

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA**

CLECÍ KÖRBES

**EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL EM MÍDIAS: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA
SOBRE NANOTECNOLOGIA**

TESE

CURITIBA

2013

CLECÍ KÖRBES

**EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL EM MÍDIAS: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA
SOBRE NANOTECNOLOGIA**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Doutora em Tecnologia” - Área de Concentração: Tecnologia e Sociedade.

Orientadora: Profa. Dra. Noela Invernizzi.

CURITIBA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

K84 Körbes, Cleci
Educação não-formal em mídias : divulgação científica sobre nanotecnologia / Cleci Körbes. — 2013.
319 p. : il. ; 30 cm

Orientadora: Noela Invernizzi.

Tese (Doutorado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Curitiba, 2013.

Bibliografia: p. 279-309.

1. Notícias científicas. 2. Nanotecnologia. 3. Educação não-formal. 4. Mídia digital. 5. Análise de conteúdo (Comunicação). 6. Comunicação na ciência. 7. Inclusão digital. 8. Tecnologia – Teses I. Invernizzi, Noela, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia. III. Título.

CDD (22. ed.) 600



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Diretoria do *Campus* Curitiba
 Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Tese Nº 9

Educação não-formal em mídias: Divulgação científica sobre nanotecnologia

por

Cleci Korbes

Esta tese foi apresentada às quatorze horas e trinta minutos do dia **22 de março de 2013** como requisito parcial para a obtenção do título de DOUTORA EM TECNOLOGIA, Área de Concentração – Tecnologia e Sociedade, Linha de Pesquisa – Tecnologia e Trabalho, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi argüida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

(aprovado, aprovado com restrições, ou reprovado)

 Prof^ª. Dr^ª. Angela Maria Rubel Fanini
 (UTFPR)

 Prof. Dr. Irlan von Linsingen
 (UFSC)

 Prof^ª. Dr^ª. Ivanilda Higa
 (UFPR)

 Prof^ª. Dr^ª. Joanez Aparecida Aires
 (UFPR)

 Prof^ª. Dr^ª. Noela Invernizzi
 (UTFPR)
Orientadora

Visto da coordenação:

 Prof^ª. Dr^ª. Faimara do Rocio Strauhs
 Coordenadora do PPGTE

Observação: a Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa.



A Deus, por estar sempre comigo.

Aos meus pais Ivo e Ilse Maria, que desde muito cedo me estimularam à busca do conhecimento, mesmo que isso, com o passar dos anos, me afastasse do convívio constante com eles por causa dos 650 km que separam Curitiba/PR de Itapiranga/SC.

Aos demais familiares e aos amigos.

AGRADECIMENTOS

Certamente esses parágrafos são poucos para expressar meus agradecimentos a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase da minha vida. A objetividade nas palavras contrasta com a extensão da minha gratidão e felicidade.

Um agradecimento todo especial à professora Noela Invernizzi pela orientação da dissertação e desta tese, sempre com muito zelo, dedicação e atenção às exigências da pesquisa, junto com muito carinho, amizade e compreensão. Por meio dela me reporto a toda comunidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela significativa contribuição à minha formação.

Agradeço aos professores do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) pela oportunidade de realização do estágio de doutorado-sanduíche realizado no âmbito do convênio Procad/CAPES. A experiência obtida em Campinas foi de grande importância para minha formação.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos que me permitiu ter melhores condições de pesquisa durante o curso.

Agradeço aos professores-pesquisadores da banca examinadora de qualificação e defesa pela atenção dedicada e pelas relevantes contribuições a este estudo.

Agradeço ao Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em especial ao Departamento de Planejamento e Administração Escolar (DEPLAE), pela possibilidade de atuar por dois anos como professora substituta em área relacionada com a pesquisa e por todo crescimento que me proporcionou a crescente articulação entre a teoria e a prática da docência. Aos colegas e estudantes, minha admiração, respeito e gratidão.

Agradeço aos colegas mestrandos e doutorandos, pela parceria e pelas trocas de ideias, em especial aos integrantes do Grupo de Pesquisa Nanotecnologia, Sociedade e Desenvolvimento e do Grupo de Estudos Trabalho, Educação e Tecnologia (GETET).

Meu carinho e amor aos familiares pelo apoio incondicional e compreensão nas ausências. Agradeço de modo especial ao meu amorzinho querido, Marcos Paulo, companheiro de vida em todas as dimensões, que amorosamente dividiu o primeiro ano de nossa vida a dois com a minha rotina de estudos e trabalhos.

Aos amigos, pelo carinho e convívio, pela compreensão nas ausências e nos cafés adiados, e também pelas reflexões e contribuições à pesquisa. Das amigas que dividiram comigo viagens para Campinas e aos eventos da Esocite, as melhores recordações.

Queremos Saber

Gilberto Gil, 1986.

Queremos saber,
O que vão fazer
Com as novas invenções
Queremos notícia mais séria
Sobre a descoberta da antimatéria
e suas implicações
Na emancipação do homem
Das grandes populações
Homens pobres das cidades
Das estepes dos sertões
Queremos saber,
Quando vamos ter
Raio laser mais barato
Queremos, de fato, um relato
Retrato mais sério do mistério da luz
Luz do disco voador
Pra iluminação do homem
Tão carente, sofredor
Tão perdido na distância
Da morada do senhor
Queremos saber, queremos viver
Confiantes no futuro
Por isso se faz necessário prever
Qual o itinerário da ilusão
A ilusão do poder
Pois se foi permitido ao homem
Tantas coisas conhecer
É melhor que todos saibam
O que pode acontecer
Queremos saber, queremos saber
Queremos saber, todos queremos saber

RESUMO

KÖRBES, Cleci. Educação não-formal em mídias: divulgação científica sobre nanotecnologia. 319 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Na última década vem sendo institucionalizadas no Brasil políticas públicas de popularização da ciência e da tecnologia. Todavia, poucos estudos têm sido realizados sobre as metodologias utilizadas e os conteúdos desenvolvidos. Nesse contexto, a tese tem como objetivo central examinar a divulgação da nanotecnologia em mídias que respondem a interesses e valores de grupos sociais diferentes, e indagar, mediante uma análise comparativa, quais são as características dos modelos de divulgação utilizados, quais são os conteúdos referenciados e quais não são abordados, e qual é sua função educativa. Utiliza-se a metodologia de análise de conteúdo, de cunho qualitativo e quantitativo, a partir dos fundamentos dos Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia, em especial dos Latinoamericanos, e da educação não-formal. Analisam-se as seções de ciência do programa de TV aberta *Bom Dia Brasil* e do jornal *Folha de S. Paulo* no período de 2008 a 2010, e uma amostra não aleatória de 20% dos programas *Nanotecnologia do Avesso*, programa de entrevistas em webTV, no período de 2009 a 2010. Observou-se, mediante análise comparativa, que as definições de nanotecnologia variam bastante entre os meios, dependendo de quem as produz e das circunstâncias que levam à sua promulgação e estabilização. No *Bom Dia Brasil* e na *Folha de S. Paulo* o conceito de nanotecnologia enfatiza o artefato material e explicita minimamente sua configuração social por uma rede sociotécnica, aspecto amplamente abordado no *Nanotecnologia do Avesso*. Todas as mídias descrevem as novas propriedades e funções da matéria em nanoescala, mas diferem na forma de fazê-lo, de acordo com os interesses dos atores relevantes representados: ora salientam o potencial de inovação que tais propriedades geram, ora novos riscos associados a elas. No *Bom Dia Brasil* e na *Folha de S. Paulo* sobressaem expectativas de que tais novas propriedades e funcionalidades redundem em benefícios, tais como produtos mais eficientes para a abertura de novos mercados, avanços na saúde e qualidade de vida e preservação do meio ambiente. Essas visões reproduzem discursos baseados em modelos lineares, como a suposta neutralidade, inexorabilidade e progresso contínuo da ciência e da tecnologia. No *Nanotecnologia do Avesso* é proeminente a discussão de potenciais riscos e implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia, e a demanda pela aplicação do princípio de precaução e regulação obrigatória. Conclui-se que a divulgação sobre nanotecnologia é um processo educativo repleto de tensões e polarizações, que transcende sua especificidade de prática simbólica e se articula com a prática produtiva e social, ora aproximando-se, ora afastando-se da perspectiva de cidadania sociotécnica, de acordo com os modelos de divulgação adotados e os grupos sociais representados nas diferentes mídias.

Palavras-chave: Divulgação científica. Educação não-formal. Mídias. Nanotecnologia. Cidadania sociotécnica.

ABSTRACT

KÖRBES, Cleci. Non-formal Education in the media: Science popularization on nanotechnology. 319 p. Thesis (Doctorate in Technology) – Technology Postgraduate Program, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2013.

Over the last decade, public policies for science and technology popularization have been institutionalized in Brazil. However, there are a limited number of studies on the methodologies used and the contents developed. In this context, the central goal of this thesis is to examine the scientific popularization on nanotechnology in different media that respond to interests and values of different social groups, and to investigate, through a comparative analysis, the characteristics of the science popularization models utilized by these media, the contents addressed and those absent, and their educative function. The methodological approach consists of a content analysis, both qualitative and quantitative, based on the Social Studies of Science and Technology, particularly the Latin American strands, and the studies on non-formal education. The thesis analyzes the Science sections of the open television program *Bom Dia Brasil* and the newspaper *Folha de S. Paulo* produced during the period 2008-2010, and a non-aleatory 20% sample of the webTV interview show *Nanotecnologia do Avesso* exhibited during 2009-2010. The comparative analysis showed that definitions of nanotechnology considerably vary among the media, depending on who produced them and the circumstances that led to their enunciation and stabilization. In *Bom Dia Brasil* and *Folha de S. Paulo* the concept of nanotechnology emphasizes the material artifact, providing scarce information on its socio-technical configuration, while the latter aspect is widely addressed by the program *Nanotecnologia do Avesso*. All the media describe the new properties and functions of the matter in the nanoscale, but differ in the way they do it, according to the interests of the relevant actors represented, some highlighting the potential for innovation that stems from such properties; other stressing the new risks they entail. *Bom Dia Brasil* and *Folha de S. Paulo* emphasize the promises and benefits of these new properties and functionalities, such as more efficient products that will open up new markets, advances in health research and quality of life, and environmental preservation. Such visions reproduce discourses based on linear models that stress the neutrality, inexorability and continuous progress of science and technology. In *Nanotecnologia do Avesso* is preeminent the discussion on potential risks and social, legal and ethical implications of nanotechnology, and the demand for the application of the precautionary principle and mandatory regulation. The conclusion of the thesis is that science popularization on nanotechnology is an educational process full of tensions and polarizations that transcends its specificity of symbolic practice and is articulated to the broader social and productive practice, sometimes approaching, sometimes deviating from the sociotechnical citizenship perspective, depending on the popularization models that are used and the social groups that are represented.

Key-words: Science popularization. Non-formal education. Media. Nanotechnology. Socio-technical citizenship.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de fluxo de informação unidirecional	101
Figura 2 - Nanorrobô limpando artérias.	103
Figura 3 - Protótipo de um submarino.....	103
Figura 4 - Diagrama nanomáquina.....	159

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de artigos sobre nanotecnologia na <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010	143
Gráfico 2 - Local dos artigos selecionados na <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010.....	145
Gráfico 3 - Posição dos artigos sobre nanotecnologia na <i>Folha Ciência</i> , 2008-2010	145
Gráfico 4- Principal assunto abordado nos artigos sobre nanotecnologia na <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010	153
Gráfico 5 - Fontes científicas citadas nos artigos selecionados da <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010	154
Gráfico 6 - Uso de recursos visuais ou didáticos nos artigos da <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010	158

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Roteiro de análise de conteúdo.....	28
Quadro 2 - Tripartição da educação.....	48
Quadro 3 - Síntese das reportagens sobre nanotecnologia em seções de ciência e tecnologia do <i>Bom Dia Brasil</i> , 2008-2010	122
Quadro 4 - Síntese das matérias da <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010, que são objeto de análise	146
Quadro 5 - Programas <i>Nanotecnologia do Avesso</i> do período de 2009-2010 selecionados para análise de conteúdo.....	209

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da nanotecnologia na <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010.....	168
Tabela 2 - Áreas de aplicação da nanotecnologia segundo a <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010	177
Tabela 3 - Principais benefícios da nanotecnologia segundo a <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010	177
Tabela 4 - Horizontes temporais para o desenvolvimento da nanotecnologia segundo a <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010	179
Tabela 5 - Estado de desenvolvimento da nanotecnologia segundo os artigos da <i>Folha de S. Paulo</i> , 2008-2010	180
Tabela 6 - Programas <i>Nanotecnologia do Avesso</i> , 2009 e 2010.....	200
Tabela 7 - Entrevistados no programa <i>Nanotecnologia do Avesso</i> , 2009-2010, por ano e nacionalidade	201
Tabela 8 - Vinculação institucional dos entrevistados do programa <i>Nanotecnologia do Avesso</i> , 2009-2010.....	201
Tabela 9 - Formação dos entrevistados do programa <i>Nanotecnologia do Avesso</i> , 2009-2010, segundo áreas de conhecimento	203
Tabela 10 - Formação dos entrevistados do programa <i>Nanotecnologia do Avesso</i> , 2009- 2010, segundo disciplinas.....	203
Tabela 11 - Principais temas abordados nos programas <i>Nanotecnologia do Avesso</i> , 2009- 2010	206
Tabela 12 - Caracterização resumida e numérica dos programas <i>Nanotecnologia do Avesso</i> do período de 2009 a 2010 selecionados para a análise de conteúdo.....	211
Tabela 13 - Áreas de aplicação da nanotecnologia segundo os programas <i>Nanotecnologia do Avesso</i> selecionados, do período de 2009 a 2010.....	224
Tabela 14 - Potenciais benefícios da nanotecnologia segundo os programas <i>Nanotecnologia do Avesso</i> , entrevistas selecionadas do período 2009-2010.....	225

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABCMC – Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência
- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
- AC – Análise de Conteúdo
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- CGT – Confederação Geral do Trabalho
- CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
- CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- COP-15 – Conferência sobre Mudança Climática
- C&T – Ciência e Tecnologia
- CT&I – Ciência, Tecnologia e Inovação
- CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade
- ELSI – *The ethical, legal, and societal implications*
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EPIs – Equipamentos de Proteção Individual
- ESCT – Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia
- ESCTL – Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia Latinoamericanos
- DEPDI – Departamento de Popularização e Difusão da Ciência e Tecnologia
- DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
- DIESAT – Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho
- FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo
- FAPs – Fundações de Amparo à Pesquisa
- FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
- FDA – *Food and Drug Administration*
- FINEP – Agência Financiadora de Estudos e Projetos
- FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- IIEP – Informação, Intercâmbio, estudos e projetos
- IMIL – Instituto Millenium
- INCA – Instituto Nacional de Câncer

ISO – *International Organization for Standardization*

JC – Jornal da Ciência

MEC – Ministério da Educação

MCT – Ministério da Ciência e da Tecnologia

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MPOG – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

N&N – Nanociência e Nanotecnologia

NBIC – blocos de conhecimento Nano-Bio-Info-Cogno

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ONG – Organização Não-Governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

OPAS – Organização Panamericana da Saúde

PNN – Programa Nacional de Nanotecnologia

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PDP – Política de Desenvolvimento Produtivo

PITCE – Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior

PEP/IS – *Public Engagement with a Problem or an Issue relative to Science*

PPA – Plano Plurianual

PTA – *Participatory Technology Assessment*

PUS – *Public Understanding of Science*

Rede-POP – Rede de Popularização da Ciência e da Tecnologia na América Latina e Caribe

Renanosoma – Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SBPC – Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

SECIS – Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

USAID – Agência Norteamericana para o Desenvolvimento Internacional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 JUSTIFICATIVA	18
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
1.5 ESTRUTURA	30
2 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA COMO MODALIDADE DE EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL 32	
2.1 EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL: UM CONCEITO EM (TRANS)FORMAÇÃO.....	34
2.1.1 Educação não-formal e suas interfaces com a educação formal e informal	47
2.1.2 Breve trajetória histórica da educação não-formal	54
2.2 EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	60
2.2.1 Breve histórico da divulgação científica como forma de educação	61
2.2.2 Modelos de divulgação científica	66
2.2.3 Divulgação científica no Brasil	72
SÍNTESE DO CAPÍTULO	76
3 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: DIVULGAÇÃO EM UMA ÁREA TECNOCIENTÍFICA EMERGENTE.....	79
3.1 NANOTECNOLOGIA: UMA ÁREA TECNOCIENTÍFICA EMERGENTE	79
3.2 IMPLICAÇÕES SOCIAIS, LEGAIS, ÉTICAS E RISCOS DA NANOTECNOLOGIA	85
3.3 NANOTECNOLOGIA NO BRASIL: POLÍTICAS, DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E IMPLICAÇÕES SOCIAIS, LEGAIS E ÉTICAS	90
3.3.1 Implicações sociais, legais e éticas na política de nanotecnologia do Brasil	95
3.4 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE NANOTECNOLOGIA	99
3.4.1 Divulgação sobre nanotecnologia em nível internacional.....	101
3.4.2 Divulgação de nanotecnologia no Brasil – Antecedentes.....	108
SÍNTESE DO CAPÍTULO	113
4 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA TELEVISÃO: NANOTECNOLOGIA NO <i>BOM DIA BRASIL</i>, 2008-2010	116
4.1 CARACTERÍSTICAS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA MÍDIA TELEVISIVA.....	118
4.2 OS PROGRAMAS SOBRE NANOTECNOLOGIA NO <i>BOM DIA BRASIL</i>	121
4.2.1 Definição de nanotecnologia.....	124
4.2.2 Promessas, aplicações, riscos e implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia	128
CONCLUSÕES.....	134

5 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO JORNAL: NANOTECNOLOGIA NA FOLHA DE S. PAULO, 2008-2010	137
5.1 CARACTERÍSTICAS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM JORNAL	138
5.2 ESTUDO DE CASO – FOLHA DE S. PAULO	141
5.2.1 O gênero textual da divulgação científica	157
5.2.2 Definições de nanotecnologia	162
5.2.3 Visões sobre nanotecnologia e a sociedade do futuro	167
5.2.4 Promessas, aplicações, riscos e implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia	182
CONCLUSÕES	189
6. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM WEBTV: O PROGRAMA NANOTECNOLOGIA DO AVESSE, 2009-2010	193
6.1. CARACTERÍSTICAS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA MÍDIA VIRTUAL E A EXPERIÊNCIA DO PROJETO <i>ENGAJAMENTO PÚBLICO EM NANOTECNOLOGIA</i> ...	195
6.2. ESTUDO DE CASO – NANOTECNOLOGIA DO AVESSE	199
6.2.1 Caracterização do total de programas <i>Nanotecnologia do Avesse</i> do período de 2009 a 2010	200
6.2.2 Análise de conteúdo dos programas <i>Nanotecnologia do Avesse</i> do período de 2009 a 2010 selecionados para análise	207
6.2.2.1 Definição de nanotecnologia	212
6.2.2.2 Políticas públicas e visões sobre a nanotecnologia e a sociedade do futuro ...	215
6.2.2.3 Incertezas e riscos da nanotecnologia	226
6.2.2.4 Implicações sociais da nanotecnologia	241
6.2.2.5 Implicações legais da nanotecnologia	245
6.2.2.6 Implicações éticas da nanotecnologia	250
6.2.2.7 Nanotecnologia, educação e participação cidadã	253
CONCLUSÕES	262
REFLEXÕES FINAIS	268
REFERÊNCIAS	279
APÊNDICE 1 – PROGRAMAS NANOTECNOLOGIA DO AVESSE DO ANO DE 2009 ...	310
APÊNDICE 2 – PROGRAMAS NANOTECNOLOGIA DO AVESSE DO ANO DE 2010 ...	315

1 INTRODUÇÃO

Esta tese analisa o conteúdo sobre nanociência e nanotecnologia divulgado na mídia clássica ou tradicional, compreendendo a mídia impressa (jornal) e a mídia eletrônica (televisão), e na nova mídia (internet)¹. Dentre as mídias tradicionais foram selecionadas para análise as seções de Ciência e Tecnologia do telejornal *Bom Dia Brasil*, da Rede Globo, e do jornal *Folha de S. Paulo*, do Grupo Folha; e como nova mídia o programa *Nanotecnologia do Avesso*, exibido pela webTV *All TV* e organizado pela Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma, em adiante).

Partimos da hipótese de que as abordagens de divulgação científica², os conteúdos divulgados e a função educativa da divulgação em ciência e tecnologia nas diferentes mídias respondem aos objetivos, interesses e valores dos grupos sociais que promovem tais iniciativas. Para tanto, realizamos a análise de conteúdo a partir dos fundamentos dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia (ESCT), em especial os Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia Latinoamericanos (ESCTL), e da educação não-formal e informal buscando evidenciar se, de acordo com nossa hipótese, os casos estudados, que respondem a diferentes grupos de interesse, efetivamente apresentam características e conteúdos diferentes de divulgação e funções educativas distintas.

A meta da tese é problematizar o caráter educativo da divulgação científica na mídia. Se “toda imprensa é educativa, constrói sentido para a vida” (GADOTTI, 2007, p. 29), questionamos: que sentidos são construídos pelas diversas mídias sobre ciência e tecnologia e, mais especificamente, sobre nanociência e nanotecnologia? Esses sentidos podem ser explicitados pelos conteúdos presentes e ausentes, pelas formas de tratamento das informações e são influenciados pela

¹ Classificação de Dizard Júnior (2000, p. 291-2), no glossário do livro “A nova mídia”, citada por Teruya (2006).

² Utilizamos esse termo no sentido apontado por Baumgarten: “A comunicação e divulgação científica envolvem a construção de uma *ecologia de saberes* e não apenas a tradução da linguagem científica para o público leigo (popularização) ou a disseminação dentre as coletividades científicas de conhecimentos (difusão) específicos ao próprio campo. [...] Expressões como comunicação pública da ciência, vulgarização científica e jornalismo científico também são usadas para essa finalidade” (BAUMGARTEN, 2011, p. 130, grifos no original). Na Colômbia é usada a expressão apropriação social da ciência e tecnologia para abranger essas atividades, segundo Pérez-Bustos et al (2012).

variedade de atores e grupos sociais que obtêm espaço em cada mídia para manifestar suas visões e interesses.

