamente 200 milhões de dólares em 2014 (HARPER, 2014).

A pesquisa em alimentos com base nanotecnológica, contudo, é uma área relativamente recente, comparada com outros segmentos já consolidados, mas talvez seja o de maior interdisciplinaridade (Figura 1).

Figura 1 – Relação de áreas interacionadas com a pesquisa em nanotecnologia de alimentos.



Os alimentos, por serem muitas vezes organismos vivos e perecíveis, requerem técnicas múltiplas e boas práticas, além de procedimentos normatizados que devem ser respeitados e cuidadosamente implementados nos diversos estágios da cadeia produtiva. Ou seja, práticas ou ações específicas de nanotecnologia devem ser observadas, por exemplo, para as etapas de fertilização, plantio, colheita, embalagem, transporte, tornando esse campo de pesquisa consideravelmente complexo.

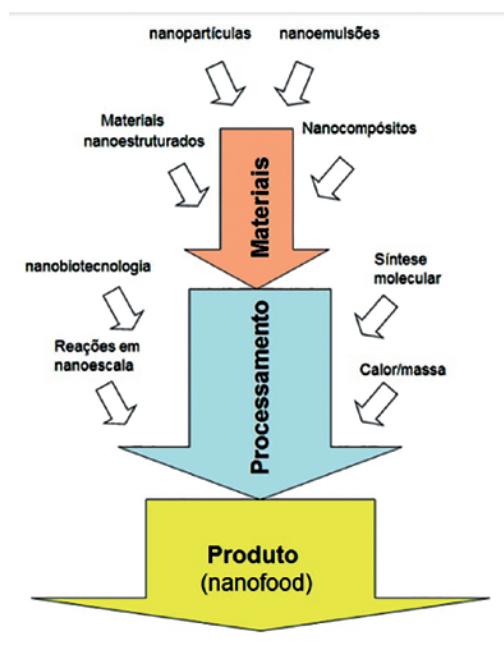
NANOALIMENTO

Com o uso ou aplicações de técnicas de nanotecnologia, um novo termo surge, o neologismo “*nanofood*”, ou, em sua versão aportuguesada, “*noalimento*”. *Nanofood* tem sido definido, em um conceito abrangente, como o alimento ou derivado que tenha sido cultivado, produzido, processado ou embalado usando técnicas ou ferramentas de nanotecnologia ou que venha a receber nanonutrientes ou nanopartículas controladamente adicionadas ou,

ainda, que, a partir da matéria-prima de qualquer alimento, essa seja nanoestruturada para o consumo humano. Estudos cada vez mais frequentes ligados ao mercado de *nanofoods* estão em andamento, com o planejamento de uma nova geração de alimentos e técnicas de processamento envolvendo nanotecnologia (HELMUT KAISER CONSULTANCY GROUP, 2009).

Com base no trabalho de Moraru *et al.* (2003), podemos esquematizar o ciclo de produção dos nanoalimentos, segundo sua ampla definição, em uma sequência de manipulações, de forma que, em cada etapa do processamento, algum fator nanotecnológico possa ser inserido ou identificados (Figura 2).

Figura 2: Esquema de uso de nanotecnologia em qualquer etapa da cadeia, para conceituação ampla de nanofood. Baseado nos argumentos de Moraru *et al.* (2003).



Uma das áreas em que tem sido registrada uma expansão, quando se trata de alimentos, é, sem dúvida, a do desenvolvimento de nanopartículas para a liberação controlada de agentes ativos. As tecnologias de encapsulamento fazem uso da formação de uma matriz orgânica com capacidade de reter o composto ativo, seja por imobilização superficial, seja por aprisionamento interno por períodos determinados de tempos (BRITTO *et al.*, 2012). A eficiência desses sistemas está baseada em diversos fatores, como a inexistência de interações fortes