Na área da educação, vem crescendo em importância a *educação para a mídia* (BELLONI, 1994; 2009) ou *pedagogia da comunicação* (GADOTTI, 2007), que se refere à inclusão dos estudos sobre as mídias no currículo escolar. A educação para a mídia é uma das dimensões da mídia-educação³, voltada à análise dos conteúdos difundidos nos meios de comunicação sobre diversos temas e sob diversos enfoques conceituais, ou seja, toma a mídia como objeto de estudo para submetê-la a uma análise crítica e dominar as suas linguagens para não ser dominado por ela. Para tanto, no nosso entendimento, pressupõe estudos sistemáticos sobre os conteúdos abordados pelos meios de comunicação, de modo a não fetichizá-los e nem menosprezá-los e a compreender as suas características e particularidades formativas. Essa é a contribuição pretendida com a pesquisa.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Na relação estabelecida entre os meios de divulgação científica e o público, coexistem dois modelos de comunicação pública da ciência contraditórios: os modelos unidirecionais (de déficit e contextual) e os modelos dialógicos (experiência leiga e participação pública ou engajamento público). Os primeiros modelos partem da concepção de que o público possui um baixo grau de compreensão da ciência e tecnologia (C&T) e de que o papel da divulgação é suprir este déficit de informação com a tradução do conhecimento científico (modelo de déficit cognitivo) e prover orientação para a elaboração das mensagens sobre ciência que sejam relevantes em determinados contextos (modelo contextual). Os segundos modelos, dialógicos, concebem que o público possui conhecimentos e valores que não podem ser menosprezados, de modo que a comunicação da ciência deveria levar em conta a informação, o conhecimento e a experiência da comunidade em resolver problemas

³ A mídia-educação considera três dimensões indissociáveis: 1) a mídia como objeto de estudo (educação para as mídias); 2) a mídia como meio pedagógico (educação com mídias) (BELLONI, 2009); e a apropriação das mídias como ferramentas de expressão e participação (educação pelas mídias) (BÉVORT; BELLONI, 2009). A Agenda de Paris (UNESCO, 2007) enfatiza o papel dos sistemas educacionais na promoção da mídia-educação e a importância de integrá-la na formação inicial de professores.

técnico-científicos (modelo de experiência ou *expertise* leiga) e estimular a participação do público na discussão de questões técnico-científicas (modelo de participação pública) (LEWENSTEIN, 2003).

No Brasil ainda prevalece o modelo de déficit (MOREIRA; MASSARANI, 2002; KÖRBES, 2008), assim como em outros países da América Latina e Caribe (LOZANO, 2005; MASSARANI; BUYS, 2009; PÉREZ-BUSTOS et al, 2012; LOZANO-BORDA; PÉREZ-BUSTOS; ROATTA-ACEVEDO, 2012). Apesar dessa realidade, há indicativos de traços do modelo de participação pública: na divulgação científica realizada pela *Folha de S. Paulo* (KÖRBES, 2008); e na abordagem de controvérsias científicas, ainda que insuficiente, em museus de ciência (FARES; NAVAS; MARANDINO, 2007).

Isso remete a um questionamento sobre qual a divulgação pretendida para o Brasil. As noções sobre C&T que Moreira (2009), responsável pelo Departamento de Popularização e Difusão da Ciência e Tecnologia (DEPDI), do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), considera fundamentais para qualquer pessoa no mundo contemporâneo são: resultados, métodos e usos da C&T; riscos e limitações; interesses e determinações (econômicas, políticas, militares e culturais). Ele argumenta que com uma divulgação da ciência que leve em conta essas noções se promove a chamada cultura científica.

O autor destaca que “faltam também estudos e análises mais aprofundadas sobre as estratégias, práticas e o impacto das atividades de divulgação e sobre as características, atitudes e expectativas da audiência” (MOREIRA, 2009, p. 69). A presente pesquisa vai ao encontro dessa percepção do autor, propondo-se a avaliar, com profundidade, o conteúdo divulgado em mídias novas e tradicionais. De modo particular, pretendemos investigar como é tratada a relação entre nanotecnologia⁴ e sociedade, com base na análise conceitual dos conteúdos divulgados, das dimensões metodológicas e das ferramentas empregadas, que representam a adoção de determinados modelos de divulgação da ciência e tecnologia e que

⁴ Utilizaremos o termo nanotecnologia para denominar todos os processos que visam o seu desenvolvimento, inclusive a nanociência. Conforme Fiedeler, Grunwald e Coenen (2005), a nanotecnologia é mais ciência que tecnologia, pois muitos dos conceitos estão em fase inicial de pesquisa e desenvolvimento. Todavia, entendemos que mesmo a pesquisa científica básica está orientada para determinados fins em termos tecnológicos, ou seja, a tecnologia é construída em estreita relação com a ciência desde os seus estágios iniciais.

podem conotar não apenas diferentes perspectivas de comunicação, como também de educação.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo central da tese é examinar os processos de divulgação da nanotecnologia em diversas mídias, que respondem a interesses e valores de grupos sociais diferentes, e indagar, mediante uma análise comparativa, quais são as características dos modelos de divulgação utilizados, quais são os conteúdos referenciados e não abordados, e qual é sua função educativa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as definições de nanotecnologia apresentadas nas mídias selecionadas;
- Examinar as visões sobre a nanotecnologia presentes nos meios analisados;
- Identificar de que forma são tratados os potenciais benefícios, os potenciais riscos e as implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia;
- Observar as formas de construção dos discursos sobre nanotecnologia por meio de metáforas, narrativas de ciência-ficção, comparações, infográficos, imagens e outras ferramentas pedagógicas;
- Mapear comparativamente a presença e a ausência de temas entre as mídias analisadas;
- Examinar, mediante análise comparativa, se e como, a forma de abordar as questões anteriores, reflete diversos interesses e valores; e,
- Analisar que tipo de função educacional caracteriza cada mídia.

1.3 JUSTIFICATIVA

Diversos países, em todos os continentes, vêm atribuindo importância estratégica à nanotecnologia, considerada por muitos uma tecnologia revolucionária. Os EUA têm a liderança mundial em publicações e patentes de nanotecnologia, seguidos pelo Japão e China, conforme indica Hunt (2008). De acordo com o autor, na Europa as contradições entre o desenvolvimento tecnológico de ponta e as preocupações do público são provavelmente mais agudamente sentidas do que nos EUA, no Japão e em outras partes do planeta, por isso não tem a mesma cultura comercial agressiva. Essas contradições levam empresas européias a investirem no exterior ou a ameaçarem fazê-lo. Diversas medidas vêm sendo adotadas para estimular a inovação e comercialização, mas nesse contexto vem novamente à tona a tensão entre regular para a sustentabilidade ou desregular para estimular o empreendedorismo. Já os americanos, segundo Mills (2008), têm uma atitude bastante positiva em relação às inovações tecnológicas em nanotecnologia. Portanto, a nanotecnologia é um tema emergente, em aberto, que permite captar tensões e posicionamentos diversos na *sociedade civil*, por parte de cientistas e de outros grupos sociais.

O Japão conta com alto investimento privado em nanotecnologia e a política de C&T do país a colocou, junto com a ciência de materiais, como prioridade desde 2001. No ano de 2005, ao menos seis departamentos do governo já estavam envolvidos nas discussões sobre as políticas de nanotecnologia, entre eles educação e ciência, economia e comércio, saúde, agricultura, meio ambiente e assuntos internos (MASAMI; HUNT; MASAYUKI, 2008).

O Brasil também considera a nanotecnologia uma área estratégica ou “área portadora de futuro” à qual dedica um orçamento crescente. Em revisão sobre os dez primeiros anos da política brasileira de Nanociência e Nanotecnologia (N&N), Invernizzi, Körbes e Fuck (2012) assinalam que a área de nanotecnologia começou a ser estruturada pelo MCTI no final do ano de 2000, com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) às primeiras redes de pesquisa cooperativa. Em 2003 foi elaborado o documento-base que subsidiou a formulação do primeiro programa de nanotecnologia, em 2004.

Desde a criação desse programa até 2009 o MCTI, através de suas agências, investiu aproximadamente 314 milhões de reais na melhoria de infraestrutura de pesquisa, na formação de recursos humanos, na pesquisa básica, nos projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em parceria com empresas. Além disso, as Fundações de Amparo a Pesquisa (FAPs) de alguns estados, como São Paulo, também vêm destinando recursos para pesquisas em N&N.

As primeiras políticas de nanotecnologia surgiram em um contexto de manifestações de organizações da sociedade civil e dos consumidores em geral em relação a outros desenvolvimentos científico-tecnológicos. Em vários países, foi de particular importância o questionamento pela população dos Organismos Geneticamente Modificados, seja por seus possíveis riscos ou por suas implicações sociais. A situação tomou maior relevância na Europa, atingida também pelo “mal da vaca louca”⁵ (INVERNIZZI; KÖRBES; FUCK, 2012; MACNAGHTEN; KEARNES; WYNNE, 2005). Seguindo a estratégia adotada pioneiramente pelo Projeto Genoma Humano, as políticas de nanotecnologia dos Estados Unidos e da União Europeia incorporaram, desde o início, ações para a avaliação de aspectos éticos, legais e sociais (ELSI, na sigla em inglês), assim como para a informação pública sobre nanotecnologia. Estas três categorias de implicações da nanotecnologia, aplicáveis também a outras tecnologias, são detalhadas por Moore (2002): nas implicações éticas se incluem as relações universidade-indústria, abusos da tecnologia, desigualdades sociais e concepções de vida; as implicações legais dizem respeito a concepções de propriedade, propriedade intelectual, privacidade e regulação; e as implicações sociais envolvem as questões ambientais, de saúde, econômicas e educacionais.

O estudo dos componentes ELSI da nanotecnologia consiste em analisar em que condições sociais se produz a nanotecnologia, de que forma essas condições a modelam e em que medida o seu desenvolvimento influencia a sociedade, esclarece Lewenstein (2005). É precisamente na fase inicial de uma tecnologia que estes estudos podem trazer maiores contribuições às políticas públicas em C&T, pois permitem antecipar problemas e riscos, desenvolver princípios éticos e orientar o desenvolvimento da tecnologia com valores e finalidades sociais. No Brasil, essas ações vêm sendo timidamente incorporadas pela política de nanotecnologia desde

⁵ O “mal da vaca louca” se deve à alimentação de gado com proteína animal.

os últimos anos da década passada. Cabe notar que as visões sobre nanotecnologia produzidas pelo Estado são divulgadas em documentos de política, meios de comunicação social e outros espaços.

Em face das transformações na relação ciência-tecnologia-sociedade, as políticas de C&T, como a política de N&N, têm incorporado novas questões, entre elas a informação pública e a participação pública em C&T. Assim, a divulgação científica, que é uma dentre um rol de práticas de educação não-formal, tem recebido forte apoio e desenvolvimento nos últimos anos, especialmente a partir da criação, em 2003, do DEPDI, no âmbito da Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social (SECIS), do MCTI. O DEPDI formula políticas e implementa programas de popularização da C&T, colabora com a melhoria do ensino de ciências nas escolas, em parceria com o Ministério da Educação (MEC) e com as secretarias estaduais de educação, apoia centros e museus de ciência⁶ e eventos de divulgação científica⁷, com o objetivo de “contribuir para a melhoria da divulgação científica e da educação científica” (MOREIRA, 2009).

A conjuntura está favorável à ampliação das atividades de popularização da C&T. Na 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação realizada em maio de 2010, a Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência (ABCMC), vinculada à Rede de Popularização da Ciência e da Tecnologia na América Latina e Caribe (Rede-POP), apresentou o *Programa Nacional POP Ciência 2022*:

O Programa Nacional POP Ciência 2022 estabelece metas para os próximos 12 anos e se propõe a envolver entidades, instituições, empresas, profissionais, comunidades e governos que reconhecem a importância da ciência para o desenvolvimento social, assim como sua popularização para a formação de cidadãos capazes de identificar e compreender, criticamente, as possibilidades e os limites do saber científico na sociedade e na nossa história (ABCMC, 2010, p. 1)

Este programa, assim como muitos outros, preocupa-se também com a redução das desigualdades regionais na distribuição dos espaços ou “equipamentos” científico-culturais, pois como o próprio documento indica, uma

⁶ Uma das iniciativas interessantes é o programa Ciência Móvel que favorece a itinerância de atividades de museus. Em 2012, por exemplo, parte do acervo itinerante da Estação Ciência da USP foi levada à Penitenciária de Parelheiros como parte das atividades educativas desenvolvidas pela Secretaria de Administração Penitenciária para oferecer ferramentas educacionais e culturais que favorecem a ressocialização dos detentos e o acesso de famílias dos detentos a este tipo de equipamento cultural (ASCOM DA ESTAÇÃO CIÊNCIA, 2012).

⁷ Conforme <<http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/11783/Atribuicoes.html>>. Acesso em 08 fev. 2013.

pesquisa do MCTI constatou que 96% da população brasileira nunca visitou espaços desse tipo por causa da inexistência dos mesmos em suas cidades.

Para mudar essa situação, o programa que será discutido pela ABCMC com o MCTI (OLIVEIRA, 2011) estabelece como metas a “criação de uma lei federal para o desenvolvimento da popularização da ciência no país, integrada ao ensino e à pesquisa [...]”, bem como a “implantação de políticas interministeriais voltadas à realização de ações integradas no campo da educação formal e não formal, contemplando também a educação básica” (ABCMC, 2010, p. 2). O documento prevê também a inserção da formação em divulgação científica no nível superior, o estabelecimento de uma política sistemática de financiamento da divulgação científica com destinação de 5% dos recursos de fundos setoriais para a área, a meta de no mínimo 25% da população ter acesso a espaços científicos e culturais, a criação de instrumentos legais para o envolvimento da comunidade acadêmica das universidades em atividades de divulgação científica, entre outras metas.

Um importante passo dado nesse sentido foi o lançamento, em 23 de julho de 2012, da nova plataforma Lattes, que conta com abas em que os pesquisadores podem inserir suas atividades de educação e popularização da C&T. Com essas mudanças, os critérios de avaliação de projetos do CNPq passaram a considerar a contribuição das pesquisas para nessa área (ASCOM DO CNPq, 2012).

Pari-passu, pesquisas têm evidenciado que a mídia é o principal meio utilizado pela população para obtenção de informações atualizadas sobre a C&T, ou seja, é o principal meio de educação continuada ou educação ao longo da vida em C&T. A pesquisa de Castellini *et al* (2007), por exemplo, constatou que cerca de metade dos norteamericanos entrevistados que tinham ouvido falar sobre nanotecnologia obtiveram as informações pela mídia, especialmente pela mídia de massa (televisão, revistas e jornais), e também por meio de outras mídias (internet, filmes e livros). Somente 28% mencionaram a escola ou outras pessoas.

Em pesquisa realizada pelo MCTI, com a colaboração da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO (MCT, 2011; FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2011) com homens e mulheres de idade igual ou superior a 16 anos, constatou-se que os meios de informação sobre C&T mais utilizados no país são, nessa sequência: a televisão (71%), os jornais (51%), os amigos (46%), as revistas (43%), a internet (34%), os livros (33%), o rádio (22%) e

manifestações sobre C&T (6%)⁸. Na comparação com os dados de pesquisa anterior (realizada em 2006) observamos que a principal mudança está no uso da internet, que passou de 9 para 13% entre os que a utilizam com muita frequência para obter informações sobre C&T e de 14 para 21% entre os que a utilizam com pouca frequência para o mesmo fim. Portanto, a televisão e os jornais são as principais fontes de informação sobre C&T no Brasil. Ademais, vale lembrar que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) vêm possibilitando a criação de estratégias alternativas de comunicação, como os blogs e programas virtuais.

Apesar das diferenças culturais e educacionais, nesta questão o Brasil não difere muito de outros países. Internacionalmente, a televisão também é a principal fonte de informação sobre temas de C&T, ainda que o uso da internet esteja crescendo. Nos EUA, a televisão é a principal fonte de informação sobre questões gerais de C&T, seguida pela internet (na segunda posição)⁹ e pelos jornais e revistas (empatados na terceira posição) (NATIONAL SCIENCE BOARD, 2010; SHIMIZU, 2013). Na Europa, a TV é o meio mais popular de obtenção de informações sobre pesquisa científica, seguida pelos jornais e revistas e, por último, pela internet e programas de rádio, que disputam a terceira posição (EUROPEAN COMMISSION, 2007).

A crescente homogeneização dos conteúdos das mídias sob a aparência de diferenciação são fenômenos observados por Bourdieu (1997) e Castells (2012). As causas seriam, de acordo com os autores, respectivamente, a pressão da audiência e dos anunciantes, e a integração entre grandes corporações midiáticas. No que concerne a esse aspecto, é importante notar que as *Organizações Globo* e o *Grupo Folha*, outros dois grandes grupos de mídia (a *Editora Abril* e o *Grupo Estado*), grandes empresas de diversas áreas e particulares, entre eles pessoas ligadas ao sistema financeiro, patrocinam o *Instituto Millenium* (IMIL)¹⁰ e estão com ele articulados (PRADO, 2012; JOSÉ, 2012; FORTES, 2013).

⁸ Esses valores correspondem à soma das respostas de quem utiliza os meios com muita frequência e com pouca frequência. Se considerarmos os meios mais utilizados com muita frequência teremos a seguinte ordem de prioridade: TV (19%), jornais (14%), revistas e internet (empatadas em 13%), amigos (11%), livros (10%), rádio (5%) e manifestações sobre C&T (2%) (MCT, 2011).

⁹ A ordem de importância se altera quando se trata de questões científicas específicas. Nesse caso, prevalece o uso da internet sobre a televisão.

¹⁰ Criado em 2005 com o nome "Instituto da Realidade" e transformado em Instituto Millenium em 2009 após ser qualificado como Organização Social de Interesse Público (OSCIP) pelo Ministério da Justiça. Esta ONG é algumas vezes considerada semelhante ao Instituto de Pesquisas e Estudos Sociais (IPES), fundado em 1961, que participou da criação das bases para o golpe militar de 1964 (PRADO, 2012).

Os quatro grandes grupos de mídia vinculados a esta ONG são economicamente dominantes na comunicação social de massa no Brasil e, por conseguinte, têm o potencial de obter o domínio na produção cultural, o “consentimento” ideológico ou o “consenso”, fatores que no sentido gramsciano, favorecem a sua hegemonia, ou seja, sua dominação econômica e sua liderança política e ideológica que pode se materializar na organização das instituições sociais (GRAMSCI, 1988) e influir, portanto, na construção do Estado.

Entendemos Estado no sentido ampliado proposto por Gramsci, composto pela *sociedade política*, que exerce a força e a coerção, formada por mecanismos como o poder executivo, judiciário e civil-militar; e a *sociedade civil*, composta pelo conjunto de organizações que elaboram e difundem ideologias, como as escolas, os sindicatos, as igrejas, as organizações profissionais e os meios de comunicação de massa, obtendo o consenso “espontâneo” da população à orientação dos grupos que alcançam o prestígio ou a confiança a partir da posição e função que ocupam na produção cultural (GRAMSCI, 1988; REGO, 1991).

De acordo com Rego, os meios de comunicação merecem destaque entre as organizações da *sociedade civil*, pois na época de Gramsci (anos 1930),

estavam ainda na fase embrionária, e a televisão nem sequer fazia parte dos projetos futurísticos da época. Isto só seria possível no início da década de 50. É exatamente através dos meios de comunicação modernos, que se dá a canalização da direção intelectual e moral, difundindo eficazmente ideologias, da classe hegemônica vigente (REGO, 1991, p. 2).

Nesse sentido, a identificação de uma mídia que não tem ligação com o *Instituto Millenium* abre a hipótese de uma contra hegemonia ao grupo dominante, com sistematização de ideias e práticas populares, expandindo a formação do “consenso” pela explicitação e incorporação dos interesses de vários grupos sociais relevantes, pois a política (inclusive a política de C&T) é um terreno de luta (GRAMSCI, 1998; REGO, 1991; BOTTOMORE, 2001).

Por essas razões, justifica-se a análise da informação sobre nanotecnologia divulgada ao público através de meios do grupo hegemônico, o jornal impresso *Folha de S. Paulo*, do Grupo Folha, e o telejornal *Bom Dia Brasil*, da Rede Globo, integrante do grupo Organizações Globo; e de um grupo potencialmente contra hegemônico, por meio do programa *Nanotecnologia do Avesso*, transmitido pela webTV AllTV. Dessa maneira poderemos verificar em que medida e como as complexas relações entre a nanotecnologia e sociedade são abordadas nesses

espaços de difusão de opiniões, visões, ideologias e conhecimentos, em ações de caráter essencialmente político e pedagógico, bem como identificar as similaridades e diferenças nos conteúdos abordados.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atender ao propósito de problematizar o sentido pedagógico dos textos, reportagens e entrevistas das mídias escolhidas, cabe inicialmente revisar metodologias utilizadas no âmbito da educação. De acordo com Cohen (2007), as ferramentas metodológicas geralmente utilizadas nos estudos de educação não-formal (ou *informal education*, na denominação do autor) são similares às usadas nas pesquisas sobre educação escolar. O autor identificou uma variedade de métodos qualitativos e quantitativos, entre eles a categoria de *análise de materiais*, por exemplo, a análise de uma exposição de museu, os *estudos de caso* para examinar um fenômeno mais amplo e o *inventário de programas*, registro de programas oferecidos sobre um determinado assunto ou período de tempo.

O autor destaca que utilizar uma variedade de métodos de pesquisa enriquece a análise nos estudos de educação não-formal e que não são necessárias técnicas especializadas para a pesquisa nessa área. Entretanto, a abrangência da área requer a consciência dos pesquisadores sobre a variedade de ferramentas, a escolha dos instrumentos mais apropriados para cada situação e a combinação de diversos instrumentos de pesquisa se isso auxiliar para a obtenção de uma visão mais completa do assunto. Para tanto, sugere uma abordagem que combine a variedade de instrumentos metodológicos, as metodologias qualitativas e as quantitativas e uma abordagem cumulativa para analisar um conjunto de estudos, melhorando o conhecimento do campo (COHEN, 2007).

Para atingir o objetivo central de examinar a divulgação da nanotecnologia em diversas mídias, compará-las entre si, examinar como a forma e conteúdo da divulgação expressa diversos interesses, e indagar sobre sua função educativa, será analisado o conteúdo sobre este tema presente em seções científicas dos meios selecionados, com especial atenção à abordagem das suas promessas e implicações legais, éticas e sociais e riscos.

A análise de conteúdo (AC) é uma metodologia de pesquisa utilizada na descrição e interpretação de inúmeros tipos de documentos e textos, permitindo a reinterpretação das mensagens e significados para uma compreensão aprofundada do fenômeno que se propõe a investigar (MORAES, 1999). Segundo Bardin, a AC é:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 1977, p. 42).

A AC pode ser qualitativa, com exame das características do conteúdo, e quantitativa, mediante observação da frequência das características do conteúdo (CAREGNATTO; MUTTI, 2006). Ao longo do tempo, as abordagens qualitativas têm sido mais valorizadas e junto com isso admite-se que as leituras ou interpretações do pesquisador não são neutras. As mensagens podem ter vários significados e existem múltiplas possibilidades para sua análise, evidenciando a necessidade de compreender o contexto da mensagem para compreender o texto (MORAES, 1999). O contexto e a intencionalidade subjacente à produção do texto devem ser explicitados, ainda que não seja possível reconstruir todas as condições da produção do texto (MORAES, 1999; OLIVEIRA, 2008), condições difíceis de identificar no caso da mídia (GRILLO; DOBRANSZKY; LAPLANE, 2004).

A análise categorial, em que se classificam as significações dos textos em categorias temáticas, ou seja, a partir dos temas ou assuntos que têm em comum em relação ao objeto de pesquisa, é a forma pela qual se realiza a AC. A técnica da AC segue basicamente três etapas: 1) a pré-análise – fase de seleção e organização do material, onde se procede a uma primeira leitura do material (a leitura flutuante, sem intenção de perceber elementos específicos nos textos), toma-se a decisão sobre quais materiais estão de acordo com os objetivos da pesquisa e devem compor o *corpus* de análise, e elaboram-se hipóteses provisórias; 2) a exploração do material ou codificação – releitura de todo material, identificação dos significados e codificação/agrupamento em categorias empíricas (unidades de análise) relacionadas ao objeto de pesquisa segundo características comuns e; 3) o tratamento dos resultados e interpretação – identificação das características de semelhança ou diferença entre os dados, descrição, categorização em unidades temáticas e interpretação (BARDIN, 1977).

Para interpretar o significado do conteúdo, existem diversas abordagens: 1) a vertente de fundamentação teórica explicitada *a priori* e a que constrói a teoria com base nas informações das categorias de análise (MORAES, 1999); 2) a abordagem convencional, que consiste na extração de códigos de análise diretamente dos dados durante a análise dos mesmos; 3) a direcionada, em que uma teoria ou resultados de pesquisa relevantes orientam a formulação das categorias iniciais, que podem ser redefinidas durante a análise de dados e; 4) a somativa, em que se faz a contagem de palavras-chave ou conteúdos derivados do interesse do pesquisador ou da revisão de literatura, comparações e interpretação do contexto (HSIEH; SHANNON, 2005). O esforço de interpretação, segundo Moraes (1999), não é só sobre conteúdos manifestos e explícitos, mas também sobre os ocultados consciente ou inconscientemente pelos autores.

Nossa abordagem de AC contempla uma combinação de elementos dessas vertentes, com ênfase maior na fundamentação teórica explicitada *a priori* ou abordagem direcionada. É importante explicitar os referenciais teóricos tomados como referência para a análise categorial, pois, segundo Oliveira:

As categorias representam a reconstrução do discurso a partir de uma lógica impressa pelo pesquisador, portanto expressam uma intencionalidade de re-apresentar o objeto de estudo, a partir de um olhar teórico específico. Essa lógica aplicada ao objeto de estudo e as construções teóricas dela emanadas precisam ser explicitadas, em termos do objeto reconstruído pela análise num trabalho posterior à aplicação da técnica (OLIVEIRA, 2008, p. 572-3).

Consideramos relevantes para a interpretação ¹¹ das informações os elementos teóricos dos ESCT, dos estudos de divulgação ou comunicação científica (em geral e sobre nanotecnologia) e de educação não-formal e informal, cujos fundamentos serão explicitados nos capítulos seguintes.

Nossa AC é auxiliada pelas seguintes reflexões já realizadas sobre processos de divulgação: a) as narrativas informativas e de ciência-ficção e as imagens, como meios mobilizados pelos jornalistas para apresentar o conteúdo; b) o enfoque de Marx e Smith (1996) sobre as narrativas; c) o estudo de Lösch (2006) sobre o uso de imagens de nanotecnologia como norteadoras e; d) as expressões metafóricas, empregadas em artigos escritos por autores cientistas/pesquisadores com o propósito explicativo e em matérias de autores jornalistas como recurso explicativo e

¹¹ A falta da explicitação do referencial teórico do analista/pesquisador é uma das críticas feitas à técnica de análise de conteúdo.

principalmente ornamental, para envolver o leitor não-especialista (GOMES, 2000) ou para a construção de uma teoria e a recontextualização e explicação de uma teoria, respectivamente (ZAMPONI, 2009). Na etapa de codificação do material e de extração das categorias empíricas dos textos, consideraremos como parâmetros potenciais as categorias utilizadas por Invernizzi (2008) e Invernizzi e Cavichiolo (2009), que investigaram, respectivamente, visões de cientistas e informação pública sobre nanotecnologia, ambos em meios de divulgação.

Para o exame do balanço entre as promessas da nanotecnologia e os seus potenciais riscos e implicações para a sociedade, consideram-se as categorias utilizadas por Stephens (2005, p. 185) que permitem avaliar o sentimento relativo a riscos e benefícios em textos de divulgação sobre nanotecnologia: a) não aplicável; b) benefícios superam riscos; c) riscos superam benefícios; d) riscos/benefícios necessitam ser considerados, mas não fica claro se benefícios devem ser considerados mais ou menos que riscos; e) limites técnicos ao progresso, limites não associados com implicações éticas, legais e sociais da nanotecnologia.

As variáveis e os indicadores de análise foram construídos a partir da interface entre a revisão teórica e uma primeira análise dos materiais pesquisados e depois adaptados às características de cada meio de divulgação científica. De antemão, com base na revisão de literatura, detalhamos categorias temáticas gerais, que podem ser adaptadas para cada mídia, conforme o Quadro 1:

Quadro 1 - Roteiro de análise de conteúdo

(continua)

Artigo/Programa:	Duração:	Número de Referência:
1. Autor/entrevistado	Instituição	
	Formação	
	Outras informações	
2. Fontes científicas e institucionais citadas	Fontes nacionais citadas	
	Fontes estrangeiras citadas	
3. Características do texto/apresentação da entrevista	Localização no jornal, revista, programa.	
	Contexto da publicação (exemplo: eventos importantes ocorridos na política de nanotecnologia)	
	Linguagem: - Explicações científicas; - Uso de recursos didáticos (quadros, infogramas, esquemas, gráficos, figuras, imagens e outros); - Narrativas ficcionais ou de ciência-ficção; - Narrativas informativas do tipo before-and-after model (conforme MARX; SMITH, 1996); - Metáforas; - Comparações entre objetos conhecidos e estranhos	
	Público-alvo (para quem fala?)	
	Unidades de análise, temas e subtemas abordados	
4. Mitos de origem, definição de nanotecnologia e processos de pesquisa	Origens da nanociência e nanotecnologia: fundadores, principais momentos, descobertas	
	Referência à controvérsia fundante da nanotecnologia (BENSAUDE-VINCENT, 2006), ou seja, ao debate Drexler-Smalley ou a termos que os identificam como nanomáquinas e <i>self assembly</i>	
	Origens: contexto social e a relação com desenvolvimento da C&T no Brasil	
	Como se define nano? (Escala, natural, interdisciplinaridade, convergência, outras)	
	Caracterização da nanotecnologia como continuidade ou ruptura tecnológica	
	Aparelhos ou instrumentos necessários para a pesquisa, espaço, técnicas e processos de pesquisa	
Prazo em que as aplicações estarão disponíveis		

(conclusão)

5. Conteúdo das visões sobre nanotecnologia	Como será a sociedade no futuro?
	Áreas de aplicação da nanotecnologia
	Implicações legais (concepções de propriedade, propriedade intelectual, privacidade, regulação)
	Implicações sociais (questões ambientais, de saúde, econômicas, educacionais, problemas sociais) e soluções através da nanotecnologia.
	Implicações éticas (relações universidade-indústria, abusos da tecnologia, desigualdades sociais, concepções de vida)
	Benefícios
	Riscos para saúde, o meio ambiente ou outros
	Sentimento relativo à relação entre riscos e benefícios (conforme Stephens, 2005, p. 185): não aplicável; benefícios superam riscos; riscos superam benefícios; riscos e benefícios devem ser considerados, mas não fica claro se benefícios devem ser considerados mais ou menos que riscos; limites técnicos ao progresso, limites não associados com implicações éticas, legais e sociais da nanotecnologia.
	A comunidade científica pode controlar riscos, administrar implicações?
	Grau de plausibilidade/incerteza das visões de acordo com os argumentos oferecidos pelo próprio autor
	Conteúdo valorativo/normativo e ideológico envolvido nas visões. Exemplos.
Interesses acadêmicos, empresariais, econômicos ou outros presentes nas visões. Exemplos.	
6. Potencialidades da pesquisa em nanotecnologia no Brasil.	Situação e potencialidades do Brasil no panorama de pesquisa mundial em nanotecnologia
	Razões que justificam o suporte a pesquisa em nanotecnologia no Brasil
	Papel da pesquisa em nanotecnologia para o desenvolvimento econômico e para desenvolvimento social
	Referências à relação entre pesquisa, desigualdade social e acesso às tecnologias
	Como é avaliada a política de nanotecnologia?
	Quais são as principais dificuldades para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil?
	Situação mundial da pesquisa e política de nanotecnologia.
	Como se vê a resistência ou adesão social a novas tecnologias?
	Há referências a conflitos ciência-sociedade no passado?
	Há referências à informação do público?
	Há referências à participação pública?

Fonte: Adaptado de Invernizzi (2008) e Invernizzi e Cavichiolo (2009), com base nos materiais selecionados e na revisão de literatura, 2013.

1.5 ESTRUTURA

A tese é estruturada em cinco capítulos, além do introdutório (capítulo 1), que apresentou o problema, os objetivos, a justificativa e a metodologia de pesquisa. Os aspectos apresentados neste capítulo inicial serão retomados e aprofundados nos capítulos seguintes e complementados com a revisão de literatura.

No capítulo 2 apresentamos uma revisão de literatura sobre o campo da educação não-formal, em especial a modalidade de divulgação científica na mídia, e da educação informal, que compreende a formação de opinião, papel tradicional de cunho ideológico exercido pela mídia. Também discutimos a articulação da educação não-formal e informal com a educação formal, com foco nas especificidades de cada campo da educação e na complementaridade entre os mesmos. Isso permite a compreensão da educação em seu caráter específico e em seu caráter de totalidade.

No capítulo 3 definimos a nanotecnologia e a situamos nas políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) brasileira e mundial. Analisamos a importância destinada à divulgação científica na política brasileira de nanotecnologia e o caráter que as atividades de divulgação assumem na política. Revisamos estudos realizados sobre a divulgação científica na mídia no exterior e no Brasil.

No capítulo 4 analisamos as cinco reportagens exibidas em seções de C&T do telejornal *Bom Dia Brasil*, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2010, sobre a nanotecnologia. O texto aborda as características da divulgação científica na televisão e segue com a análise das reportagens, subdividida em duas etapas de acordo com os objetivos específicos: a análise da definição de nanotecnologia e da relação entre promessas, aplicações, riscos e implicações da nanotecnologia.

No capítulo 5 realizamos a análise de conteúdo sobre nanotecnologia divulgado no jornal *Folha de S. Paulo*, em sua versão impressa. Subdividimos o texto em duas seções, uma para a caracterização da divulgação científica em jornais e outra para a análise do conteúdo das matérias selecionadas, com subseções dedicadas à caracterização geral dos artigos, à análise do gênero textual de divulgação científica, das definições de nanotecnologia e das visões sobre nanotecnologia.

Enquanto os primeiros estudos empíricos correspondem a mídias tradicionais, no capítulo 6 apresentamos a pesquisa empírica sobre a divulgação de nanotecnologia em nova mídia, a webTV. Analisamos o programa de entrevistas *Nanotecnologia do Averso*, claramente vinculado ao questionamento das visões dominantes sobre nanotecnologia. O texto apresenta inicialmente a revisão das características da divulgação em meios virtuais, com ênfase na webTV, e das ações do projeto Engajamento Público em Nanotecnologia, entre as quais se situa o referido programa. Na segunda seção, realizamos a caracterização do conjunto de 86 programas dos primeiros dois anos de sua realização (2009 e 2010) disponibilizados na internet, seguida da análise de conteúdo de uma amostra de 17 programas selecionados de acordo com vários critérios extraídos da caracterização inicial. Esta seção é subdividida em diversas partes segundo os conteúdos abordados.

Finalizamos com a elaboração das reflexões finais da tese, que inclui a análise comparativa dos conteúdos divulgados nas três mídias escolhidas com ênfase no objetivo geral e nos objetivos específicos delineados.

2 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA COMO MODALIDADE DE EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL

O campo de estudos da educação não-formal é relativamente recente, por isso pode-se dizer que está ao mesmo tempo em formação e em transformação. De acordo com Gohn (2008), até os anos 1980 a educação não-formal foi um campo de pouca importância nas políticas públicas e entre os educadores, e frequentemente era vista como extensão da educação formal. Essa modalidade de educação, segundo a autora, passa a ter grande importância a partir dos anos 1990, em razão de mudanças na economia, na sociedade e no mundo do trabalho. Entre essas mudanças ela destaca as políticas globalizantes, neoliberais e a reestruturação econômica associada com um sistema de regulamentação social e política que desloca a resolução de problemas sociais (como o desemprego) do plano político para o plano individual e/ou não-governamental. Os documentos de agências e organismos internacionais como a Organização das Nações Unidas (ONU) e UNESCO, que ampliam o campo da educação para além da escola¹², também contribuíram com suas recomendações para o crescimento dessa modalidade de educação (GOHN, 2008).

O processo de reestruturação produtiva, caracterizado pela forte tendência à globalização, pelo desenvolvimento acelerado de novas tecnologias e sua incorporação nos processos produtivos, criação de novos meios de informação e de relações de emprego mais flexíveis e novas demandas de qualificação do trabalhador se deu nos países desenvolvidos a partir dos anos 1950 e mais ou menos a partir dos anos 1980 no Brasil¹³. De acordo com Castells (2003), essas mudanças se organizam em torno do paradigma da tecnologia da informação¹⁴ em que a produtividade e a competitividade dos agentes econômicos dependem de sua

¹² Pode-se destacar, dentre estes documentos, a “Declaração mundial sobre educação para todos” e o “Plano de ação para satisfazer necessidades básicas de aprendizagem”, aprovadas em Jomtien, Tailândia, em 1990 (GOHN, 2008).

¹³ Para mais detalhes, ver Harvey (2008) e Gounet (1999).

¹⁴ Manuel Castells baseia sua análise nas contribuições de autores como Christopher Freeman, Carlota Perez e Giovanni Dosi, que por sua vez retomaram elementos presentes na obra de Joseph Schumpeter. Não por acaso, tais autores são conhecidos como neo-schumpeterianos ou evolucionistas. Em que se pesem as especificidades da obra de cada um desses autores, a ideia chave dos paradigmas tecnológicos/tecnoeconômicos é captar a essência das mudanças tecnológicas e suas relações com a economia e sociedade. Ao se referir às mudanças tecnológicas atuais, Castells dá destaque ao “paradigma da tecnologia da informação”.

capacidade de gerar, processar a aplicar informações baseadas em conhecimentos, bem como da organização das atividades produtivas, de consumo e de circulação em escala global¹⁵.

Castells (2003) argumenta que a interface entre campos tecnológicos tem sido potencializada nas inovações tecnológicas do final do século XX e início do século XXI. Assim, ele inclui entre as TIC o conjunto convergente de tecnologias em microeletrônica, computação (*software* e *hardware*), telecomunicações/rádiodifusão (transmissão tradicional, transmissão direta via satélite, microondas e telefonia celular digital), e optoeletrônica (transmissão por fibra ótica e *laser*). Além disso, inclui a engenharia genética (em que converge a biologia, a eletrônica e a informática, decodificando, manipulando e reprogramando códigos da matéria viva) e seu crescente conjunto de desenvolvimentos e aplicações. Essas tecnologias têm em comum o uso de linguagem digital para geração, armazenamento, recuperação, processamento e transmissão de informações. Ao redor desse núcleo de tecnologias, desenvolveram-se novos materiais, fontes de energia, aplicações na medicina e técnicas de produção, entre as quais o desenvolvimento da nanotecnologia, e também novas relações entre educação e tecnologia. Isso não significa que a tecnologia determina a sociedade e nem o inverso, mas que as duas dimensões se articulam dialeticamente.

Nesse contexto, o conhecimento proporcionado pela educação formal tende a se tornar desatualizado num curto espaço de tempo, sendo necessárias contínuas atualizações. Tanto para o trabalho como para a vida social em geral, tornam-se necessárias novas fontes de acesso ao conhecimento. Adquirem relevância as diversas formas de educação não-formal e de divulgação científica em particular para a atualização dos conhecimentos e cresce a importância das TIC na educação escolar e extra-escolar.

¹⁵ Segundo Castells (2003), a tecnologia da informação representa na segunda metade do século XX o que representavam as novas fontes de energia na Primeira e Segunda Revolução Industrial, mas com diferenças nas formas de difusão de informações e conhecimentos. A Primeira Revolução Industrial, por exemplo, apoiava-se em informações para aplicar e desenvolver os conhecimentos preexistentes (embora não tenha se baseado em ciência) e na Segunda Revolução Industrial a ciência teve papel fundamental no desenvolvimento de inovações. Em relação às especificidades das Revoluções Industriais, destaque para Braverman (1987), Szmrecsányi (2001), Landes (1994), Freeman e Soete (2008), entre outros.

Nesse capítulo abordaremos as características da educação não-formal em geral e da educação não-formal na mídia, e a relação com outras modalidades educacionais.

2.1 EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL: UM CONCEITO EM (TRANS)FORMAÇÃO

Como ponto de partida, estabeleceremos um diálogo com um dos autores de referência quase obrigatória no Brasil quando se fala em educação formal, Dermeval Saviani, fundador da pedagogia histórico-crítica. As principais pesquisas de Saviani não tomam como objeto de análise a educação não-formal. Ainda assim, pela sua relevância nos estudos pedagógicos, cabe analisar as suas reflexões sobre educação não-formal, mesmo que sejam provavelmente menos elaboradas que as suas proposições sobre a educação escolar.

A complexidade da produção material, cultural e científica atingida pela humanidade tem levado a uma multiplicidade de formas ou modalidades de educação (SAVIANI, 2009). As modalidades de educação não-formal, por exemplo, são cada vez mais diversificadas. Para o autor, isso não é um indicativo de que a escola esteja perdendo espaço, mas expressão da complexificação e da diversificação das próprias formas escolares. Nesse processo, ele destaca que o importante é “concentrar-se em questões substantivas, voltando nossa atenção para os pontos essenciais que caracterizam a educação” (SAVIANI, 2009, p. 23). Ele propõe que se considere como critério o “clássico”, que é definido em seu livro *Pedagogia Histórico-Crítica* (SAVIANI, 2003) como aquilo que se firmou como fundamental e que não se confunde com o tradicional e nem se opõe ao atual.

Por conseguinte, argumenta que é possível compreender as formas não-escolares de educação a partir da escola, mas que o contrário não seria possível. Portanto, sugere que a compreensão do menos desenvolvido (a educação não-formal) se realiza a partir do mais desenvolvido (a educação formal):

Isso porque é sempre a partir do mais desenvolvido que se pode compreender o menos desenvolvido, e não o contrário, como se depreende da fórmula expressa na metáfora ‘a anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco’, a qual nós poderíamos transpor para a educação nos

seguintes termos: 'a anatomia da escola é a chave da anatomia da educação' (SAVIANI, 2009, p. 21).

Para compreender a proposição de Saviani (2009) é preciso recorrer à obra de Marx. Uma das referências indispensáveis é o livro "Para a crítica da Economia Política" (1982), em que na sua exposição sobre "O método da Economia Política", Marx explica a relação entre o todo e as partes, entre o concreto e o abstrato no pensamento e na realidade.

Partindo-se da afirmação de Saviani (2009) sobre a subordinação da compreensão da educação não-formal à educação formal, cabe uma análise da mesma à luz do "Método da Economia política". No seu texto, Marx utiliza a metáfora de que: "A anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco. O que nas espécies animais inferiores indica uma forma superior não pode, ao contrário, ser compreendido senão quando se conhece a forma superior" (MARX, 1982, p. 17). Com isso anuncia que se estuda cientificamente o menos desenvolvido a partir do mais desenvolvido.

Segundo o referido método, pode parecer inicialmente que para compreender a educação não-formal o correto seria começar por ela mesma na sua manifestação real e concreta. Com uma observação mais atenta, poderia se chegar à conclusão de que isso é falso e que se estaria diante de uma representação caótica do todo, ou seja, representação fragmentada e parcial. A educação não-formal seria uma abstração se fosse desprezada a relação com a educação formal. Já a educação formal não estaria completa em seu sentido (ou até mesmo estaria vazia de sentido), se fossem ignoradas as condições históricas em que é produzida.

Desse modo, abstraindo-se o concreto ou o real (a existência da educação não-formal), e contextualizando-o em relação à educação mais desenvolvida na sociedade (educação formal) e em relação à organização da sociedade de modo geral (em especial à organização do trabalho), seguiriam diversas abstrações até se chegar às determinações mais simples do todo mais desenvolvido. Por exemplo, observaríamos que na sociedade capitalista, do trabalhador de chão de fábrica se exigirá certo conjunto de conhecimentos indispensáveis para que ele seja produtivo ao sistema e de uma parte menor dos trabalhadores se exigirá qualificações mais complexas. Para todos os cidadãos se oferecerá a escola básica, como parte de um processo de democratização que integra os ideais políticos manifestados pela própria burguesia já na origem do sistema. A escola, no entanto, dados os limites

temporais e estruturais, demandaria outros espaços para que se complete o processo de socialização do conhecimento científico. Isso explica o desenvolvimento crescente da educação não-formal.

O caminho de investigação ainda não estaria completo. Teria que se fazer o caminho inverso, dessas determinações simples até a educação não-formal de modo mais geral, entendida como uma totalidade de diversas relações e determinações. Esse novo concreto – o concreto pensado¹⁶ – representaria a unidade ou síntese do diverso, ou seja, seria possível compreender que a educação não-formal, do mesmo modo que a formal, é marcada pelas contradições da sociedade. Assim, o concreto aparece como ponto de partida da abstração, intuição ou representação, que é uma maneira de proceder do pensamento, para compreender o concreto como concreto pensado, isto é, para compreender a realidade de uma forma elaborada e científica. Esse processo de produção intelectual não pode ser confundido com a gênese do concreto (educação não-formal), pois este já existe e continua *se produzindo*, sofrendo transformações.

As categorias mais simples de educação não-formal, como a transmissão de conhecimentos de trabalhadores experientes para aprendizes, que já existiam antes mesmo da educação formal, podem pertencer ao pleno desenvolvimento dessa última. No entanto, não se trata de estabelecer as relações de sucessão entre as formas de educação (que pode parecer uma relação natural), mas de compreender como no momento histórico atual essas diversas formas de educação se relacionam entre si, uma lógica que pode ser bem diferente da que parece natural.

A partir dessa perspectiva, chega-se à compreensão de que a riqueza da educação não-formal está na sua relação com as outras formas de educação. Nesse raciocínio, algumas possíveis categorias para a compreensão da educação não-formal no conjunto dos processos educativos atuais poderiam ser: a) as determinações abstratas gerais da educação não-formal que podem ser mais ou menos comuns a todas as formas de sociedade; b) as categorias que articulam a educação não-formal na sociedade capitalista e; c) as categorias próprias de cada modalidade de educação não-formal.