entre as nanopartículas e a matriz (alimento), sua alta afinidade com os agentes a serem retidos, assim como a facilidade de sua posterior liberação. Essa tecnologia está diretamente relacionada à etapa de processamento, embora os demais segmentos possam também fazer uso da inserção de nanopartículas. Em suma, benefícios poderão ser gerados pela produção de novos materiais funcionais, com presença de enzimas ou biopolímeros com ações catalíticas que acelerem ou alterem reações, assim como novas combinações ou inserções, resultando em novos produtos, com sabores diferenciados, valores nutricionais distintos, enriquecidos, funcionais ou nutraceuticos. Nos EUA, termos como “nanocêutico” e “nanofuncional” já têm marca registrada e, frequentemente, produtos vêm identificados como “biofortificados” para evitar controvérsias com respeito à segurança da nanotecnologia. De um modo geral, uma nanopartícula é consideravelmente mais reativa (do ponto de vista químico) que partículas maiores. Devido ao seu tamanho, apresentam elevada área de interação e alta mobilidade, o que pode conduzir sua carga em posições ou homogeneidades não alcançadas por processos convencionais. Em 2011, em um fórum de discussão mundial (NANOALIMENTOS, 2011), foram discutidas a segurança das principais tecnologias aplicadas na produção e comercialização de alimentos. De forma similar, Garber (2006) aponta os potenciais setores comerciais da nanotecnologia na indústria alimentícia, compiladas na Tabela 2, adiante.

No Brasil, o programa oficial de nanotecnologia do governo federal, chamado de “Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia”, foi lançado em 2012 (MCTI, 2013) e define sete setores tidos como estratégicos para o desenvolvimento das nanotecnologias no país. Seis desses setores são assinalados como prioridades de financiamento estatal, e um sétimo, de âmbito livre, mas passível de apoio, uma vez identificada e justificada sua importância. Esses setores estão listados na Tabela 3.

Como é possível observar, os alimentos e a agroindústria não aparecem nominalmente como áreas prioritárias nessa primeira versão da Iniciativa, mas encontram-se intrinsecamente vinculados aos nanomateriais, e também aos nanossensores e nanodispositivos, como pode ser depreendido pelas

linhas apresentadas na Tabela 2. De um modo geral, os temas assumidos como estratégicos na plataforma oficial de desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil estão em boa sintonia com as áreas mun-

dialmente tidas como relevantes no tema, como previamente apresentado na Tabela 1 (SALAMANCA-BUENTELLO *et al.*, 2005).

Tabela 2. Potenciais aplicações comerciais da nanotecnologia em alimentos.

Processamento	Embalagem e conservação	Suplementos
Nanocápsulas para elevar a disponibilidade de nutracêuticos	Anticorpos imobilizados sobre nanopartículas fluorescentes para a detecção química de patógenos	Nutrientes em nanodimensões para facilitar a absorção
Nanoencapsulamento de odores e sabores	Nanossensores biodegradáveis para temperatura, umidade e tempo (monitoramento)	Compostos nanoencapsulados com melhor estabilidade e liberação controlada
Nanotubos e nanopartículas para elevar a viscoelasticidade	Nanoargilas e nanofilmes como matérias de barreira para prevenir degradações e prevenir absorção de oxigênio	Nutrientes nanoencapsulados para a liberação dos compostos ativos sem alteração de cor ou sabor dos alimentos
Infusão de nanocápsulas de esteroides para reposição de colesterol em carnes	Nanossensores para a detecção do nível de etileno e demais gases oriundos da maturação	<i>Sprays</i> para dispersão de moléculas ativas ou vitaminas para inserção de nutrientes <i>in situ</i>
Nanopartículas com agentes antimicrobianos seletivos	Coberturas antimicrobianas e antifúngicas com a presença de compostos inorgânicos	Uso de antimicrobianos naturais e de baixa toxicidade para humanos
Nanoemulsões para melhorar a dispersão de nutrientes	Filmes poliméricos com melhores propriedades de barreira e mecânica	Desenvolvimento de membranas com permeação controlada

Fonte: Adaptado de Garber (2006).

Tabela 3. Setores Estratégicos em Nanotecnologia, segundo o programa oficial brasileiro: Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (MCTI, 2013).

Setores Estratégicos	Atuação
1 - Nanomateriais	Nanomateriais a partir da biomassa (ex.: nanocelulose), polímeros de alta performance e com novas funcionalidades, nanocatalizadores, controle ambiental (água, ar, agrotóxicos), produtos para defesa.
2 - Saúde	Diagnóstico e controle epidemiológico de doenças negligenciadas e/ou tropicais, descentralização de serviços de saúde (<i>Lab on chip</i>).
3 - HPPC	Fotoproteção. Produtos HPPC impactam um grande mercado consumidor (o Brasil é o terceiro mercado mundial).
4 - Nanossensores e nanodispositivos	Sistemas de defesa, segurança pública e industrial, monitoramento ambiental, qualidade em processos/produtos, diagnósticos e monitoramento no complexo da saúde.
5 - Energia	Geração, armazenamento e uso eficiente de energia.
6 - Têxtil e vestuário	Agregação de funcionalidades (bactericida, antichama, resistência mecânica, antiprojéteis e barreira química).
7 - Outros setores	Definidos no âmbito do comitê interministerial.

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

No Brasil, como em diversos outros países do mundo, só recentemente se voltou para a criação de cursos específicos na área de nanotecnologia, sejam de graduação ou de pós-graduação. Por ser, como apresentado, uma ciência tipicamente multidisciplinar e de rápidos avanços tecnológicos, há uma natural dificuldade em estabelecer um currículo ideal às reais necessidades do país.

Muitos profissionais e pesquisadores atuantes no tema têm como titulação ou qualificação áreas correlatas, como física, computação, engenharias (praticamente todas), química e biologia, como formação básica. No programa oficial, conforme aprovado pela Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia, a formação e o incremento de pessoal qualificado na área são citados como fundamentais. Segundo o documento, a formação pode ser estimulada pela concessão de bolsas de estudo destinadas exclusivamente a temas de nanotecnologia, atualmente oferecidas pelo sistema CAPES, CNPq, RHAe e FAPs, além da seleção de estudantes já matriculados a serem beneficiados pelo programa Ciência sem Fronteiras, para qualificação no exterior. Para suprir as necessidades em infraestrutura e facilitar a integração das competências, foi idealizada a criação do SisNANO, que consiste no *Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia*, uma rede gerenciada pelo MCTI, atualmente composta por dezoito Laboratórios Associados (laboratórios instalados em instituições de ciência e tecnologia) e oito laboratórios estratégicos (laboratórios federais, em unidades

de pesquisa), com caráter essencialmente multiusuário. Os laboratórios assumem o compromisso de disponibilizar tempo de uso dos equipamentos para usuários externos dedicados a pesquisas e ensaios propostos por empresas ou universidades, com uma cota de 50% do tempo dos laboratórios estratégicos e 15% do tempo dos considerados associados. Além da interação direta entre unidades e interessados, há editais de financiamento e chamadas temáticas.⁴

Cabe ressaltar que, segundo dados disponíveis no Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), havia, em 2014, 122 Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) financiados pelo CNPq, em parceria com as fundações estaduais de apoio à pesquisa (FAPs). Em dezesseis desses institutos, a nanotecnologia figurava como tema componente da pesquisa, com o envolvimento de estudantes de graduação e pós-graduação (CNPq, 2014). Além disso, a rede de nanotecnologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) está, desde 2006, inserida no setor, seja na articulação de projetos conjuntos, seja na orientação, pelos pesquisadores membros dessa rede, de alunos nos mais diversos programas de pós-graduação pelo Brasil (CARDOSO e ASSIS, 2014).

Diversos cursos de graduação e, em especial, de pós-graduação, têm em suas ementas o ensino dos fundamentos ou a nanotecnologia como objeto de estudo. Atualmente (2014), existem quatro cursos de graduação e cinco de pós-graduação que, nominalmente, titulam em nanotecnologia ou nanociência, conforme reconhecimento pela CAPES (Tabela 4).

Tabela 4. Cursos de graduação e de pós-graduação em nanotecnologia existentes no Brasil (CAPES, 2014).