As duas primeiras categorias podem ser compreendidas situando-se o contexto do trabalho, das tecnologias e da comunicação ao longo da história e

¹⁶ Interpretação, a teoria em si, a reprodução espiritual do objeto real.

especialmente na sociedade contemporânea. A posse de informações e tecnologias, assim como o seu domínio, distinguiu os seres humanos em toda história da humanidade, marcando sua cultura e a forma de compreender e registrar a história. O surgimento de novas tecnologias sempre alterou as formas de vida cotidiana, de trabalho, de informação e de comunicação entre as pessoas. Da mesma forma, a engenhosidade do homem no trabalho diante de suas necessidades e dos artefatos tecnológicos disponíveis contribuiu para o desenvolvimento tecnológico.

Se na antiguidade o homem conseguiu criar o fogo para se proteger dos animais, se aquecer e preparar seus alimentos, hoje constrói edifícios resistentes a certos terremotos, tecidos anti-chamas e embalagens que conservam os alimentos por mais tempo. Para atingir esse estágio de desenvolvimento tecnológico, o compartilhamento de informações e conhecimentos e a pesquisa de soluções para as novas necessidades, a linguagem, a comunicação e as diversas formas de educação sempre tiveram papel fundamental. Assim, percebemos uma inter-relação estreita entre a organização social do trabalho, a criação ou utilização de artefatos tecnológicos e os processos educativos e de comunicação.

A terceira categoria implica na análise das especificidades dos processos educativos não-formais. Extensa literatura tem sido produzida, por exemplo, sobre a educação nas mídias, como expressão da crescente importância que vêm adquirindo. Esse aspecto será aprofundado nos capítulos seguintes.

Consideramos que a interpretação de Saviani (2009) à luz da dialética marxista tem um grande mérito ao situar a educação não-formal em um contexto educacional, político e socioeconômico. Por outro lado, assumimos que são necessários alguns cuidados com essa interpretação de educação não-formal. Um desses cuidados diz respeito às características da educação não-formal, algumas compartilhadas com a educação formal e outras distintas e peculiares. O segundo cuidado refere-se a não tomar a educação não-formal como extensão ou mero desdobramento da escola, por três razões: 1) embora a educação formal estimule e potencialize a fruição e a participação em espaços não-formais, não é condição necessária em todos os casos e não é condição suficiente; 2) as formas de socialização do conhecimento desenvolvidas em espaços educativos não-formais têm características distintas e atores diferenciados daquelas que se realizam na educação formal e; 3) o que em determinado momento histórico assume caráter de

educação não-formal, em um momento seguinte pode passar por um processo de formalização, assim como há possibilidade de concomitância¹⁷.

As variadas formas educacionais são parte de uma mesma totalidade: ocupam-se da formação humana, objeto de investigação da Pedagogia¹⁸. Essa totalidade, no entanto, recorrentemente aparece dicotomizada nos estudos pedagógicos, nos sistemas educacionais e na formulação de políticas públicas, situação que despreza a fecundidade da articulação com os “outros” processos educativos, seja esse “outro” a educação formal ou a educação não-formal. Isso não significa que a educação formal e não-formal devam ser estudadas como sendo a mesma coisa, mas como práticas pedagógicas que se situam em campos distintos¹⁹ e interdependentes. O estudo de qualquer fenômeno educativo e, portanto, das práticas de educação não-formal, requer uma abordagem pluridisciplinar que envolva o conjunto das ciências da educação (psicologia da educação, sociologia da educação, história da educação, filosofia da educação, didática e outras) e seja articulada em seu todo pela Pedagogia, ciência da educação (LIBÂNEO, 1998).

A educação não-formal situa-se no campo das práticas pedagógicas extra-escolares, nas quais se inclui um vasto conjunto de agentes e práticas educativas em que, “[...] desde que se configurem como intencionais, está presente a ação pedagógica” (LIBÂNEO, 1998, p. 123-4). Desse modo, o campo de atuação do pedagogo não se reduz à docência e à organização do trabalho na escola, pois a pedagogia escolar é apenas uma forma peculiar que o trabalho pedagógico assume

¹⁷ Um exemplo é a Educação de Jovens Adultos (EJA) que por muito tempo se realizou em espaços não institucionalizados de educação, em práticas de educação popular, como as relatadas por Paulo Freire em *Pedagogia do Oprimido* (2005). Outro exemplo é a Educação a Distância (EaD), que assumiu posição excepcional ou clandestina nas primeiras Leis de Diretrizes e Bases (LDB) da educação brasileira, ou seja, na LDB nº 4.024/1961 e na LDB 5.692/1971. (GOMES, 2009a). A EaD atuava nesse período em cursos livres profissionalizantes e cursos de madureza, que nos anos 70 passaram a ser conhecidos como cursos supletivos, destinados a jovens e adultos. Pela sua posição marginal à educação formal e convencional, a EJA e a EaD conviveram com o reduzido reconhecimento social e nas políticas públicas educacionais, inclusive com escassos recursos orçamentários. Vale destacar que, ainda que a EaD tenha sido amplamente incorporada na educação formal nas últimas décadas, a educação não-formal “é o território fértil de utilização e aplicação da educação aberta e a distância, na sua abrangência em todos os campos de aprendizagem da atividade da espécie humana de forma permanente e continuada” (FORMIGA, 2009, p. 39).

¹⁸ O fenômeno educativo é um aspecto da realidade social, e o enfoque educacional é o domínio próprio da Pedagogia: “A Pedagogia é a teoria, a reflexão, sobre esse aspecto da realidade em suas relações com outros aspectos” (LIBÂNEO, 1998, p. 117).

¹⁹ Segundo Trilla (2008, p. 41): “a distinção entre educação formal e não-formal terá realmente pertinência histórica somente a partir da constituição dos sistemas educacionais nacionais, isto é, no século XVIII”, que é quando, segundo Ghanem (2008), se ajusta a educação formal ao mercado de profissões, criando mecanismos de certificação usados na formalização da seleção e exclusão de trabalhadores do mercado de trabalho.

na sociedade. Para o autor, *pedagogo é o profissional* que atua nas diversas instâncias, modalidades e manifestações da prática educativa, direta ou indiretamente ligadas ao processo de socialização e apropriação ativa de saberes e conhecimentos.

Nesse sentido, podem ser considerados *pedagogos em sentido amplo* aqueles que realizam atividades de cunho pedagógico sistematicamente ou esporadicamente em órgãos públicos estatais e não-estatais e em empresas, como os líderes de sindicatos, os redatores de jornais e revistas, apresentadores de programas de rádio e TV, criadores de programas de TV, de vídeos educativos, de jogos, de brinquedos, de guias e mapas (LIBÂNEO, 1998). Há uma maior liberdade em compor as equipes de trabalho dos espaços não formais, conforme destacam Arantes, Trilla e Ghanem (2008), possibilitando a adequação dos recursos humanos aos objetivos dos programas e aos recursos disponíveis e, ao mesmo tempo, dando margem à precarização do trabalho, à rotatividade dos profissionais e a oscilações no desempenho profissional.

Como já era entendida pelos gregos, a prática (por exemplo, a prática pedagógica) é a expressão de uma intencionalidade, ação humana e social consciente, sendo assim indissociada da teoria. A teoria tem o sentido de reflexão. Então, toda ação humana consciente não é simplesmente uma prática, mas práxis, ação teórico-prática. As atividades humanas têm sempre certo grau de intencionalidade, pelo fato de o homem ter ontologicamente o potencial de antecipar em pensamentos as suas ações, ou seja, “toda ação verdadeiramente humana exige certa consciência de um fim” (SÁNCHEZ VÁSQUEZ, 2007, p. 222). Ocorre, todavia, que em determinadas ações pedagógicas as finalidades são mais explícitas e sistematicamente organizadas que em outras. Essa diferenciação entre o *mais ou menos* intencional²⁰ está na origem da classificação entre práticas educativas formais e não-formais, de um lado, e informais, de outro.

A educação não-formal, assim como a educação formal, é considerada uma modalidade de educação intencional com objetivos definidos conscientemente pelo educador, estruturada e vinculada a instituições definidas (LIBÂNEO, 1994; MARANDINO et al, 2004; GOHN, 2006; 2008; ESHACH, 2007; KÖRBES, 2008) e

²⁰ Preferimos falar em *mais ou menos* intencional porque a classificação em práticas intencionais e não-intencionais, que tem fins didáticos, algumas vezes gera dúvidas entre os estudantes e pesquisadores sobre a concepção de homem e educação que embasa tais classificações, visto que a ação humana é por essência intencional ou teleológica, dirigida a fins.

com “métodos, técnicas, lugares e condições específicas prévias criadas deliberadamente para suscitar ideias, conhecimentos, valores, atitudes, comportamentos” (LIBÂNEO, 1994, p. 18). As práticas educacionais não-formais guardam algumas similaridades entre si, conforme Eshach (2007), como o planejamento da aprendizagem, a motivação para a aprendizagem intrínseca ao aprendiz e a mediação da educação formal.

O conceito de educação não-formal é concebido por Gohn (2008) como associado ao conceito de cultura²¹, que integra a identidade do ser humano e caracteriza-se como produto essencialmente social. Segundo Marandino *et al* (2004) a educação não-formal brasileira, por influência do contexto latinoamericano, tem sido associada com a educação popular²² e, notadamente, com a formação para a cidadania por meio das práticas sociais. Esses últimos autores argumentam que a educação não-formal está adquirindo uma nova caracterização, tornando necessário o aprofundamento do tema e a proposição de critérios para a diferenciação dos diversos conceitos.

Os *conteúdos* da educação não-formal emergem de necessidades sociais, sendo construídos no decorrer do processo, já que não são dados previamente (GOHN, 2006), podendo ser mais contextualizados e menos abstratos do que na educação escolar (ARANTES, TRILLA, GHANEM, 2008). A autora refere-se especialmente aos espaços de formação sociopolítica. Acreditamos que as seções de ciência e tecnologia nas mídias vinculam-se à formação científica e tecnológica continuada (para além do tempo escolar) e, nesse sentido, socializam conhecimentos relevantes na dinâmica do desenvolvimento da C&T.

Quanto aos *objetivos* da educação não-formal, Caro (2006, p. 23) afirma que ela “visa contribuir para a formação integral do indivíduo, envolvendo o crescimento pessoal, a consciência da cidadania e a possibilidade de sua inserção na sociedade”. Para Gohn (2006; 2008) a educação não-formal tem como objetivo principal a cidadania, pensada em termos coletivos, isto é, “a educação não-formal

²¹ “A cultura é concebida como modos, formas e processos de atuação dos homens na história, onde ela se constrói” (GOHN, 2008, p. 98). A apropriação, reelaboração e transformação da cultura, que está em constante processo de mudança e é influenciada por valores, gera a cultura política de uma nação, conforme destaca a autora.

²² De acordo com Costa (1987), a educação popular lida fundamentalmente com o conhecimento das camadas populares. O conhecimento nasce, se desenvolve e se transforma na vivência e reflexão sobre a experiência vivida nas diversas práticas sociais. As diferentes classes experimentam a realidade de modos diferentes e explicam sob diferentes perspectivas os acontecimentos sociais.

capacita os indivíduos a se tornarem cidadãos do mundo, no mundo” (GOHN, 2006, p. 29) e pretende contribuir para a construção de relações sociais baseadas em princípios de igualdade e justiça social, em oposição ao individualismo, para fortalecer o exercício da cidadania. Resumidamente, os objetivos são:

- a) Educação para cidadania;
- b) Educação para justiça social;
- c) Educação para direitos (humanos, sociais, políticos, culturais, etc.);
- d) Educação para liberdade;
- e) Educação para igualdade;
- f) Educação para democracia;
- g) Educação contra discriminação;
- h) Educação pelo exercício da cultura, e para a manifestação das diferenças culturais (GOHN, 2006, p. 32)

Articulada a estes objetivos maiores, “a transmissão de informação e formação política e sociocultural é uma meta na educação não-formal” (GOHN, 2006, p. 30). No que se refere aos espaços de educação não-formal em ciências, os pesquisadores que participaram de um dos debates no programa Tome Ciência (2011) ressaltaram a importância de despertar a curiosidade ou vivenciar algumas experiências dos cientistas e de socializar o conhecimento científico para que “o outro” possa participar com os cientistas das escolhas e das ações a realizar em C&T, ou seja, para participar das decisões políticas sobre C&T.

De fato, no que se refere à democracia, cabe diferenciar a democracia liberal da democracia participativa. Os sistemas políticos de representação nascem dos regimes constitucionais dos Estados Modernos, tem origem em concepções liberais ou burguesas que justificam e legitimam a necessidade do Estado Democrático em oposição ao Estado Absolutista. No entanto, o liberalismo não é sinônimo de uma democracia substantiva, participante, regida por princípios éticos de liberdade e igualdade social, aspecto que continua sendo um horizonte histórico de luta ou, em outras palavras, uma utopia (PONT, 2001).

Na perspectiva da democracia participativa em C&T, a **cidadania sociotécnica**, no sentido a ela atribuído nesta tese, tem como pressuposto a perspectiva sociotécnica, que é “aquela que tentando superar as limitações dos determinismos lineares considera que as sociedades são tecnologicamente construídas ao mesmo tempo em que as tecnologias são socialmente configuradas” (THOMAS, 2011, p. 1, tradução nossa). Desse modo, é importante retomar Gramsci

(1988), que ao criticar a preocupação exclusiva dos cursos profissionais com a formação técnica assinala que

[...] a tendência democrática, intrinsecamente, não pode consistir apenas em que um operário manual se torne qualificado, mas em que cada 'cidadão' possa se tornar 'governante' e que a sociedade o coloque, ainda que 'abstratamente', nas condições gerais de poder fazê-lo: a democracia política tende a fazer coincidir governantes e governados (no sentido de governo com o consentimento dos governados), assegurando a cada governado a aprendizagem gratuita das capacidades e da preparação técnica geral necessárias ao fim de governar (GRAMSCI, 1988, p. 137).

Com base nestes argumentos, entendemos que uma formação escolar sólida que incorpore a perspectiva sociotécnica e o acesso continuado a conhecimentos sobre C&T podem instrumentalizar os sujeitos para a participação cidadã. Se a formação for à perspectiva dos modelos lineares de C&T, por outro lado, pode favorecer a alienação, por isso é importante analisar criticamente os conteúdos trabalhados na comunicação e educação. Outrossim, os espaços decisórios, espaços de conflitos de poder, dificilmente são viabilizados pela *sociedade política* (governantes) sem ampla pressão da *sociedade civil* (governados) e é necessário aprender a praticar a democracia, vivenciando-a.

Nesse sentido, o papel da educação está relacionado com as formas que as relações sociais assumem e em como são produzidos e distribuídos os bens simbólicos (saberes, ideias, conceitos, representações e valores), da mesma forma que os bens materiais (habitação, alimentação, vestuário) e os sociais (como o poder) na nossa sociedade. A educação como mediação da existência humana visa à realização dos três planos da existência humana, em compromisso com a cidadania (SEVERINO, 1992).

Assim, a ativa participação na vida pública é requisito para a verdadeira democracia, que não se restringe ao exercício de direitos constitucionais, abrangendo também a criação de novos direitos:

Significa organização e participação pela base, como cidadãos que partilham dos processos decisórios em várias instâncias, rompendo a verticalidade absoluta dos poderes autoritários. Significa, ainda, o reconhecimento (e a constante reivindicação) de que os cidadãos ativos são mais do que titulares de direitos, são criadores de novos direitos e novos espaços para expressão de tais direitos, fortalecendo-se a convicção sobre a possibilidade, sempre em aberto, da criação e consolidação de novos sujeitos políticos, cientes de direitos e deveres da sociedade (BENEVIDES, 1998, p. 170, *apud* PARO, 2000, p. 30)

Um dos aspectos relevantes para concretizar os objetivos da educação não-formal, entre os quais sublinhamos a cidadania sociotécnica, é a *metodologia* de trabalho utilizada. As formas de organização e os modos de funcionamento da educação não-formal ainda estão pouco sistematizados ou codificados, estando bastante organizados ao redor da fala. No aprofundamento do estudo das metodologias devem-se captar os aspectos motivacionais, ideológicos, emocionais e cognitivos (GOHN, 2008). A tendência é de uma maior flexibilidade metodológica para a adequação aos conteúdos, contextos, grupos ou indivíduos; e de metodologias mais ativas e intuitivas e menos verbalistas que as metodologias empregadas no ensino escolar (ARANTES; TRILLA; GHANEM, 2008). Ficaremos atentos na análise dos conteúdos das mídias à comunicação sobre possíveis formas de organização de grupos sociais adotadas no engajamento público em nanotecnologia, na perspectiva de contribuir para o registro das metodologias mobilizadas nessa área.

A educação não-formal abrange os *espaços não-escolares*, em que são desenvolvidas ações educativas intencionais e planejadas, tais como: museus de ciência, história e arte, centros de ciência, planetários, jardins zoológicos, mídia, movimentos sociais organizados, associações de bairro, órgãos colegiados, sindicatos, empresas, partidos políticos, organismos internacionais, organizações não-governamentais, plenárias, fóruns, e outros (LIBÂNEO, 1994; 1998; RENNIE; Mc CLAFFERTY, 1996; MARANDINO et al, 2004; GOHN, 2006; 2008; ESHACH, 2007; MARANDINO, 2008a e 2008b; KÖRBES, 2008; KÖRBES; INVERNIZZI, 2011a; QUEIROZ, 2010; CAZELLI, 2010).

Os *agentes educativos* nos espaços não-escolares vêm se ampliando em correspondência com a amplitude maior da educação e podem ser, por exemplo, os pais, os professores e os educadores “invisíveis atrás de um canal de televisão, do rádio, do cartaz de propaganda, do computador etc” (LIBÂNEO, 1994, p. 18); “[...] O educador não é mais apenas o docente, são os múltiplos agentes educativos conforme as instâncias em que operem (família, escola, meios de comunicação, fábrica, movimentos sociais etc.)” (LIBÂNEO, 1998, p. 122). Já para Gohn, os educadores podem ser os mediadores, as lideranças, os facilitadores, os monitores, os integrantes de um movimento etc., ou seja, “o grande educador é o ‘outro’, aquele com quem interagimos ou nos integramos” (GOHN, 2006, p. 29).

A *motivação* é geralmente intrínseca, de caráter voluntário, mas obviamente pode ser dada pelas relações sociais e escolares:

A aprendizagem não-formal ocorre de forma planejada, mas de maneira altamente adaptável em instituições, organizações e situações para além da esfera da educação formal ou informal. Ela compartilha a característica de ser mediada pela educação formal, mas a motivação para a aprendizagem pode ser totalmente intrínseca ao aprendiz (ESHACH, 2007, p. 173, tradução nossa)²³.

A mediação do outro, ainda assim, é fundamental. As mediações prévias podem inclusive ser a razão da motivação intrínseca. Essas mediações incluem o que Bourdieu denomina de capital econômico, social e cultural. A diferença de domínio de elementos culturais é maior quanto mais se afasta dos conteúdos escolares. Essa constatação de Bourdieu (1998a²⁴; 1998b²⁵; 1998c²⁶) dá conta de que os domínios da cultura dos estudantes de origem social privilegiada em termos socioeconômicos são mais ricos e extensos que os domínios culturais daqueles de classes sociais em situação menos favorável.

O capital cultural, segundo o autor, pode existir de três formas: a) no estado incorporado – adquirido pela leitura de jornais, revistas e livros, pela participação em concertos, exposições de filmes, visitas a museus, e outros – pressupõe um trabalho de transmissão, por um lado, e um trabalho de aquisição do conhecimento por parte do sujeito, por outro lado, para que o conhecimento seja apropriado e se torne um *habitus*²⁷ ou algo que faz parte do sujeito; b) no estado objetivado – o capital cultural objetivado em bens culturais ou educacionais, como as obras de arte, os discos e CDs de músicas e os livros; c) no estado institucionalizado – o certificado escolar ou simplesmente escolaridade, capital cultural que pode ser convertido em capital econômico, garantindo benefícios não só simbólicos, mas também materiais (BOURDIEU, 1998b).

²³ “Non-formal learning occurs in a planned but highly adaptable manner in institutions, organizations, and situations beyond the spheres of formal or informal education. It shares the characteristic of being mediated with formal education, but the motivation for learning may be wholly intrinsic to the learner”. (ESHACH, 2007, p. 173).

²⁴ Publicado originalmente em: BOURDIEU, Pierre. L'école conservatrice. Les inégalités devant l'école et la culture, **Revue française de sociologie**, Paris, v. 7, n. 3, p. 325-347, 1966.

²⁵ Publicado originalmente em: BOURDIEU, Pierre. Les trois états du capital culturel, **Actes de La recherche en sciences sociales**, Paris, n. 30, p. 3-6, nov. 1979.

²⁶ Publicado originalmente em: BOURDIEU, Pierre. Le capital social – notes provisoires, **Actes de La recherche en sciences sociales**, Paris, n. 31, p. 2-3, jan. 1980.

²⁷ *Habitus* é produto das relações sociais, por isso há uma tendência à reprodução das condições objetivas que o engendraram. Está relacionada com o *campo*, espaço social de lutas, conflitos e disputas de poder onde o capital social está distribuído desigualmente.

O autor estabelece uma co-relação entre o capital cultural nos seus diversos estados e o capital social – a rede de relações de um indivíduo (o grupo social com que ele se identifica) e o volume de capital econômico, cultural e simbólico de cada indivíduo da rede. A leitura de jornais e revistas e a frequência ao teatro, ao museu, ao concerto e ao cinema são organizados apenas esporadicamente pela escola. Desse modo, a utilização e frequência aos espaços não-formais de aprendizagem são motivadas em grande parte pela família ou pelos amigos próximos. Nesse aspecto, Bourdieu (1998a) ressalta que há uma relação direta entre o grau de instrução da família e as suas necessidades culturais, pois elas são essencialmente um produto da educação, de modo que as desigualdades frente à escola se refletem nas desigualdades em relação à cultura erudita. Sobre isso, segundo o autor, na França da década de 1960 a frequência aos museus era maior quanto maior a instrução escolar, indicando que a escola pode criar a aspiração à “cultura menos escolar”.

O autor contesta a ideologia de uma desigualdade natural das necessidades culturais com o argumento de que: “A privação em matéria de cultura não é necessariamente percebida como tal, sendo o aumento da privação acompanhado, ao contrário, de um enfraquecimento da consciência da privação” (BOURDIEU, 1998a, p. 60). Portanto, quanto menor o domínio cultural, menor a consciência do seu não domínio e da extensão do domínio possível; e quanto maior o domínio, maiores as chances de enriquecimento do conhecimento no contato com instrumentos culturais. Vieira Pinto (1987, p. 33) ratifica essa posição: “A educação é um processo *exponencial*, isto é, multiplica-se por si mesma com sua própria realização. Quanto mais educado, mais necessita o homem educar-se e portanto exige mais educação”.