Cursos	Instituição
Graduação	
Graduação em Nanotecnologia	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Graduação em Nanotecnologia	Universidade Paulista (UNIP)
Engenharia em Nanotecnologia	Pontifícia Universidade Católica (PUC-RJ)
Física com Habilitação em Materiais e Nanotecnologia	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Pós-Graduação	
Nanotecnologia Farmacêutica (M/D)*	Interinstitucional: (UFG/UFRGS/UFSC/UFSP/Unesp/UFOP/UFRN/UFPE)
Nanociência e Nanotecnologia (M/D)	Universidade de Brasília (UnB)
Nanociência (M/D)	Centro Universitário Franciscano (UNIFRA)
Engenharia de Nanotecnologia (M/D)	COPPE/UFRJ
Nanociências e Materiais Avançados (M/D)	Universidade Federal do ABC (UFABC)

*M/D: mestrado e doutorado.

⁴ A lista dos laboratórios participantes do SisNANO pode ser acessada na página do MCTI: <<http://nano.mct.gov.br/data/archive/1f3b275b40-4eb7134f234.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a formação de recursos humanos nos diversos níveis ainda não seja prioridade das Instituições de Ensino Superior (IES), vemos, hoje, a criação de novos cursos e/ou a inclusão do tema nanotecnologia em programas já existentes.

É inegável, no atual cenário, que a nanotecnologia se consolida como uma ciência, em caráter irreversível, e que, em breve, permeará incontáveis segmentos, sejam acadêmicos ou produtivos. As possibilidades de atuação no tema são múltiplas e, em particular, a agroindústria e os alimentos deverão despontar como grandes oportunidades.

Vemos, no ensino de engenharia, em particular, uma grande oportunidade de promovermos um salto na formação de recursos humanos para atuação nos setores de aplicação das nanotecnologias. Ainda que não especificamente direcionados para o tema, que os fundamentos dessa nova ciência façam cada vez mais parte dos currículos das diversas engenharias, para que, paulatinamente, haja plena disponibilidade de competências na área.

REFERÊNCIAS

- BAWA, R.; BAWA S. R.; MAEBIUS S. B.; FLYNN, T.; WEI, C. Protecting new ideas and inventions in nanomedicine with patents. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine**, Amsterdam, v.1, n. 2, p. 150-158, 2005.
- BRITTO, D.; MOURA, M. R.; AOUADA, F. A.; MATOSO, L. H. C.; ASSIS, O. B. G. N,N,N-trimethyl chitosan nanoparticles as a vitamin carrier system. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 487-493, 2012.
- CAPES. Cursos recomendados/reconhecidos. 2014. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/avaliacao/dados-do-snpq/cursos-recomendados-reconhecidos>>. Acesso em: 17 set. 2014.
- CARDOSO, V. F.; ASSIS, O. B. G. **Formação de recursos humanos: mestres, doutores e pós-doutores orientados na Embrapa Instrumentação**. São Carlos: Embrapa Instrumentação. 2. ed., 2014.
- CEZAR, G. **Investimento em nanotecnologia no Brasil é discreto**. 2011. Disponível em: <<http://www.revista-digital.om.br/2011/12/investimento-em-nanotecnologia-no-brasil-e-discreto/>>. Acesso em: 2 set. 2014.
- CNPq. **Institutos: INCTs por tema**. 2014. Disponível em: <http://estatico.cnpq.br/programas/inct/_apresentacao/por_tema.html>. Acesso em: 18 set. 2014.
- GARBER, C. **Nanotechnology food coming to a fridge near you**. Nanowerk LLC, 2006. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1360.php>>. Acesso em: 12 set. 2014.
- GRUÈRE G. P. Implications of nanotechnology growth in food and agriculture in OECD countries. **Food Policy**, Amsterdam, v. 37, n. 2, p. 191-198, 2012.
- HARPER, T. **Global funding of nanotechnologies & its impact**. 2011. Disponível em: <<http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2014.
- HARPER, T. **Nanotechnology funding: a global perspective**. 2014. Disponível em: <http://nano.gov/sites/default/files/pub_resource/global_funding_rsl_harper.pdf>. Acesso em: 18 set. 2014.
- HELMUT KAISER CONSULTANCY GROUP. **Study: Nanotechnology in food and food processing industry worldwide, 2006-2010-2015**. Beijing: Helmut Kaiser Consultancy Group, 2009.
- MANGEMATIN, V.; WALSH, S. The future of nanotechnologies. 2012. Disponível em: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/65/80/34/PDF/future_of_Nanotechnologies.pdf>. Acesso em: 2 set. 2014.
- MCTI – Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação: Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia. 2013. Disponível em: <<http://nano.mct.gov.br>>. Acesso em: 5 set. 2014.
- MCTI – Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação: SisNANO. 2014. Disponível em: <<http://nano.mct.gov.br/data/archive/1f3b275b40-4eb7134f234.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2014.
- MORARU, C. I.; PANCHAPAKESAN, C. P.; HUANG, Q.; TASHISTOV, P.; LIU, S.; KOKINI, J. I. Nanotechnology: a new frontier in food science. **Food Technology**, Chicago, v. 57, n. 12, p. 24-29, 2003.
- NANOALIMENTOS. **El debate de los NANOALIMENTOS**. Grupo Nanomercado. 2011. Disponível em: <<http://www.nanoalimentos.com/component/content/article/35-noticias-de-nanoalimentos/51-el-debate-de-los-nanoalimentos>>. Acesso em: 2 set. 2014.
- PETERS, R. *et al.* Inventory of nanotechnology applications in the agricultural, feed and food sector. **External Scientific Report EN-621**. Parma: European Food Safety Authority, 2014, 125p.