Como proposta para o enfrentamento da desigualdade cultural, Bourdieu (1998a) propõe que a escola poderia compensar parcialmente as desvantagens daqueles que não foram incitados à prática cultural em seu meio familiar ou rede social, por exemplo, mediante o ensino artístico e as visitas organizadas a centros culturais²⁸. No entanto, apesar desse esforço escolar, as crianças e jovens que têm

²⁸ No Brasil já existem pesquisas sobre o potencial explicativo do capital econômico, social e cultural no aumento ou redução das chances de acesso a instituições e práticas culturais. Uma dessas pesquisas é a de Cazelli (2005; 2010), que em sua tese de doutorado concluiu que o capital cultural familiar é mais decisivo que o econômico para a promoção do acesso de jovens aos museus. A escola desempenha importante papel de ampliar o capital cultural principalmente para os jovens

experiências culturais continuamente estimuladas pela família ou seu grupo social, continuariam em vantagem.

Introduz então mais um aspecto chave da relação do público com os espaços não-formais: a sua condição de se apropriar da mensagem recebida. Segundo o autor, se as mensagens são homogêneas, não são igualmente homogêneas as condições de sua recepção:

Como toda mensagem é objeto de uma recepção diferencial, segundo as características sociais e culturais do receptor, não se pode afirmar que a homogeneização das mensagens emitidas leve a uma homogeneização das mensagens recebidas e, menos ainda, a uma homogeneização dos receptores. É preciso denunciar a ficção segundo a qual 'os meios de comunicação de massa' seriam capazes de homogeneizar os grupos sociais, transmitindo uma 'cultura de massa' idêntica para todos e identicamente percebida por todos (BOURDIEU, 1998a, p. 61)

Portanto, a condição de se apropriar das informações e dos conhecimentos transmitidos é maior quanto maior o domínio dos fundamentos básicos do conhecimento²⁹. Em outras palavras, as condições de apropriação do saber transmitido na educação não-formal variam em função dos saberes prévios do aprendiz (que são influenciados também pela sua condição objetiva de vida) e da adequação da mensagem ao público receptor:

Sabe-se, com efeito, para usar a linguagem da teoria da comunicação, que a recepção adequada de uma mensagem supõe uma adequação entre as aptidões do receptor (aquilo que chamamos grosseiramente de sua cultura) e a natureza mais ou menos original, mais ou menos redundante, da mensagem. Essa adequação pode, evidentemente, realizar-se em todos os níveis, mas é igualmente evidente que o conteúdo informativo e estético da mensagem efetivamente recebida tem tanto mais chances de ser mais pobre, quanto a 'cultura' do receptor for ela própria mais pobre. (BOURDIEU, 1998a, p. 61).

Pelo exposto, percebe-se que quanto mais rica a cultura erudita inicial, mais chances ela tem de ser ampliada. Essa discussão é particularmente relevante nos estudos sobre a divulgação científica realizada pelas diversas mídias, especialmente pela televisão, pois a mensagem é dirigida de modo unidirecional (em única via) do emissor para o receptor – um público muito diversificado. Uma mesma mensagem é emitida por um meio de comunicação para um conjunto grande de pessoas – a

estudantes de escolas públicas, pois as suas famílias não costumam dispor de ampla experiência cultural.

²⁹ Podemos inferir a partir dessas considerações que a compreensão crítica de uma notícia sobre nanotecnologia será favorecida para aqueles que dominam o conceito de escala atômica e de manufatura molecular do que para aqueles que não o dominam.

massa – podendo ser interpretada de diversas maneiras por indivíduos em contextos sociais, econômicos e culturais variados.

Notamos que a *aprendizagem* motivada espontaneamente é tecida socialmente, como comprova também a escola psicológica sócio-histórica, não sendo responsabilidade isolada do sujeito, mas influenciada pelo contato com o ambiente cultural (OLIVEIRA, 1993). A aprendizagem também se realiza por meio da prática social – da experiência de trabalhos coletivos – conforme Gohn (2008) e está vinculada ao exercício da cidadania e à aquisição de novos conhecimentos, incluindo nisso os diversos campos da ciência, da tecnologia, da cultura e da arte. Vale lembrar que “o processo de aprender é múltiplo” (LIMA, 2002, p. 26) e sublinhar a importância da diversificação das oportunidades e das metodologias educativas.

Na seção a seguir nos debruçaremos sobre a complementaridade entre as formas de educação, pois, como dissemos, a formação humana deve ser entendida como um *continuum*.

2.1.1 Educação não-formal e suas interfaces com a educação formal e informal

A literatura educacional brasileira tradicionalmente fez referência a três tipos de educação: formal, não-formal e informal. Essa classificação representa uma tentativa de estabelecer diferenciações entre espécies de educação com lógicas distintas e de agrupar tipos de educação com lógicas semelhantes: 1) a primeira espécie inclui a educação formal e não-formal, que são dotadas de caráter metódico, organizado, sistemático e de intencionalidade do agente; 2) a segunda abrange a educação informal, destituída³⁰ das características da primeira espécie, embora haja questionamentos sobre este aspecto (LIBÂNEO, 1994; MARANDINO et al, 2004; ARANTES; TRILLA; GHANEM, 2008; GOHN, 2008; KÖRBES, 2008; KÖRBES; INVERNIZZI, 2011a). Portanto, a tripartição do universo educacional pode ser

³⁰ Vemos essa definição de educação informal em Gohn: “A educação informal não é organizada, os conhecimentos não são sistematizados e são repassados a partir das práticas e experiência anteriores, usualmente é o passado orientando o presente. [...] É um processo permanente e não organizado” (GOHN, 2006, p. 30).

representada conforme o Quadro 2, ainda que existam discordâncias em relação aos critérios que justificam essa distribuição:

Quadro 2 - Tripartição da educação

Tripartição da educação	
Educação Formal	Educação Informal
Educação Não-Formal	

Fonte: adaptado de Trilla (2008, p. 34).

Cada uma dessas espécies de educação tem suas próprias características, suas especificidades e suas funções educativas. As formas de educação incluídas na primeira espécie têm a intencionalidade explícita de transmitir conhecimentos, têm pretensão de objetividade (e isso não significa que sejam política ou axiologicamente neutras), de apresentar versões contraditórias sobre um fato, e costumam ser reguladas e fiscalizadas por alguma autoridade (LIBÂNEO, 1994; MARANDINO et al, 2004; GOHN, 2008; KÖRBES, 2008; KÖRBES, INVERNIZZI, 2011a). Quanto a distinção entre educação formal e não-formal, Trilla (2008) recomenda utilizar o critério estrutural, onde a distinção seria de ordem administrativa e legal.

Já a educação informal é frequentemente definida como aquela que acontece no processo de socialização cotidiana, no espaço familiar, nos parques, nas ruas e até mesmo nas escolas, por exemplo, nos horários de lanche. Os indivíduos aprendem ao longo do seu processo de socialização, na família, bairro, clube, igreja e amigos. Volta-se à socialização dos indivíduos, à aprendizagem de hábitos, atitudes, comportamentos, modos de pensar e se expressar, opiniões, experiências, práticas, valores e sentimentos de pertencimento a grupos que frequenta ou herdados, referências de nacionalidade, localidade, sexo, gênero, religião, etnia, idade e cultura³¹ (LIBÂNEO, 1994; GOHN, 2006; 2008; ESHACH, 2007).

A educação informal acontece espontaneamente, segundo gostos, preferências ou pertencimentos e “tem como *método* básico a vivência e a reprodução do conhecido, a reprodução da experiência segundo os modos e as

³¹ Libâneo (1994) cita como exemplo de educação informal as influências das formas de organização econômica e política da sociedade, das relações familiares, das relações no trabalho e na comunidade. Nesse aspecto, cabe ressaltar que se os efeitos da organização econômica podem ser “espontâneos”, a organização econômica em si é resultado de ação humana intencional.

formas como foram apreendidas e codificadas” (GOHN, 2006, p. 31, *grifos nossos*) e “os resultados não são esperados, eles simplesmente acontecem a partir do desenvolvimento do senso comum nos indivíduos, senso este que orienta suas formas de pensar e agir espontaneamente” (*ibid*, p. 30). Em relação a estes aspectos ressaltamos, como já dissemos, que apesar da espontaneidade e reprodução do conhecido há certo grau de intencionalidade no agir informal, pois o homem é ontologicamente um ser que organiza sua ação para determinados fins.

Como explica Trilla (2008), o critério de não intencionalidade de toda educação informal é bastante questionável e não parece ser o que efetivamente define a fronteira com a educação formal e não-formal, por exemplo, não se pode dizer que os pais educam sem intenção. O segundo critério, relativo à presença do método, também é questionável conforme o autor, por exemplo: “não se costuma afirmar que os meios de comunicação de massa nos bombardeiam *sistematicamente* com seus valores (contravalores)?; não há método na publicidade?; não cabe falar em métodos de educação familiar?” (*ibid*, p. 37). O critério diferenciador razoável seria o “de *diferenciação* e de *especificidade* da função ou do processo educacional” (*ibid*, p. 37). Segundo esse critério a educação informal se caracteriza como um processo educacional difuso, indiferenciado, indissociado e subordinado aos propósitos de outros processos sociais ou culturais. Por exemplo, a ação educativa dos pais pode ser entendida como informal porque não se distingue da vida cotidiana, realizando-se concomitantemente com outras responsabilidades. Não é possível dissociar quando a mãe ou o pai de uma criança pequena alimenta e educa o(a) filho(a).

Por outro lado, diversas características da educação informal, como a aprendizagem de hábitos, valores, opiniões, identidades e sentimentos de pertencimento também podem estar presentes nos outros tipos de educação, embora muitas vezes se manifestem de modo mais sutil e com menos intensidade, dada a intenção de objetividade.

Um dos poucos consensos é sobre o conceito de educação formal, justamente porque está mais desenvolvida ou estruturada. Quando se fala desse tipo de educação faz-se referência à educação escolar, que se caracteriza por ser sistemática, organizada, sequencial, realizada por profissionais habilitados em tempos e espaços definidos, regulamentada e avaliada por órgãos governamentais, geradora da expectativa de uma aprendizagem efetiva e motivada geralmente de

modo mais extrínseco, por exemplo, pela lei, podendo também haver motivação intrínseca (GOHN, 2006; ESHACH, 2007; SAVIANI, 2003). A educação escolar, conforme Libâneo (1994, p. 18): “[...] se destaca dentre as demais formas de educação intencional por ser suporte e requisito delas”. Dado o lugar de destaque que a escola ocupa é fundamental que ela compreenda as experiências vividas pelos educandos nos espaços não-formais, um ponto-chave destacado por Arantes, Trilla e Ghanem (2008). Acreditamos que, além disso, a escola deve estimular a participação dos alunos em espaços educativos extra-escolares, preferencialmente promovendo uma primeira aproximação com estes espaços, por meio de visitas, análise crítica de textos dos meios de comunicação de massa em sala de aula e articulação com organizações do bairro.

Para além das possíveis fronteiras entre as modalidades de educação, cabe considerar que as formas que assumem as práticas educativas se interpenetram (LIBÂNEO, 1994), o caráter histórico-antropológico da educação e o pressuposto de que a atividade humana é teleológica³², ou seja, intencional, dirigida para fins (VIEIRA PINTO, 1987; MARX, 1999).

Na literatura inglesa, de acordo com Cohen (2007) e Eshach (2007), os termos educação não-formal e informal costumam ser empregados indistintamente³³. O primeiro autor não distingue os dois termos e usa o termo educação informal no sentido mais abrangente. Já o segundo argumenta que definir a educação informal como a educação que ocorre fora da escola é simplista demais e propõe a distinção entre educação não-formal e informal para se alcançar uma melhor compreensão das características da educação que se dá fora da escola.

A educação informal (ou não-formal), segundo Cohen (2007), apesar de seu extenso uso ao longo da história, tem recebido muito menos atenção dos pesquisadores que a educação formal. De modo particular, o autor destaca que há

³² A educação assume o mesmo caráter teleológico do trabalho humano como categoria mais geral, pela capacidade que o homem tem de antecipar na mente o resultado de uma ação antes de realizá-la, conforme afirma Marx: “Uma aranha executa operações semelhantes às do tecelão, e a abelha supera mais de um arquiteto ao construir uma colméia. Mas o que distingue o pior arquiteto da melhor abelha é que ele figura na mente sua construção antes de transformá-la em realidade. No fim do processo de trabalho aparece um resultado que já existia antes idealmente na imaginação do trabalhador” (MARX, 1999, p. 211-2).

³³ As diferenças no emprego dos termos de educação não-formal e informal na literatura anglofônica e lusofônica foram observadas também por Cazelli (2000) citada por Marandino et al (2004): os autores de língua inglesa usam os termos “*informal science education*” e “*informal science learning*” para todos os tipos de educação em ciências extra-escolares e os de língua portuguesa dividem essa mesma educação em dois subgrupos, a educação não-formal e informal.

poucas pesquisas sobre o conceito teórico e uma maior dificuldade em avaliar os resultados, por falta de uma definição de currículo, material escrito e bases teóricas, além de abranger um conjunto de atividades e locais muito diversos de educação. Também Eshach (2007) acredita que muitos professores não compreendem bem o papel da educação não-formal no ensino de ciências e ficou perplexo diante da constatação de que um “*Hand Book*” na área de ensino e aprendizagem de ciências (*The Hand Book of Research on Science Teaching and Learning*, de Gable, 1994)³⁴ não fez nenhuma referência explícita à educação fora da escola. Defende uma maior interação entre educação dentro e fora da escola, enfatizando que isso não significa que a escola poderia ser substituída pelas instituições não-formais; e que o conhecimento de fora da escola deve ser tratado na literatura sobre educação científica tão bem quanto a educação escolar.

O uso dos termos de educação não-formal e informal de modo indistinto no Brasil é apontado por Gohn (2006; 2008), mas a autora considera necessária a distinção entre os termos e acentua:

O que diferencia a educação não-formal da informal é que na primeira existe a intencionalidade de dados sujeitos em criar ou buscar determinadas qualidades e/ou objetivos. A educação informal decorre de processos espontâneos ou naturais, ainda que seja carregada de valores e representações, como é o caso da educação familiar (GOHN, 2008, p. 100).

Na mesma linha de pensamento, segundo Libâneo (1994), os tipos de processos educativos podem ser distinguidos segundo a intencionalidade ou não-intencionalidade do agente que educa, o método, e de acordo com a vinculação ou não a instituições específicas:

A *educação não-intencional* refere-se às influências do contexto social e do meio ambiente sobre os indivíduos. Tais influências, também denominadas de **educação informal**, correspondem a processos de aquisição de conhecimentos, experiências, idéias, valores, práticas, que não estão ligados especificamente a uma instituição e nem são intencionais e conscientes. São situações e experiências, por assim dizer, casuais, espontâneas, não organizadas, embora influam na formação humana. [...]

A *educação intencional* refere-se a influências em que há intenções e objetivos definidos conscientemente, como é o caso da **educação escolar e extra-escolar**. Há uma intencionalidade, uma consciência por parte do educador quanto aos objetivos e tarefas que deve cumprir, seja ele o pai, o professor, ou os adultos em geral – estes, muitas vezes, invisíveis atrás de um canal de televisão, do rádio, do cartaz de propaganda, do computador

³⁴ GABLE (Ed.). **The hand book of research on science teaching and learning**, National Teachers Science Association Macmillan Publishing Company NY, 1994.

etc. Há métodos, técnicas, lugares e condições específicas prévias criadas deliberadamente para suscitar idéias, conhecimentos, valores, atitudes, comportamentos. São muitas as formas de educação não-formal e, conforme o objetivo pretendido, variam os meios. (LIBÂNEO, 1994, p. 18, grifos nossos em negrito).

Como se pode observar, Libâneo situa diversas mídias na educação não-formal, pois o conteúdo destes meios é dirigido para determinados fins. Sublinhamos esse ponto porque os meios de comunicação de massa são situados por outros autores na educação informal.

De modo semelhante, Caro (2006, p. 20) destaca que “em princípio, a distinção está fazendo referência àquele que educa, ao agente, à situação ou instituição, onde se situa o processo educativo”, uma classificação que não se completa e que consiste em uma tentativa de estabelecer fronteiras e; conforme Gohn (2008) os dois únicos elementos diferenciadores entre educação formal e não-formal que têm sido destacados pelos pesquisadores referem-se à organização e à estrutura do processo de aprendizado.

A inexistência de uma definição comum para os termos de educação formal, não-formal, informal e divulgação científica motivou a pesquisa bibliográfica e a coleta de depoimentos junto a diversos sujeitos (pesquisadores em ciências naturais, profissionais de museologia e educação em museus, profissionais de jornalismo científico, professores de ensino fundamental e médio e educadores que atuam e/ou pesquisam nos campos indicados) realizada por Marandino et al (2004). Os dados obtidos reforçaram a percepção da ausência de uma linguagem comum entre os que pesquisam ou atuam nessas atividades educacionais.

Na mesma pesquisa, a divulgação científica foi identificada pelos respondentes com os diversos contextos educativos, mas não foi mencionada por alguns respondentes, particularmente pelos pesquisadores de Ciências Naturais, que também não se referiram à educação não-formal. Houve ainda sujeitos que questionaram a necessidade de se estabelecer critérios para a classificação ou definição dos termos, alegando que ela atende a fins meramente acadêmicos e não contribui para a atuação profissional. Na mesma linha que Gohn (2006; 2008), os autores defendem que uma melhor elaboração dos conceitos é fundamental:

Em nossa opinião, consideramos importante a tentativa de esclarecer melhor tais conceitos, já que desta forma será possível um maior aprofundamento sobre os aspectos metodológicos, as implicações e os impactos da socialização do conhecimento científico. Se assumirmos que

esta socialização é fundamental para auxiliar na formação de cidadanias ativas, torna-se crucial a necessidade de estudar ‘como’, ‘para que’ e ‘o que’ compõe o universo das ações no âmbito da divulgação científica e da educação não-formal, buscando assim a ampliação e o desenvolvimento qualitativo dessas práticas (MARANDINO et al, 2004, s.p.).

Concordamos com a perspectiva apontada, com a condição de que no estabelecimento de diferenciações seja evitada a dicotomia entre os diversos conceitos, um risco indicado na revisão de literatura de Marandino et al (2004) e que precisa ser evitado, pois “as formas que assume a prática educativa, sejam não-intencionais ou intencionais, formais ou não-formais, escolares ou extra-escolares, se interpenetram” (LIBÂNEO, 1994, p. 18).

Na literatura não se observa uma clareza de critérios para incluir determinadas atividades ou instituições no campo da educação não-formal, por exemplo, a situação apresentada por respondentes da pesquisa de Marandino et al (2004) de que a educação não-formal não tem por finalidade a certificação do aprendiz³⁵; e a leitura de jornais, livros e revistas considerados por Gohn (2008) como temas da educação informal, ao mesmo tempo em que a autora inclui a ação educativa da mídia, em especial a eletrônica, no campo da educação não-formal, campo em que Libâneo também a inclui.

Essas são evidências da “porosidade” ou “permeabilidade” das fronteiras, para usar as palavras de Arantes, Trilla e Ghanem (2008), pois cada tipo de educação pode acolher elementos próprios e dos outros tipos. Esses últimos autores organizam algumas relações funcionais entre as diversas formas de educação: 1) relações de complementaridade (de funções, objetivos, conteúdos); 2) relações de suplência ou de substituição (quando se delega à escola funções que seriam da família, por exemplo); 3) relações de substituição (por exemplo, na ausência de políticas públicas de EJA as organizações da sociedade civil organizaram ações de alfabetização); 4) relações de reforço e colaboração (por exemplo, a utilização de programas dos meios de comunicação como recurso didático na escola e as visitas das escolas aos museus) e; 5) relações de interferência ou contradição (os meios educacionais são heterogêneos e podem educar para ideias de interesses opostos).

³⁵ Essa questão também foi levantada por estudantes do curso de Pedagogia da Universidade Federal do Paraná durante as aulas da disciplina “O trabalho pedagógico na educação não-escolar” que ministrei em 2011 e 2012. Era comum os alunos formularem perguntas como: se um curso ocorrer em uma empresa ou em uma igreja e oferecer certificação, será considerado não-formal pelo critério do espaço ou formal pelo critério da certificação? Assumindo-se uma diferenciação entre educação não-formal e informal, como seria caracterizada a educação desenvolvida pelas igrejas?

Para finalizar, Ghanem (2008) levanta uma discussão de extrema atualidade que vale a pena pontuar: a proposta de uma política educacional de grande amplitude que incorpore as práticas educacionais da educação formal e não-formal e a participação efetiva do Estado³⁶ e da sociedade civil. Por conseguinte, essa proposta requer repensar o atual sistema educacional que está restrito à escola e transformar a diversidade de agentes e organizações educacionais em um conjunto mais convergente e integrado. Para detalhes, ver Arantes, Trilla e Ghanem (2008).

2.1.2 Breve trajetória histórica da educação não-formal

Com a crescente aproximação entre escolarização e economia no século XIX na Europa e em outros continentes um século depois, a escola generalizou-se e tornou-se o paradigma da ação educativa, culminando na polarização do processo educacional e das políticas educacionais estatais em torno da escola. Isso está relacionado ao fato de que nos estudos pedagógicos se produziu uma identificação entre educação e escolarização (ARANTES; GHANEM; TRILLA, 2008).

Aproximadamente da segunda metade do século XX em diante, especialmente a partir dos anos 1960, se intensificou no discurso pedagógico o reconhecimento de processos educativos extra-escolares. A educação não-formal suscitou novas possibilidades pedagógicas para satisfazer as necessidades educacionais surgidas no contexto de mudanças sociais, econômicas, tecnológicas e culturais: demanda por novas formas de capacitação dos trabalhadores, a ampliação do tempo livre, as mudanças na instituição familiar e na vida cotidiana, a presença crescente dos meios de comunicação de massa, o desenvolvimento de novas tecnologias e o aumento da oferta de projetos educativos para grupos marginalizados (*ibid*).

Nesse cenário, novas ideias e conceitos foram formulados, como o de educação permanente³⁷, que além de denotar a extensão do tempo de educação,

³⁶ Aqui Estado é tido como aquilo que Gramsci (1988) define como sociedade política.

³⁷ A educação permanente foi referida em documentos da UNESCO como *educação ao longo da vida* (FAURE et al, 1972) e como *aprendizagem ao longo da vida* (DELORS et al, 1996). Este conceito teve interpretações contraditórias, que percebem a aproximação ou o distanciamento em relação aos propósitos de formação para a emancipação, conforme indica Palhares (2009).

pode conotar também a extensão horizontal e institucional da ideia de educação, exigindo a disponibilidade de diversos recursos educacionais extra-escolares (*ibid*). As estruturas menos rígidas dos espaços não-escolares facilitam, de certo modo, uma adaptação mais rápida à dinâmica da sociedade, se bem que as iniciativas educacionais sejam, nesse caso, mais propensas à descontinuidade.

Os campos da educação não-formal são agrupados, segundo Gohn (2008), em dois tipos: 1) a alfabetização ou transmissão de conhecimentos historicamente sistematizados em espaços com estrutura distinta das organizações escolares (educação popular nos anos 70 e 80 e EJA nos anos 90) e; 2) o processo de participação social em ações coletivas não destinadas ao aprendizado de conteúdos escolares. A questão da educação científica e tecnológica pode ser caracterizada em ambos os campos se ampliarmos os exemplos do primeiro campo para a mídia e os museus de ciência, e se considerarmos o aprendizado da participação em espaços de discussão da C&T, como as audiências públicas, conferências e *chats*, para falar de espaços já desenvolvidos no nosso país, no segundo campo.

A área de abrangência da educação não-formal é designada por um processo com diversos campos e dimensões: 1) aprendizagem política dos direitos dos indivíduos na condição de cidadãos; 2) a capacitação para o trabalho, por meio da aprendizagem de habilidades, desenvolvimento de competências e potencialidades; 3) a aprendizagem e exercício de práticas para a organização com objetivos comunitários e solução de problemas coletivos; 4) a aprendizagem de conteúdos escolares em formas e espaços diferenciados; 5) a educação desenvolvida na mídia e pela mídia, em especial a eletrônica; 6) a educação para a vida ou para a arte de bem viver, como a educação para conviver com o estresse (GOHN, 2006, p. 28 e 2008, p. 98-9). A autora ressalta que as duas últimas dimensões têm sido pouco exploradas pelos pesquisadores, mas notamos que nos últimos anos começam a receber maior atenção, especialmente a dimensão da educação pela mídia. A quinta dimensão, em tempos atuais, poderia ser reescrita para: a educação desenvolvida em espaços de educação científica, na e pela mídia e nos e pelos centros e museus de ciências. Também Arantes, Trilla e Ghanem (2008) esboçam alguns âmbitos da educação não-formal: 1) formação ligada ao trabalho; 2) lazer e cultura; 3) educação social e; 4) o âmbito da própria escola, em atividades extra-curriculares.

A educação não-formal ganhou importância nas últimas décadas, especialmente a partir da década de 1980, de acordo com Gohn (2008), pois anteriormente quando recebia algum destaque costumava ser como extensão da educação escolar. Conforme Palhares (2009) a educação não-formal foi muitas vezes justificada em função da crise real ou virtual da escola e da procura de alternativas educacionais para a realização de objetivos de desenvolvimento imediatos, chegando-se a propostas de desformalização e secundarização da escola. Todavia, o autor percebe que no curso da história se fortaleceu o predomínio da educação escolar no panorama educativo (em uma espécie de sobrescolarização), junto com a tendência à diversificação das práticas educativas, de entrelaçamento entre educação formal e não-formal para aprendizagens significativas e de formalização do não-formal e informal “no sentido de que as novas temporalidades do espaço escolar [...] se consubstanciaram pela apropriação de actividades, de práticas e de experiências exteriores de reconhecido valor educativo” (PALHARES, 2009, p. 71).

A história da educação não-formal na América Latina e Caribe é analisada por La Belle (2000) que identifica as abordagens do capital humano e da “reforma”, ambas voltadas para a marginalidade econômica e social durante o período de 1920 a 1990. Entretanto, os princípios e as estratégias de cada abordagem são distintos. Ele afirma que os “movimentos de reforma” têm sido orientados principalmente por agendas políticas e sociais, com expectativas de sucederem também transformações econômicas. Enquanto isso, os programas de capital humano têm sido direcionados especialmente para proteger interesses econômicos e para a consecução desse objetivo contam com estratégias nas arenas políticas e sociais. Em suma, a partir dessa e de outras leituras, percebemos que a história da educação não-formal na América Latina e Caribe é a expressão de um constante conflito entre projetos distintos de sociedade.

Por um lado temos um projeto de educação popular originado de grupos locais, de intelectuais e segmentos sociais comprometidos com o processo de emancipação da comunidade, envolvendo um processo de construção de conhecimento popular. A teoria e prática de Paulo Freire, desenvolvidas notadamente a partir dos anos 1950, são tidas como referências dessa perspectiva, conforme assinalam La Belle (2000) e Palhares (2009). As matrizes formadoras da sua teoria pedagógica são a educação, o trabalho, os movimentos sociais, os

partidos, os sindicatos, a cultura e a problematização da experiência de opressão vivida por jovens, adultos e crianças (FREIRE, 2005; ARROYO, 2006). Vale notar que uma significativa contribuição dos movimentos sociais populares organizados foi a luta pela redemocratização de diversos países da região.

Essa base teórica construída no mundo do trabalho e da cultura, segundo Arroyo (2006) deve ser o eixo de sentido da formação de educadores de jovens e adultos, no momento histórico em que a EJA vem sendo assumida por meio de políticas públicas governamentais. O autor propõe, portanto, que as políticas públicas de EJA e o sistema escolar incorporem a dinâmica da trajetória emancipatória que marcou a tradição da EJA e a fundamentação sobre a história dos direitos humanos, não esquecendo que “o movimento de Educação Popular, desde a década de 60, sempre colocou a alfabetização, a EJA, no campo dos direitos, quando nem sequer os outros campos da educação eram tocados por esses ventos” (ARROYO, 2006, p. 28) e “os jovens e adultos sempre que voltam para a escola, voltam pensando em outros direitos: o direito ao trabalho, o direito à dignidade, o direito a um futuro um pouco mais amplo, o direito à terra, o direito à sua identidade negra ou indígena” (*ibid*, p. 29).

Estas considerações evidenciam que está sendo assumido pelo sistema educacional um problema em que este era deficiente no passado e que as iniciativas populares e de organismos internacionais não deram conta de resolver. Mostram também que o mais desenvolvido, a escola, por ser mais institucionalizado e regulado, é também mais conservador em relação a mudanças, e por isso muitas ações ocorreram na educação não-formal e informal.

Por outro lado, temos um projeto de desenvolvimento dependente pensado para a sociedade latinoamericana e caribenha por organizações internacionais, como o Banco Mundial, a Organização dos Estados Americanos (OEA), a UNESCO e a Agência Norteamericana para o Desenvolvimento Internacional³⁸ (USAID), em especial a partir dos anos 1960 (LA BELLE, 2000; AVELLANEDA; von LINSINGEN, 2011), com consentimento da *sociedade política* (governo) nacional. Observamos a existência desse projeto, que teve influências em práticas de educação formal, não-formal e informal, a partir das leituras de Alves (1968), La Belle (2000), Gohn (2008), Palhares (2009) e Avellaneda e von Linsingen (2011). Essas circunstâncias

³⁸ *United Agency for International Development.*

mobilizaram reuniões na década de 1960 para a criação de Conselhos Nacionais de C&T, certamente uma das suas contribuições (AVELLANEDA; von LINSINGEN, 2011). Todavia, este projeto, embora anuncie o propósito de enfrentar a pobreza, a exclusão social e o analfabetismo, têm recebido críticas que destacam em sua história ações focadas na lógica do capital humano e da dependência econômica da América Latina.

A partir da revisão de Escobar (1998), Avellaneda e von Linsingen (2011) apontam que as ações de organizações internacionais, inspiradas no modelo linear de inovação, se materializavam por meio de incentivos financeiros e conceituais respaldados por muitos acadêmicos latinoamericanos. Esta concepção defendia um desenvolvimento baseado na transferência de tecnologia e conhecimento de países desenvolvidos a países não desenvolvidos sem considerar os aspectos sociais e culturais que se articulam com os aspectos técnicos, como se a C&T fossem neutras e necessariamente benéficas. Isso deu origem à chamada Teoria da Dependência³⁹, uma reflexão sobre o desenvolvimento autônomo para a região, movimento que deu origem aos ESCTL⁴⁰ (AVELLANEDA; von LINSINGEN, 2011).

Sem entender as razões políticas dos fracassos de iniciativas econômicas e educacionais como as que foram propostas pelos organismos internacionais para acabar com a pobreza e o analfabetismo na região, os novos esforços para reduzir a desigualdade social poderão ser inúteis e conduzir a novas armadilhas. É preciso compreender, por exemplo, que os esforços dos projetos da USAID para o Brasil não estavam direcionados ao enfrentamento dos verdadeiros problemas de nosso país, como aponta Alves (1968).

Vale lembrar que o esclarecimento sobre os acordos firmados pela USAID com o governo brasileiro na área educacional e em outras áreas, nos anos 1960 (em plena ditadura) ficou prejudicado pela falta de informações objetivas sobre os documentos. Todavia, as informações obtidas e que abrangiam os setores mais importantes do plano da USAID formam “um verdadeiro bê-á-bá do imperialismo” (ALVES, 1968, p. 18). Os acordos foram alvo de críticas de movimentos sociais,

³⁹ Segundo a teoria da dependência o modelo econômico em que se tomam as decisões nos países centrais e se atribui aos países periféricos a incumbência de produzir matérias-primas com baixo valor agregado seria prejudicial aos países não desenvolvidos ou em desenvolvimento.

⁴⁰ Ao final dos anos 1960 e na década de 1970 um grupo de intelectuais da região, considerado pioneiro dos estudos CTS, criou o movimento reconhecido por alguns autores como Pensamento Latinoamericano em Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS) (DAGNINO; DAVYT; THOMAS, 1996; AVELLANEDA; von LINSINGEN, 2011).

como de movimentos estudantis, que denunciaram a imposição de um sistema de ensino baseado nos interesses norteamericanos, pois “se a educação é um instrumento de independência, não pode ser ela planejada e dirigida pelo grande império de que nos procuramos libertar” (*ibid*, p. 23).

Os acordos favoreceram influências dos EUA marcadas pelo tecnicismo educacional, “a transformação do ensino em fábrica de gerentes, de técnicos bitolados, de autômatos” (*ibid*, p. 106), opondo-se às necessidades do país de formar técnicos capazes de pensar e aplicar a C&T à realidade brasileira. Tais acordos eram também orientados aos desígnios da economia internacional, em especial às necessidades das grandes corporações norteamericanas, mantendo a dominação estrangeira no setor industrial (*ibid*).

Referindo-se a presença norteamericana na educação superior brasileira, Marinho destaca que a recusa de setores sociais à “*ingerência imperialista* em questões essenciais para a sociedade promoveu o afastamento dos técnicos norteamericanos, mas não necessariamente a doutrina de uma educação mais *utilitarista*, voltada para as necessidades do *mercado* [...]” (MARINHO, 2005, p. 51, grifos no original). Podemos citar como exemplo que a doutrina continuou permeando as ações de ONGs criadas após a supressão do governo militar, muitas das quais se sujeitaram aos organismos internacionais, como o Banco Mundial, financiador de projetos. No entanto, nem todas as ONGs aceitaram as implicações de tal sujeição e fizeram críticas ao descaso com que foram tratadas as dimensões sociais e culturais das comunidades (LA BELLE, 2000).

Nos anos 1990, a crise financeira afetou as ONGs (em boa medida por causa a redução dos investimentos multilaterais) que reconfiguraram sua atuação para sair da crise, organizando-se em torno da necessidade de gerar recursos próprios (em busca da autossuficiência financeira) e de disputar fundos públicos, resultando como palavras de ordem a eficiência e a produtividade na gestão de projetos sociais. Com o grande mercado de trabalho informal as atividades produtivas ganharam centralidade e as de mobilização ficaram em segundo lugar (GOHN, 2008).

Assim, as novas ONGs atuam em áreas nas quais a ação do Estado é incipiente, sugerindo ações propositivas e afirmativas mediante políticas de parceria e cooperação com o Estado, a iniciativa privada, os movimentos sociais, as entidades filantrópicas tradicionais e as associações comunitárias. Estas ONGs, que têm fins públicos, articulam-se com as políticas neoliberais e adotam critérios da

economia de mercado (*ibid*). O Estado, além de colaborar com recursos financeiros, também promoveu um conjunto de mudanças na área jurídica⁴¹ para viabilizar as atividades do chamado terceiro setor

Nota-se, portanto, que os espaços não-formais de educação se articulam com as questões relevantes de cada período histórico, como foi a alfabetização, a redemocratização, a reivindicação dos direitos fundamentais ao Estado e mais recentemente, segundo Gohn (2010), o acirramento dos movimentos culturais que buscam mais afirmação (identidade) que contestação e que se identificam com causas específicas de grupos determinados.

Uma questão cada vez mais relevante são as escolhas científicas e tecnológicas pelos cidadãos no contexto de crescentes controvérsias, riscos e dilemas éticos suscitados pelo desenvolvimento científico-tecnológico nas últimas décadas, e um direcionamento mais explícito desse desenvolvimento para problemas sociais concretos latinoamericanos. Para tanto, é necessária a criação de mecanismos de participação na formulação das referidas políticas. Nas sociedades mais industrializadas, especialmente na Europa, ocorre um processo crescente de abertura de canais de participação pública, como resultado do crescente desenvolvimento do nível educacional e de cidadania ativa nesses países, assunto que retomaremos no próximo capítulo. Esta tese pretende contribuir com reflexões sobre como as diferentes mídias, ao informar sobre nanotecnologia, consideram a abertura ou a clausura do debate ao grande público.

2.2 EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Na perspectiva de um projeto de educação não-formal comprometido com a cidadania sociotécnica é interessante a identificação das necessidades locais para as quais a educação não-formal, assim como a formal, podem ser úteis. Entretanto,

⁴¹ Pode-se citar, por exemplo, a Lei nº 9.608/1998, que dispõe sobre o serviço voluntário; a Lei nº 9.790/1999 que dispõe sobre a qualificação de pessoas jurídicas de direito privado, sem fins lucrativos, como Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIPs), institui e disciplina o termo de parceria; a Lei 9.249/1995 que autoriza doações dedutíveis do imposto de renda de até 2% do lucro operacional de pessoa jurídica.

como indica Moreira (2009) o significado social e cultural da ciência e tecnologia como atividades humanas é muitas vezes camuflado na mídia. Entendemos que isso depende dos interesses das organizações responsáveis pelos meios de comunicação, da qualificação das pessoas que comunicam a C&T e das expectativas do público para qual se dirigem.

Como foi dito anteriormente, a educação desenvolvida pelos meios de comunicação de massa é caracterizada na literatura como não-formal e informal. Em trabalho anterior (KÖRBES; INVERNIZZI, 2011a) argumentamos que a mídia difunde informações de modo informal, na medida em que uma de suas funções primordiais é a formação de opinião e não é avaliada por órgão externo. Entretanto, a profissionalização crescente do jornalismo científico, junto com o peso significativo das questões científico-tecnológicas na vida cotidiana, tem levado a mídia a desenvolver espaços de educação não-formal voltados à divulgação da C&T. Esses meios são estruturados para atender a um público amplo com diferentes estilos de aprendizagem. É importante acrescentar que priorizam grupos sociais específicos, seus interesses (não apenas políticos e tecnoeconômicos, mas também culturais e, muitas vezes, religiosos), valores e concepções de sociedade, expressando as opções na linha editorial. Portanto, estabelecemos a diferenciação entre educação não-formal e informal mais como uma estratégia para chamar a atenção para o duplo caráter da mídia como meio de aprendizagem científica continuada e meio de formação de opinião, que veicula tais interesses e visões de mundo.

Nesta seção apresentamos um breve histórico da divulgação científica como forma de educação, seguida pela análise dos modelos de comunicação da C&T e da divulgação científica no Brasil.

2.2.1 Breve histórico da divulgação científica como forma de educação

A origem da divulgação da ciência costuma ser atribuída ao período em que se estabeleceram os fundamentos da ciência moderna (séculos XVI e XVII) e, portanto, ao momento em que houve uma ciência suscetível de ser popularizada (LOZANO, 2005; SILVA, 2006), apesar de não haver um consenso sobre o seu

início (SÁNCHEZ MORA, 2003). De acordo com Lozano (2005), Galileu Galilei pode ser considerado um dos primeiros divulgadores da ciência, por publicar um livro⁴² sobre a Teoria Copernicana em língua italiana, quando o latim era a língua formal das igrejas e universidades. Sánchez Mora (2003) relativiza dizendo que não se pode inferir que a intenção de Galileu fosse divulgar a ciência, em sentido amplo, apesar de seus escritos evidenciarem uma forma discursiva didática.

Nos séculos XVI e XVII uma das formas de difundir a ciência eram os espetáculos. Nesse período as universidades ainda estavam ligadas à igreja e para produzir ciência fora do aparato religioso foram criadas as sociedades científicas, como a *Royal Society* de Londres, a Academia de Ciências de Paris e a Academia de Berlim (LOZANO, 2005), que publicaram seus trabalhos em correspondências (entre cientistas e entre cientistas e editores) e revistas científicas (SÁNCHEZ MORA, 2003; LOZANO, 2005). No século seguinte surgiu a Enciclopédia, que funcionava como um dicionário dos princípios gerais da ciência e da arte em linguagem livre de terminologia erudita e acessível a pessoas instruídas comuns e especialistas (SÁNCHEZ MORA, 2003).

No século XIX, o desenvolvimento da imprensa acelerou o processo de popularização da ciência pelo rádio, cinema, jornais, revistas, livros populares, enciclopédias e de alguns periódicos que persistem até hoje, como *The Scientific American* (1845) e *Nature* (1869). Houve também a criação de museus de ciência e jardins botânicos. Segundo Bensaude-Vincent (2001), pelo menos nos países mais industrializados foi estimulado o consumo de massa da ciência como parte da emergência do consumo de massa. Divulgadores da ciência adotaram a estratégia de publicações modestas em termos intelectuais e de preço, de modo que um periódico podia ser adquirido pelo preço de um pão, mas ao final do século a ciência havia se tornado um negócio lucrativo.

Ao longo do século XIX se aprofundou a divisão entre cientistas e leigos, em grande medida por causa da profissionalização do trabalho científico, e acentuou-se a diferença entre os produtores e os consumidores da ciência. Os periódicos científicos populares, nesse contexto, passaram por uma redefinição de seu papel e houve controvérsias sobre se esses periódicos deveriam privilegiar práticas e julgamentos científicos populares ou retratar a prática científica da academia. As

⁴² O livro "*Dialogo sopra I due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*" (Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo, ptolomaico e copernicano), publicado em 1632.

ciências foram incorporadas nos livros didáticos e currículos escolares, em paralelo ao processo de especialização das ciências e dos periódicos (SÁNCHEZ MORA, 2003; LOZANO, 2005). Os museus de ciência assumiram dupla função: desenvolver pesquisas e fomentar a ciência, passando a integrar a indústria do lazer (LOZANO, 2005).

Os museus desse período, considerados como museus de ciência de segunda geração⁴³, contemplavam a tecnologia industrial e tinham finalidades de ensino. Era o caso do *Conservatoire des Arts et Métiers* (França, 1794) e do *Franklin Institute* (EUA, 1824) (CAZELLI; MARANDINO; STUDART, 2003). Esses museus foram influenciados pelas Exposições Universais, grandes exposições e feiras internacionais que visavam o contato entre produtores e consumidores para divulgar a existência de novos produtos e ampliar as vendas (PESAVENTO, 1997). Numa atmosfera de prosperidade, luxo e utopia (COSTA; SCHWARCZ, 2000; BARBUY, 1999), as Exposições Universais difundiam, conforme Barbuy (1999), a ideia do progresso material como caminho de felicidade. Estavam, portanto, estritamente vinculadas ao desenvolvimento industrial:

Tais exposições estariam associadas, basicamente, ao desenvolvimento industrial, exibindo máquinas e produtos resultantes desta atividade. Mesmo que reunissem entre os itens expostos elementos que nada tinham a ver com esta atividade produtiva, sem dúvida alguma as grandes *vedettes* das exposições universais foram sempre as máquinas, os novos inventos e os produtos recém-saídos das fábricas, cujo consumo se busca difundir e ampliar mundialmente. (PESAVENTO, 1997, p. 43).

A autora ressalta que o caráter de feira de mercadorias e da expressa intenção de obtenção de lucros constitui uma visão parcial das referidas Exposições. Elas teriam também motivações ideológicas, expressando os desejos da classe burguesa em ascensão e “criando uma fantasmagoria da realidade”, ou seja, “uma imagem da realidade que oculta as verdadeiras relações entre o homem e as coisas”

⁴³ Cazelli, Marandino e Studart (2003) revisam o histórico dos museus de ciência com base em Mc Manus (1992), que os distingue em três gerações. A primeira geração de museus de ciência foram os Gabinetes de Curiosidades, do século XVII, que acumulavam objetos e instrumentos relativos a diversas áreas da ciência, como foco na temática de história natural. Esses Gabinetes ou Coleções pertenciam à nobreza e eram abertos a um público seletivo, sendo que no final do século passaram a ser usados em demonstrações com fins de estudo e difusão. Os museus de ciência de segunda geração se destacavam pela temática da ciência e da indústria. Já os museus de ciência de terceira geração enfatizam a ciência e tecnologia contemporânea, os fenômenos e conceitos científicos, e focam na interatividade dos visitantes com os aparatos tecnológicos e em ideias, mais que em objetos.

(PESAVENTO, 1997, p. 45)⁴⁴. Deste modo, tiveram a função didático-pedagógica de promover a adesão ao ideário burguês e, principalmente, à ideia de progresso científico-tecnológico como manto ideológico do avanço da acumulação capitalista. Além disso, divulgaram a ciência e se configuraram como espaço de lazer, diversão e de espetáculo, imagem que permaneceu no imaginário social⁴⁵.

Um novo *boom* de iniciativas de popularização da ciência após a Primeira Guerra Mundial e o estabelecimento da comunicação da ciência como uma instituição em vários países, com a criação de associações profissionais de jornalistas científicos, obscurece o fato de não se admitir mais uma ciência popular; toda prática não-profissional de ciência gradualmente é considerada pseudo-ciência (BENSAUDE-VINCENT, 2001). Com isso, o universo de conhecimento ocasionou a crescente cisão entre os cientistas (detentores do monopólio da verdade) e os demais, os amadores ou público leigo (reconhecidos no século XVIII como detentores de importantes declarações e argumentos, agora são desqualificados) (BENSAUDE-VINCENT, 2001; SÁNCHEZ-MORA, 2003), assim como a cisão entre ciências e humanidades (SÁNCHEZ-MORA, 2003). Com base nessas considerações, Bensaude-Vincent (2001) destaca a importância dos movimentos recentes de cidadãos que reavivaram a noção de que a opinião pública é uma modalidade particular de conhecimento fundamental nas decisões políticas sobre a C&T e que pode ser direcionada à defesa de interesses públicos, nem sempre condizentes com os interesses dos cientistas.