PORTAL BRASIL: Nanotecnologia terá mais investimentos e novo curso. 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2013/11>>. Acesso em: 1 set. 2014.

REDE AGRONANO. Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 2014. Disponível em <<http://www.agropediabrasilis.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 10 set. 2014.

SALAMANCA-BUENTELLO, F.; PERSAD, D. L.; COURT, E. B.; MARTIN, D. K.; DAAR, A. S.; SINGER, P. A. Nanotechnology and the developing world. **PLoS Medicine**, Cambridge, v. 2, n. 5, p. 383-386, 2005.

DADOS DOS AUTORES



Odílio Benedito Garrido Assis – formado em Física (Unesp), com mestrado em Engenharia Metalurgia (USP) e doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais (UFSCar). Realizou pós-doutorado na Cornell University (USA), na área de embalagens poliméricas ativas. É pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação da Embrapa (Embrapa Instrumentação), em São Carlos, desde 1997. Foi vice-coordenador do Programa de Nanotecnologia da Embrapa – Rede AgroNano – no período de 2006 a 2010, e coordenador durante o ano de 2011. Tem experiência na área de Ciência dos Materiais, com ênfase em Polímeros e Cerâmica, atuando principalmente no desenvolvimento de filmes finos, biopolímeros funcionais, embalagens e aplicações da nanotecnologia em conservação pós-colheita.



José Manoel Marconcini – formado em Engenharia de Materiais (UFSCar), com mestrado (UFMS) e doutorado em Química (UFSCar). É pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação da Embrapa (Embrapa Instrumentação), em São Carlos, desde 2006. Tem atuação junto ao Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio (LNNA) com coordenação de projetos da Rede AgroNano. Tem experiência na área de Ciência dos Materiais, com ênfase em polímeros, atuando principalmente no processamento e caracterização de biomateriais, como nanocompósitos de matriz polimérica, fibras naturais e reciclagem de polímeros.



Luiz Henrique Capparelli Mattoso – tem graduação, mestrado e doutorado em Engenharia dos Materiais, pela UFSCar, com pós-doutorado junto ao USDA-ARS, Western Regional Research Center (USA), na área de produtos naturais e nanotecnologia. É pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação da Embrapa (Embrapa Instrumentação), em São Carlos, desde 1994, atualmente no cargo de chefe geral. Foi um dos idealizadores do LNNA e da Rede AgroNano da Embrapa, sendo seu coordenador no período de 2006 a 2010 e vice-coordenador de 2010 a 2014. Tem experiência na área de Ciência dos Materiais, com ênfase em polímeros, atuando principalmente no desenvolvimento de sensores, processamento e caracterização de polímeros condutores, materiais nanoestruturados e emprego de fibras naturais em compósitos.