⁴⁴ A autora se baseia em estudos de Walter Benjamin e Karl Marx. De acordo com Benjamin (2006, p. 44): “As exposições universais idealizam o valor de troca das mercadorias. Criam um quadro no qual seu valor de uso passa para o segundo plano. Inauguram uma fantasmagoria a que o homem se entrega para divertir-se. A indústria de entretenimento facilita isso elevando-o ao nível da mercadoria. Ele se abandona às suas manipulações ao desfrutar a sua própria alienação e a dos outros”. Para Benjamin, as Exposições (e também as Passagens ou galerias) exerceram a função de “fantasmagoria” que parece exercer a função de transfiguração: com seu “brilho” ocultam que as novas possibilidades técnicas não foram acompanhadas de nova ordem social; transferiram-se para as mercadorias os desejos mais profundos da alma, com isso desfocando da possibilidade de transformação social. No caráter ilusório do novo completava-se a ideia do avanço científico como progresso. Essas mesmas “imagens mágicas do século”, “imagens de desejo” ou “resquícios de um mundo de sonhos” encerrariam também o “despertar histórico”, o despertar para o novo e, por conseguinte, o fim do “velho”.

⁴⁵ Essas Exposições se orientavam pelo tripé das ideias-chave: progresso, técnica e razão. Na perspectiva positiva da época, a noção de progresso surgia do pensamento racional que produziu a ciência, a qual, por sua vez, seria aplicada à técnica, originando novas máquinas, dispositivos e inventos que beneficiariam a todos na medida do seu merecimento (PESAVENTO, 1997). Tais visões são bastante questionadas por ignorarem as diversas relações dialéticas entre ciência-tecnologia-sociedade e correspondem ao que conhecemos como visão linear da C&T, que se resume na equação: “+ ciência= + tecnologia = + riqueza = +bem-estar social” (BAZZO; von LINSINGEN; TEIXEIRA, 2003, p. 120).

Nesse sentido, nos anos 2000, cada vez mais vem sendo reconhecido no mundo acadêmico, e também por movimentos sociais, o papel da mídia na construção de controvérsias científicas e da agenda política em assuntos relacionados à C&T. É o caso do movimento *Public Understanding of Science* (Compreensão Pública da Ciência), uma reação da comunidade científica inglesa ao desencanto do público pela ciência e à busca por maior controle da ciência por parte de grupos de ativistas (LOZANO, 2005). Outro caso que ilustra essa tendência, ao menos em países desenvolvidos, é a controvérsia “água com memória” (*water with memory*) analisada por Brossard (2009). A controvérsia se originou da pesquisa do cientista francês Jacques Benveniste e seu grupo no Instituto Nacional Francês para Pesquisa em Saúde e Medicina (INSERM) sobre a homeopatia, prática terapêutica alternativa aceita em países como a França e ainda sem uma explicação científica. As conclusões do estudo, se confirmadas, dariam credibilidade científica à homeopatia e implicariam em mudanças nos paradigmas tradicionalmente adotados pelas ciências bioquímicas. Nesse contexto, a autora analisa a interação entre os principais intervenientes na controvérsia: o jornal francês *Le Monde* e o norteamericano *The New York Times*; o periódico científico britânico *Nature* e o norteamericano *Science*, evidenciando que a mídia não só “traduz” o conhecimento científico, como também medeia relações de poder que definem o que é ciência e como fazer ciência⁴⁶.

No que se refere à difusão da ciência, está em ampliação e consolidação o movimento iniciado nos anos 1990 em favor do acesso livre à informação científica. Entre os marcos desse movimento estão: a) a Iniciativa de Budapeste para o Acesso Aberto (*Declaration of the Budapest Open Access Initiative*)⁴⁷, de 2002, que estabelece os fundamentos do livre acesso a produção científica via internet, em

⁴⁶ Segundo Brossard (2009), alguns analistas situam a origem da controvérsia da “água com memória” na publicação de um artigo de Benveniste e seu grupo no periódico *Nature* em 1988 e que foi seguida de notícias na imprensa popular. Não obstante, o autor sugere que as origens da controvérsia devem ser buscadas em estágios anteriores, pois diversas negociações e comunicações ocorreram antes disso. Benveniste e seus colegas publicaram os resultados em 1985 no *Le Monde*, desviando-se da tradição científica de submetê-los primeiramente a um periódico científico com apreciação dos pares. A comunidade científica francesa reagiu com violentas críticas, motivando a realização de novos experimentos que levaram à submissão de um artigo para a revista *Nature* em 1986. Em maio de 1988, quando aconteceu a Conferência de Homeopatia em Strasbourg, esse artigo ainda não tinha sido aceito pelo periódico. A partir de então, o *Le Monde* anunciou a proximidade de uma explicação científica da homeopatia. Esses rumores que atribuíram legitimidade científica à homeopatia culminaram na publicação do artigo pela revista *Nature* em 30 de junho de 1988, junto com um editorial que recomendava cuidado e atenção quanto à metodologia empregada na pesquisa (BROSSARD, 2009).

⁴⁷ Disponível em: <<http://www.soros.org/openaccess/read>>. Acesso em: 30 out. 2011.

especial através de periódicos de acesso aberto (*Open-access Journals*); b) a Declaração de Berlim sobre Acesso Livre ao Conhecimento nas Ciências e Humanidades (*Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities*)⁴⁸, de 2003, que estende o livre acesso a totalidade das pesquisas científicas e; c) a Declaração de Salvador sobre o Acesso Aberto: a perspectiva dos países em desenvolvimento⁴⁹, de 2005, que destaca a necessidade de ampliação do acesso livre a temas de relevância para os países em desenvolvimento e propõe a exigência de disponibilização das pesquisas financiadas com recursos públicos em meios de Acesso Aberto. O Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT)⁵⁰, organismo de pesquisa vinculado ao MCTI, vem desenvolvendo ações que delineiam uma política nacional de informação científica, ainda que não necessariamente direcionada para o público médio brasileiro. Destaca-se, por exemplo, a criação da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), do Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas (SEER) e do Portal Periódicos CAPES - Portal Brasileiro da Informação Científica, acessível apenas a partir das instituições de ensino superior e pós-graduação.

2.2.2 Modelos de divulgação científica

Duas tendências de comunicação pública da ciência são destacadas pela literatura: modelos unidirecionais (modelo de déficit e modelo contextual) e modelos dialógicos ou democráticos (modelo de experiência leiga e modelo de participação pública). (MILLER, 2001; LEWENSTEIN, 2003; FARES; NAVAS; MARANDINO, 2007).

O modelo de déficit consiste em um processo de comunicação *top-down*, em que os cientistas preenchem o vazio de analfabetismo científico do público passivo, geralmente divulgando informações pela mídia de massa. Esse modelo conceitua o público como monolítico, homogêneo, de massa, segundo um único critério: a posse ou não de conhecimento científico (MOREIRA; MASSARANI, 2002; LOZANO, 2005;

⁴⁸ Cf.: <<http://oa.mpg.de/lang/en-uk/berlin-prozess/berliner-erklarung/>>. Acesso em: 30 out. 2011.

⁴⁹ Cf.: <<http://www.icml9.org/channel.php?lang=pt&channel=86&content=428>>. Acesso em: 30 out. 2011.

⁵⁰ Cf.: <<http://www.ibict.br/secao.php?cat=O%20IBICT>>. Acesso em: 30 out. 2011.

MOREIRA, 2006; PRIEST, 2008). As aprendizagens vitais segundo esse modelo são os fatos e métodos científicos (MILLER, 2001).

A alfabetização científica (*scientific literacy*) costuma ser situada nessa perspectiva. Este conceito é considerado difuso e controverso, pois inúmeros fatores podem contribuir para diferentes interpretações de alfabetização científica, quais sejam: diferentes grupos de interesse; diferentes definições conceituais do termo; a natureza do conceito; diferentes propósitos e; diversas formas de mensuração da alfabetização científica (LAUGKSCH, 2000). Segundo o autor, há os que situam a origem do conceito alfabetização científica no final dos anos 1950, e outros pelo menos no início do século XX. Ele destaca que nos anos 1950 o ímpeto norteamericano para desenvolver a alfabetização científica esteve relacionado à obtenção de suporte público para a manutenção de programas de educação científica e pesquisa para responder ao lançamento do Sputnik pela União Soviética, bem como à preocupação sobre o tipo de educação necessária para as novas gerações lidarem com a crescente sofisticação da C&T na sociedade. Miller (2001) e Lewenstein (2003) acrescentam que nos EUA foram iniciadas pesquisas sobre a compreensão e as atitudes acerca da ciência em 1950 e intensificadas a partir de 1970, e no Reino Unido a primeira pesquisa desse tipo foi desenvolvida em 1988.

Diversos testes constataram um baixo índice de “alfabetização científica”, baixo interesse pela ciência e inabilidade em compreender conceitos científicos básicos. Isso levou ao desenvolvimento de programas destinados a fornecer informações para preencher a lacuna de conhecimento, como a revisão de currículos escolares, na perspectiva de que uma vez preenchidos o “déficit” tudo seria melhor (sem que ficasse claro o que isso significa). Esses testes tradicionais que medem a alfabetização científica são míticos, irrealis e ineficazes, segundo os autores, pois apesar de mais de duas décadas de tentativas de preencher as lacunas de informação as estatísticas se mantiveram inalteradas. Na Europa, conforme Miller (2001), as pesquisas evidenciaram o interesse do público sobre assuntos científicos, ainda que não estivessem bem informados. O autor enfatiza que acabar com o modelo de déficit não significa que não haverá mais diferenças de níveis de informações entre cientistas (que pesquisam, experimentam e testam conhecimentos em anos) e pessoas leigas.

O modelo contextual provê uma orientação sobre a elaboração de mensagens sobre ciência que sejam relevantes para indivíduos em determinados contextos.

Esse modelo reconhece a complexidade do processo de comunicação da ciência. Compreende que os indivíduos processam as informações com base em seus esquemas sociais e psicológicos moldados pelas experiências anteriores em seu contexto cultural. Reconhece o poder das representações da mídia em aumentar ou diminuir o interesse público sobre determinadas questões. O modelo tem sido criticado porque seria uma versão melhorada do modelo de déficit. Também o uso recente de abordagens demográficas e de marketing levantou a preocupação de que as mensagens poderiam ser manipuladas de modo a se alcançar adesão (aquiescência) a objetivos específicos (LEWENSTEIN, 2003).

Em resposta ao modelo de déficit e contextual, pesquisadores expressaram a preocupação de que a comunicação pública da ciência fosse igualada aos interesses da comunidade científica em obter reconhecimento público dos benefícios que a ciência pode proporcionar para a sociedade e, desse modo, influenciasse as decisões políticas e de financiamento da pesquisa científica. Por isso foram formulados os modelos de experiência leiga e participação pública.

No modelo de experiência leiga os cientistas ou comunicadores valorizam e interagem com os conhecimentos locais (“conhecimento leigo”), como as experiências ou os conhecimentos transmitidos de geração em geração. Esse modelo considera a vida e a história de comunidades reais e se compromete com o empoderamento da comunidade local. Nesse modelo entende-se que os cientistas muitas vezes não reconhecem o verdadeiro nível de informações dos “leigos” para a decisão política. Ao contrário do modelo contextual que atribui importância ao conhecimento científico, o modelo de experiência leiga pressupõe que o conhecimento leigo pode ser tão relevante quanto o conhecimento técnico para a resolução de um problema. Nesse sentido, a comunicação da ciência deveria levar em conta a informação, o conhecimento e a experiência da comunidade em resolver problemas técnico-científicos. Essa abordagem valoriza mais os conhecimentos locais do que os conhecimentos produzidos pela ciência moderna, razão pela qual chega a ser chamada de “anti-ciência”. A crítica a esse modelo é que existem certos conhecimentos que são difíceis de obter e uma lacuna de conhecimento entre leigos e cientistas é um resultado característico da sociedade especializada. Também não fica claro como esse modelo orienta a compreensão de problemas científicos específicos (LEWENSTEIN, 2003).

O modelo de participação pública, de engajamento público (*public participation model or public engagement*) ou de diálogo entre ciência e público (uma variedade de públicos) surgiu focando uma série de atividades como conferências de consenso, júris de cidadãos e outros (semelhantes às conhecidas audiências públicas) para aumentar a participação pública, elevar a confiança pública nas decisões de política da ciência (LEWENSTEIN, 2003) e provavelmente para evitar os prejuízos econômicos da rejeição do público a uma determinada tecnologia (PRIEST, 2008). Entre as críticas a esse modelo destacam-se: a) a abordagem de relações políticas e não da compreensão pública, ao que os defensores desse modelo argumentam que os modelos de déficit e contextual são igualmente políticos, focando nos indivíduos ao invés de focar nas relações sociais; b) o enfoque no processo científico e não em seu conteúdo; c) o atendimento a um pequeno grupo de participantes e d) a adoção, às vezes, de um viés “anti-ciência” (LEWENSTEIN, 2003). No modelo dialógico de comunicação da ciência os aspectos sociais da produção do conhecimento e sua validação passam a ter uma importância mais acentuada.

Porém, Miller (2001) ressalta que a comunicação pode ser instigadora e, ao mesmo tempo, não elevar os níveis de conhecimento do público. Ele argumenta que as pessoas podem ter a capacidade de acessar conhecimentos aprendidos na escola ou na vida, utilizá-los em situações desafiadoras do cotidiano e, ainda assim, não saber responder perguntas, por exemplo, se um elétron é maior que um átomo. Ainda segundo o autor, um modelo dialógico coloca o desafio de se superar a comunicação somente da “ciência segura”. Controvérsias e incertezas ainda costumam ser mantidas nos bastidores da comunidade científica. O autor salienta a necessidade de se abrir para o público as questões controversas, as incertezas e os riscos das novas tecnologias, áreas que cruzam as fronteiras disciplinares e que são de interesse público.

O modelo inclusivo 3D – diálogo, discussão e debate – pressupõe o debate sobre a ciência e suas implicações para os indivíduos e a sociedade. Nesse sentido, os desafios para os comunicadores da ciência são: ter consciência do conhecimento que a audiência possui e da natureza desse conhecimento; ter noção das razões pelas quais os ouvintes acessariam a informação; ter ideia do que as pessoas sentem diante da forma de reconhecimento dos fatos e das implicações das novas pesquisas científicas (MILLER, 2001).

A mídia também precisa captar a maior variedade possível de vozes sobre questões de C&T, como argumenta Priest (2008). No entanto, a atividade dos jornalistas é dependente das fontes de informação que conseguem acessar e por isso os grupos de maior destaque, conforme a autora, tendem a ser os pró-tecnologia (representantes de indústrias e do governo) e os anti-tecnologia (ativistas) que procuram a mídia e, agregamos, costumam render matérias sensacionalistas que polarizam a discussão em torno da tecnologia em termos de “progresso” e “contra o progresso”. Nesse sentido, ela propõe que os jornalistas devem alcançar uma gama maior de públicos, com fontes as mais diversas e variados assuntos de C&T. A partir dessas ponderações, entendemos que a mídia deve possibilitar a incorporação de outras posições que frequentemente ficam ausentes, como de grupos ativistas que buscam uma tecnologia mais segura e regulada, uma tecnologia que também atenda as necessidades de classes sociais com menos poder de compra e, inclusive, os que procuram maior discussão pública das opções tecnológicas e os que reivindicam que as comunidades atingidas tenham participação em grandes projetos tecnológicos.

Várias atividades podem combinar elementos de diferentes modelos de comunicação da ciência, ou seja, uma atividade de comunicação não se encaixa em um modelo específico. Por exemplo, a inclusão de conceitos científicos básicos nos materiais de suporte a uma conferência de consenso. Para Lewenstein (2003), uma tarefa importante é ampliar a compreensão da relação entre o que os modelos de comunicação podem ser (idealizações) e o que realmente são. Os modelos de comunicação atuais não atendem a um conjunto de objetivos inter-relacionados e sobrepostos entre os modelos, tais como, preencher o déficit de informação, promover a participação pública e usar o conhecimento local para solucionar problemas locais. Outra tarefa necessária é a realização de mais pesquisas sobre a comunicação pública da ciência, especialmente para compreender os objetivos e as realizações de tipos específicos de atividades de comunicação pública da C&T.

Outro aspecto relevante é a compreensão da relação entre a mídia, a formação de opinião e as decisões políticas. Segundo Priest (2008), a opinião pública não deriva diretamente das mensagens da mídia, sendo rejeitada a teoria de que a mídia provoca efeitos diretos, imediatos, uniformes e fortes e que diversos males sociais, como o preconceito e a violência, derivam das representações da mídia. Isso não significa dizer que a mídia não tem efeitos. Os pesquisadores da

mídia reconhecem que as pessoas podem aprender conhecimentos e comportamentos com as mensagens emitidas, em uma variedade de formas, tanto positivas quanto negativas, bem como admitem que as diferenças da natureza das mensagens emitidas em diferentes países podem criar associações diferentes em relação a uma tecnologia. Essas associações, por sua vez, influenciam as estatísticas de opinião pública. Adicionalmente, tais associações são influenciadas por diversas instituições e pela personalidade, pelos valores, pelas prioridades, crenças, interpretações e experiências de cada pessoa e dos grupos sociais que criam as mensagens socializadas nas mídias.

O que se comprovou mais consistentemente é que a cobertura da mídia influencia a definição da agenda, na medida em que contribui para formar a ideia de quais questões são mais importantes e urgentes. Esse aspecto está relacionado à própria natureza do trabalho jornalístico, a de selecionar determinadas questões, tópicos, eventos ou problemas para dar ênfase. O enquadramento é então influenciado pelos julgamentos do divulgador e pelas fontes consultadas, as quais possuem seus respectivos interesses. Os estudos da correlação entre mídia e opinião pública, segundo a autora, são bastante complexos, do tipo “quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha”. Por isso, o estudo dessa relação precisa levar em conta o processo de coleta de notícias e a cognição da audiência. Vale lembrar, conforme Sturgis e Allum (2004), que parece não haver um efeito linear simples entre a posse de conhecimentos científicos e as atitudes sobre a ciência.

A necessidade de ultrapassar um modelo de comunicação centrado na relação “do emissor de mensagens para o aprendiz” é indicada por Kim (2007), que justifica que o “aprendiz” ou receptor das mensagens forma impressões não só a partir das mensagens científicas recebidas, como também em conversas com outros e enfrentamento de problemas. Muitos dos problemas enfrentados são coletivos, requerendo engajamento coletivo e foco nos mais urgentes para tentar resolvê-los. Nessa direção, o autor busca entender o potencial de engajar o público com um problema ou questão relativa à ciência para melhorar a efetividade da comunicação pública da ciência e propõe a concepção de Engajamento Público com um Problema ou Questão relativa à Ciência (PEP/IS - *Public Engagement with a Problem or an Issue relative to Science*). Essa é uma nova conceituação (mais ampla) das relações entre a posse do conhecimento científico, o interesse pela ciência e a atitude diante da ciência, onde o conceito de compreensão (*understanding*) seja visto mais como

um processo do que como um produto, o público como sujeito individual e coletivo e um novo olhar sobre o engajamento em relação à ciência. O autor tentou produzir uma nova ferramenta de avaliação que considere essas incorporações conceituais. Este PEP/IS não é fácil de alcançar, conforme o autor, pois o movimento de co-focar a atenção sobre um problema ou questão pode ser induzido pelos meios de comunicação de massa se não houver um conhecimento coletivo adequado em relação à ciência.

Nesse sentido, a comunicação que prioriza a troca de informações, em vez da persuasão ou formação de opinião, pode ser mais eficaz (KIM, 2007). Alguns passos práticos são sugeridos para uma comunicação mais efetiva: comunicar eficazmente os problemas potencialmente coletivos averiguados em pesquisas e comunicar a real capacidade da ciência em resolver o problema e questões relacionadas. Portanto, é relevante o conteúdo e o período de comunicação para habilitar o coletivo à co-exposição do problema, a co-centrar a atenção, a co-conhecer e ao co-movimento⁵¹. Nessa perspectiva, o conjunto de cientistas naturais e sociais poderia liderar o processo de engajamento público e procurar resolver problemas junto com o público, especialmente àqueles que não dependem simplesmente de soluções tecnológicas, como a guerra atômica.

Entendendo a comunicação da C&T como processo social e cultural, Vogt (2008) propõe que se fale mais em cultura científica do que em alfabetização, popularização, divulgação científica e compreensão pública da ciência. Na concepção de Vogt, a chamada cultura científica, dito de forma simples, está entre a visão dos especialistas e as ideias generalistas sobre determinados temas. O autor representou a dinâmica da produção e circulação do conhecimento na sociedade pela metáfora da “espiral da cultura científica”, descrevendo um ciclo de aprendizados que nunca volta ao ponto de partida. (VOGT, 2005).

2.2.3 Divulgação científica no Brasil

⁵¹ “Such effective communicating tells the importance of relevant communication in “content” and “timing” to enable the sequential respective acts of coexposing, cofocusing attention, cocognizing, and commoving” (KIM, 2007, p. 306).

A divulgação, popularização ou apropriação da ciência e tecnologia ⁵² começou a ter um importante papel em instituições responsáveis por políticas científicas e tecnológicas na América Latina nas últimas décadas, conforme indicam Avellaneda e von Linsingen (2011). Isto fica evidente em três características: o aumento do número de instituições dedicadas a essas atividades; o nascimento, em 1990, da Rede-POP, com o apoio da UNESCO; e as propostas discutidas na região sobre a necessidade de políticas específicas que orientem, regulem e apoiem o crescimento de ações na área, como foi feito na Colômbia e Brasil na década passada.

A política de divulgação científica é uma das metas prioritárias da SECIS, do MCTI. Nesta secretaria, a criação do DEPDl expressa a importância que vem sendo dada à divulgação científica nas suas variadas formas pelo MCTI. De acordo com o Relatório de Gestão 2003-2006, em 2005, por ocasião da 3ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia “foi apresentada proposta para a construção de uma política pública de popularização da C&T e estabelecimento de um Programa Nacional para a popularização da C&T para a próxima década” (MCT, 2006 ou 2007).

Assim, no Plano de Ação do MCT 2007-2010 constam como metas: “promover a cada ano edital para apoio a atividades de popularização da C&T com recursos do FNCDT” e “criar programa de divulgação científica na TV pública” (MCT, 2007a, p. 356), cujos resultados não são contemplados no relatório do MCT (2010). Neste mesmo relatório, são destacados principalmente os investimentos na Semana Nacional de CT&I, na Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (OBMEP), nos Centros Vocacionais Tecnológicos (CVTs), nos Telecentros (programas de inclusão digital) e, secundariamente, o aporte de recursos para a criação e o desenvolvimento de centros e museus de C&T, inclusive com unidades de ciência móvel. Estas iniciativas de divulgação da ciência estão fortemente articuladas à melhoria do ensino de Ciências nas escolas, embora ainda não seja evidente uma clara articulação entre o MCTI e o Ministério da Educação (MEC) no sentido de fortalecer os vínculos entre educação científica escolar e não-escolar.

A popularização da C&T é uma das linhas de ação para a inclusão social, anunciada como uma das prioridades dos últimos governos (do presidente Luiz Inácio Lula da Silva e da presidenta Dilma Rousseff). A inclusão social é um dos

⁵² Termos com que têm sido denominadas as atividades de comunicação e democratização da C&T na região.

desafios do país, que por razões históricas acumulou grandes desigualdades sociais, em termos materiais, científico-culturais e políticos. Nesse sentido, a SECIS, que abarca o DEPDI, tem por objetivos: desenvolver ações que “possibilitem à população, principalmente aquela excluída do processo econômico e social, usufruir os benefícios gerados pela ciência, tecnologia e inovação” (REZENDE, 2005, p.6) e “contribuir para a melhoria da divulgação científica e da educação científica” (MOREIRA, 2006, p.12).

A educação, pelos objetivos que persegue, jamais se caracterizará como neutra, mas política sempre. A politicidade da educação implica em saber “[...] a favor de quê e de quem, contra o quê e contra quem se faz à política [...]” (FREIRE, 2000a, p.44-5). Logo, vem a pergunta: no que consiste o discurso ou a política de inclusão social? Segundo o Diretor do DEPDI:

A inclusão social pode ser entendida como a ação de proporcionar para populações que são social e economicamente excluídas – no sentido de terem acesso muito reduzido aos bens (materiais, educacionais, científico-culturais etc) e terem recursos econômicos muito abaixo da média dos outros cidadãos – oportunidades e condições de serem incorporadas à parcela da sociedade que pode usufruir destes bens. Em um sentido mais amplo a inclusão social envolve também o estabelecimento de condições para que todos os habitantes do país possam viver com adequada qualidade de vida e como cidadãos plenos, dotados de conhecimentos, meios e mecanismos de participação política que os capacitem a agir de forma fundamentada e consciente. (MOREIRA, 2009, p. 67)⁵³

Como se pode notar na definição do autor, a ênfase recai na necessidade de divulgar a ciência e tecnologia para a população que não tem condições de acessá-la por meios privados, mas destaca a importância de se atingir as pessoas de qualquer origem social que se encontram excluídas no que se refere a um conhecimento básico de C&T que seja, ao mesmo tempo, abrangente e de qualidade.

Temos observado uma crescente parceria entre a educação formal e a não-formal. O investimento na melhoria do ensino de ciências, por exemplo, tornou-se uma das políticas do DEPDI/MCTI em parceria com o MEC. Moreira (2009) ilustra o quadro em que se dá esse ensino:

⁵³ A inclusão social está diretamente relacionada com o exercício da cidadania. Severino (1992) define cidadania como a condição para o ser humano compartilhar direitos e deveres, bens simbólicos e culturais (tais como a educação), bens sociais (relacionado à estrutura de poder e esfera política) e bens materiais (alimentação, habitação, trabalho, vestuário entre outros). Compartilhar é obter patamar de igualdade de decisão e de acesso aos diferentes bens; é solidariedade.

Quanto à educação científica formal, o quadro se apresenta muito problemático, com o desempenho em geral muito baixo dos estudantes brasileiros nos assuntos que envolvem ciências e matemáticas. O ensino de ciências é, em geral, pobre de recursos, desestimulante e desatualizado. Curiosidade, experimentação e criatividade geralmente não são valorizadas. Ao lado da carência enorme de professores de ciências, em especial professores com boa formação, predominam condições de trabalho precárias, com deficiências graves em laboratórios, bibliotecas, material didático, inclusão digital, etc. (MOREIRA, 2009, p; 70).

Cabe ressaltar que a aprendizagem de ciências em espaços não-escolares não reduz a necessidade de laboratórios bem equipados nas escolas. Como afirmou Rui Cerqueira, professor de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, no programa Tome Ciência (2011), a melhoria do ensino de ciências requer condições de trabalho, como a disponibilidade de laboratórios e de carga horária adequada para o planejamento das aulas, mas há uma carência de laboratórios nos espaços de educação formal e de museus nos espaços de educação não-formal. Como bem lembra Fátima Brito, presidente da ABCMC no programa Tome Ciência (2011) cerca de 60% das visitas a museus são de escolares e “o papel do museu não é suprir uma falta que tem na escola”; o mais importante num museu é despertar a curiosidade, gerar dúvidas sobre a ciência (que está sempre em construção) e vivenciar algumas das experiências dos cientistas.

Pesquisas indicam que um dos fatores que muito influi na visitação a museus e centros de ciência é a sua disponibilidade. O número de museus quase dobrou na última década no Brasil, a desigualdade regional diminuiu e a visitação a centros e museus de ciência cresceu de 4% em 2006 para 8,3% em 2010 (MCT, 2010). A ampliação dos espaços de popularização da C&T nas diversas regiões do país vem sendo um dos propósitos do DEPMI/MCTI. Estudos indicam que no Brasil há atualmente pelo menos 100 museus e centros de ciência (BRITO; FERREIRA; MASSARANI, 2005), número que pode chegar a cerca de 140 (CURY, 2000). A tendência em ampliar os espaços de divulgação científica também se observa desde os anos 1990 em outros países da América Latina e Caribe (MASSARANI; BUYS, 2009; AVELLANEDA; von LINSINGEN, 2011). A ampliação do número de museus e sua melhor distribuição nas diversas regiões do país não é, entretanto, condição suficiente. A política de sua implementação precisa estar acompanhada de estudos sobre as melhores estratégias pedagógicas (MOREIRA, 2009). Note-se que ações da educação não-formal em C&T estão alocadas em um ministério diferente da

Educação, o que ressalta a necessidade de interação entre os ministérios na formulação de políticas educacionais.

SÍNTESE DO CAPÍTULO

A formação humana deve ser entendida como um *continuum*. Essa é sem dúvida uma das ideias-chave desse capítulo. Em contraponto à fragmentação entre as modalidades de educação formal, não-formal e informal, pontuamos a complementaridade entre essas formas de educação, que juntas constituem a totalidade do processo de formação humana, objeto de investigação da Ciência Pedagógica. A riqueza da educação não-formal não reside apenas nas suas especificidades, mas na conexão com as demais modalidades educativas.

Ressaltamos o mérito de Saviani (2009) em situar a educação não-formal em um contexto educacional, político e socioeconômico, colocando a educação formal (mais desenvolvida) como referência para pensar a não-formal (menos desenvolvida), e sublinhamos a necessidade de tomar alguns cuidados nas comparações entre educação escolar e não-escolar. O primeiro é a necessidade de se tratar com atenção as características distintas e peculiares de ambas as modalidades, mesmo que algumas sejam compartilhadas. O segundo cuidado refere-se a não considerar a educação não-formal como mero desdobramento da escola, por três razões: 1) embora a educação formal estimule e potencialize a fruição e a participação em espaços não-formais, não é condição necessária em todos os casos e não é condição suficiente; 2) as formas de socialização do conhecimento desenvolvidas em espaços educativos não-formais têm características distintas e atores diferenciados daquelas que se realizam na educação formal e; 3) a possibilidade de formalização de processos educacionais não-formais.

Enfatizamos que a dicotomia entre educação formal e não-formal nos estudos pedagógicos, nos sistemas educacionais e na formulação de políticas públicas, despreza a fecundidade da articulação com os *outros* processos educativos, seja esse *outro* a educação escolar ou a educação não-escolar. Além dessas duas modalidades, identificamos na literatura a educação informal, ou seja, a educação

como um todo está dividida em três tipos interdependentes. Há uma tentativa de estabelecer diferenciações entre espécies de educação com lógicas distintas e de agrupar tipos de educação com lógicas semelhantes, apesar de discordâncias em relação aos critérios que justificam essa distribuição: 1) a primeira espécie inclui a educação formal e não-formal, que são dotadas de caráter metódico, organizado, sistemático e de intencionalidade do agente; 2) a segunda abrange a educação informal, destituída das características da primeira espécie, embora haja questionamentos sobre este aspecto. As formas de educação incluídas na primeira espécie têm a intencionalidade explícita de transmitir conhecimentos e a educação informal é frequentemente definida como aquela que acontece no processo de socialização cotidiana, de modo difuso e indiferenciado.

Discutimos os conteúdos, os objetivos, as metodologias, os agentes educadores e a aprendizagem na educação não-formal. Pontuamos a proposta de uma política educacional que incorpore as práticas educacionais da educação formal e não-formal, a qual sugere a necessidade de repensar o atual sistema educacional que está restrito à escola e transformar a diversidade de agentes e organizações educacionais em um conjunto mais convergente.

Traçamos uma breve trajetória histórica da educação não-formal no Brasil, em que identificamos dois projetos distintos desenhados no século passado, em especial no período após a Segunda Guerra Mundial: um projeto de educação popular iniciado nos anos 1950 por intelectuais locais, como Paulo Freire, e um projeto de desenvolvimento dependente pensado para a sociedade latinoamericana e ceribenha por organizações internacionais, que influenciou iniciativas de educação formal, não-formal e informal a partir dos anos 1960. O primeiro projeto representa um conjunto de iniciativas populares na luta contra todas as formas de opressão e a favor da participação política. O segundo projeto, ainda que anuncie como prioridade o desenvolvimento econômico e social da região, tem como eixos norteadores a teoria do capital humano, que visa promover competências básicas para atender finalidades econômicas imediatas, e o desenvolvimento dependente e subordinado ao imperialismo norteamericano.

Diversos modelos de relação ciência e público podem embasar as estratégias de comunicação da ciência, dos menos aos mais democráticos: os modelos unidirecionais (modelo de déficit e modelo contextual) e os modelos dialógicos ou democráticos (modelo de experiência leiga e modelo de participação pública).

Segundo o modelo de déficit caberia à divulgação preencher as lacunas de informação de um público passivo, monolítico e homogêneo. O modelo contextual destaca a necessidade de elaborar mensagens sobre ciência que sejam relevantes para indivíduos em determinados contextos, pois concebe que os indivíduos processam as informações com base em seus esquemas sociais e psicológicos moldados pelas experiências anteriores. O modelo de experiência leiga promove a interação entre os cientistas ou comunicadores e os povos locais, considerando a trajetória de comunidades reais e se comprometendo com o empoderamento da comunidade local. O modelo de participação pública ou de engajamento público promove atividades como conferências de consenso, júris de cidadãos e outras. para aumentar a participação pública e elevar a confiança nas decisões de política da ciência. Uma variante desse modelo é o Engajamento Público com um Problema ou Questão relativa à Ciência que defende a compreensão da ciência como um processo e não mero produto. Uma atividade pode combinar elementos de diferentes modelos de comunicação da ciência.

Argumentamos que a divulgação científica é uma modalidade de educação não-formal permeada de vinculações com as demais modalidades de educação. No caso da mídia, a especialização de comunicadores da ciência em jornalismo científico, o preparo de cientistas para escrever sobre ciência e a criação de espaços próprios para a popularização da produção científica contribuiu para configurar a divulgação científica na mídia como ação sistemática de educação. A divulgação sobre ciência e tecnologia está emergindo em várias mídias no Brasil num contexto de aumento da importância outorgada a C&T no país e evidente maior conteúdo de C&T na vida social. Nesse sentido pretendemos verificar na análise de conteúdo como as diversas mídias abordam a questão da nanotecnologia, abrindo ou fechando oportunidades para o diálogo com o público.

Ademais, a sociedade demanda a socialização dos conhecimentos produzidos em grande medida com financiamento público. Nos países que adotam formas de democracia de tipo participativo também vêm sendo desenvolvidos espaços para a participação dos cidadãos em decisões sobre as políticas de C&T, ao passo que no Brasil as políticas públicas voltadas à participação ainda são recentes, esparsas e menos desenvolvidas.

3 NANOCIENCIA E NANOTECNOLOGIA: DIVULGAÇÃO EM UMA ÁREA TECNOCIENTÍFICA EMERGENTE

A divulgação em áreas científicas emergentes, como a nanotecnologia, é fundamental para as pessoas se manterem atualizadas a respeito das novas tecnologias que começam a fazer parte da vida cotidiana e se posicionarem diante delas, abrangendo desde decisões elementares como consumir ou não produtos que contêm nanopartículas, até o exercício de formas mais elaboradas de cidadania ainda pouco desenvolvidas em nosso país, como a participação nas decisões políticas sobre C&T. Para este propósito, é fundamental que diversos grupos sociais tenham espaço nas mídias e que a divulgação se baseie na concepção dialógica.

Nesse capítulo caracterizamos a nanotecnologia como área tecnocientífica emergente, abordamos as controvérsias suscitadas entre diferentes programas científicos para o desenvolvimento da nanotecnologia, trazemos dados sobre o desenvolvimento da nanotecnologia, verificamos o que tem sido discutido sobre seus potenciais benefícios, suas implicações legais, sociais e éticas, seus possíveis riscos e como tem sido incorporada na política brasileira de CT&I.

3.1 NANOTECNOLOGIA: UMA ÁREA TECNOCIENTÍFICA EMERGENTE

As teorias que levariam ao desenvolvimento da nanotecnologia começaram a ser desenvolvidas muito antes de 1959, considerado o ano fundante da nanotecnologia, porém, para os propósitos desta tese, não consideramos essencial retomá-las. A literatura costuma marcar como evento inicial da história da nanotecnologia a palestra de Richard Feynman, intitulada “Há muito espaço lá embaixo”, realizada no Instituto de Tecnologia da Califórnia, e na qual ele afirmou que em um futuro não muito distante seria possível manipular os átomos e a partir deles construir novos materiais que não existem naturalmente. A invenção do microscópio de tunelamento ou microscópio de varredura de efeito túnel na década de 1980, na Suíça, tornou possível ver estruturas atômicas e moleculares e observar

o seu comportamento (SILVA, 2002; REISING, 2009). Já o microscópio de força atômica permite, ademais, manipular átomos (REISING, 2009; GALLO, 2007).

De acordo com Ratner e Ratner (2002), a nanociência ocorre na intersecção da ciência e da engenharia tradicional, mecânica quântica e os mais básicos processos da vida. A nanotecnologia, por sua vez, refere-se a como aproveitar o conhecimento de nanociência para criar materiais, máquinas e dispositivos com novas propriedades e capacidades que, como veremos, decorrem da escala na qual se trabalha. Dito de outra forma, segundo os mesmos autores, nanociência é o estudo dos princípios de moléculas⁵⁴ e estruturas com dimensão de pelo menos entre 1 e 100 nanômetros (1 nanômetro equivale a 1/1.000.000.000 de metro, ou seja, um bilionésimo de metro ou 10^{-9}). Essas estruturas são conhecidas como nanoestruturas, as menores estruturas sólidas possíveis de se fazer no atual estágio de desenvolvimento da ciência. A nanotecnologia é a aplicação dessas nanoestruturas em dispositivos de nanoescala.

Uma das ideias sobre a nanotecnologia é que ela não é nova. No passado teriam sido explorados materiais nanoestruturados antes mesmo de se cunhar o prefixo *nano*. São exemplos desses usos: a fotografia, os catalizadores para reações químicas, os vidros coloridos (como os vitrais das igrejas), os carbonos absorventes e as proteínas. Todavia, só foi possível conhecer os fenômenos e as propriedades das nanoestruturas a partir da manipulação da matéria em escala atômica viabilizada a partir dos anos 1980 com a criação de microscópios especiais (GALLO, 2007).

Outra ideia enfatiza as suas novidades com base no princípio de que na nanoescala as propriedades dos materiais e máquinas dependem do seu tamanho como em nenhuma outra escala. A novidade reside em pelo menos três características de suma importância para os processos produtivos, conforme indicado por Foladori e Invernizzi (2006) e Gallo (2007). A primeira característica é que, quanto mais reduzido o tamanho de um material, maior a sua superfície externa em relação com a sua massa e maior a sua reatividade química, visto que a reatividade química depende dos átomos que compõem a superfície externa do material. As nanopartículas têm uma superfície externa muito maior que os mesmos

⁵⁴ Segundo Silva: “moléculas são átomos do mesmo tipo ou de tipos diferentes, fortemente ligados entre si, formando novas entidades, com propriedades físico-químicas distintas” (SILVA, 2002, s.p.).

materiais em escala superior, por isso são muito mais reativas⁵⁵. A segunda característica é que as propriedades físicas, químicas e toxicológicas mudam quando os materiais são reduzidos ao tamanho nano, um tamanho que depende de várias características⁵⁶ e condições, que não é fixo e que por convenção é estimado de 0 a 100 nanômetros. Ao explorar estas características se abrem novas possibilidades de aplicações industriais de diversos materiais. A terceira característica essencial é que ao trabalhar em escala nano se podem realizar atividades que seriam impossíveis em outras escalas, como, por exemplo, incorporar nanossensores dentro de organismos vivos ou em dispositivos de tamanho bastante pequeno, ou seja, resulta possível a aplicação de procedimentos bióticos em processos materiais ou de elementos materiais em organismos vivos.

Ademais, a modificação de materiais na escala nanométrica potencializa o intercâmbio ou convergência entre diversos blocos de conhecimento por tratar com a matéria em nanoescala. A nanotecnologia possibilita a sinergia, por exemplo, com a biotecnologia, a tecnologia da informação, as ciências cognitivas, a robótica e a tecnologia de materiais potencializando as aplicações que teriam individualmente, ainda que a convergência não se restrinja a essas áreas (ROCO; BAINBRIDGE, 2002; NORDMANN, 2004; GRUPO ETC, 2005; FOLADORI; INVERNIZZI, 2008). Esses autores destacam a importância da interação dos blocos de conhecimento nano-bio-info-cogno (NBIC), com outros das ciências naturais e engenharias, como base da nanotecnologia. Todavia, enquanto informes como *“Converging Technologies for Improving Human Performance”* (CTIHP), elaborado por Roco e Bainbridge (2002) nos Estados Unidos priorizam a convergência das chamadas “ciências duras”, outros autores como Nordmann (2004) e Echeverría (2009) consideram nessa convergência também as ciências humanas, sociais e as artes. Dessa forma, sublinham a importância de superar uma interdisciplinaridade seletiva ou instrumental.

⁵⁵ De acordo com Gallo (2007, p. 33), uma partícula de 30 nanômetros tem aproximadamente 5% de seus átomos em sua superfície, enquanto uma nanopartícula de 3 nanômetros pode ter cerca de 80% de seus átomos expostos na superfície, resultando em maior reatividade química.

⁵⁶ Os nanotubos de carbono em forma de grafite presentes nos lápis, por exemplo, normalmente maleáveis, em nanoescala se tornam mais rígidos que o aço e, ao mesmo tempo, mais leves. O ouro, que não é reativo, se torna reativo em nanoescala. O cobre, que é relativamente maleável, se torna duro em nanoescala. O óxido de zinco, geralmente branco e opaco, usado como pigmento em pinturas, se torna transparente à luz na nanoescala. O alumínio, empregado no envasilhamento de bebidas gasosas, entra em combustão espontânea quando reduzido à nanoescala, podendo ser usado como combustível (FOLADORI; INVERNIZZI, 2006; GALLO, 2007).

Em decorrência do seu potencial, a nanotecnologia vem influenciando um grande conjunto de pesquisas e inovações, que caracterizam atividades científicas e econômicas de grande magnitude. Os investimentos em nanotecnologia pelos governos foram inicialmente liderados pela Europa, Estados Unidos e Japão. A essa tendência se juntaram países como Rússia, China, Brasil, Turquia, Índia, Taiwan entre outros que vêm se destacando em investimentos nesse setor, conforme indicam algumas conclusões de acesso livre dos documentos “*Nanotechnology Market Forecast to 2011*⁵⁷” e “*Nanotechnology Market Forecast to 2013*⁵⁸”, da MarketResearch.com, cujas versões completas têm um alto custo. O relatório com a previsão para 2013 estima um mercado mundial de bens manufaturados de nanotecnologia no valor de 1,6 trilhões de dólares em 2013, que representaria um grande crescimento, ainda que esse mercado esteja em fase inicial. Destaca também que diversos países, inclusive o Brasil, planejam a regulamentação do setor.

Tudo indica que a nanotecnologia é mais uma revolução tecnológica que iniciou há algumas décadas e que se instalará efetivamente nas próximas décadas (FOLADORI; INVERNIZZI, 2006). O panorama tecnológico que tem permeado a nanotecnologia inclui promessas de aplicações em diversas áreas, tais como: em sensores e instrumentos de medida, para detectar infecções e poluentes, por exemplo; eletrônica e computação, com os estudos sobre uso de nanotransistores de silício, por exemplo; produção de energia, como a partir de materiais termoelétricos nanoestruturados; medicina, com nanodispositivos para o monitoramento de enfermidades e liberação de medicamentos, por exemplo; transporte e comunicações, com nanomateriais que permitam o uso mais eficiente da energia etc. (GALLO, 2007).

Não obstante a aparentemente calma legitimação da nanotecnologia como área prioritária de P&D no início da década de 2000, houve considerável controvérsia científica em torno a diversas visões sobre o potencial desta tecnologia. Bensaude-Vincent (2006) reconstruiu a controvérsia entre “duas culturas” da nanotecnologia. Por um lado, afirma a autora, a obra exitosa de Eric Drexler,

⁵⁷ Cf: http://www.researchandmarkets.com/reports/599660/nanotechnology_market_forecast_to_2011. Acesso em: 01 nov. 2011.

⁵⁸ Cf: http://www.researchandmarkets.com/research/2012b4/nanotechnology_mar. Acesso em: 01 nov. 2011.

Engines of Creation (1986)⁵⁹, expressava uma visão futurista da nanotecnologia, e gerou debates e rejeições entre outros cientistas que atuavam no mesmo campo de pesquisa, em especial de Richard Smalley e George Whitesides. A obra e o debate a ela associado chamaram a atenção pública para a nanotecnologia e contribuíram para esclarecer os pressupostos filosóficos subjacentes aos projetos de nanociência, ou seja, as raízes dos projetos de nanocientistas e engenheiros, notadamente o interesse comum nos sistemas biológicos compartilhado por Drexler e seus opositores.

O desenho de estruturas de uma molécula por vez (em vez de átomo em átomo) tornou-se um dos principais objetivos da nanotecnologia. Algo semelhante já sucedia com os biomateriais: eles são construídos “de baixo para cima” (*bottom-up*), ou seja, unindo átomos ou grupos de átomos para gerar estruturas, em vez de gerar estruturas a partir de matérias-primas. Deste modo, a convergência da nanotecnologia com a biotecnologia estaria embasada na noção de que “bio é nano”, ou seja, de que os biomateriais (assim como os nanomateriais) são estruturados “de baixo para cima”.

Na convergência entre a biologia molecular, a química e a ciência de materiais teria sido construída uma visão artificial da natureza, uma natureza repleta de nanomáquinas, que o homem deveria ser capaz de imitar e até mesmo superar com o desenvolvimento da tecnologia (BENSAUDE-VINCENT, 2006). Tomando como referência essa metáfora, a autora aponta como central no debate sobre as potencialidades da nanotecnologia, o questionamento do significado de uma nanomáquina. Em relação a isso, haveria basicamente duas explicações: a visão de Drexler e a visão de seus opositores.

Uma primeira visão, defendida por Drexler e seus seguidores e publicada a partir de 1981, define a nanotecnologia como manufatura molecular, transformando a noção de engenharia molecular e tecnologia na ideia de manufatura. Nessa visão, o comportamento das nanomáquinas artificiais seria semelhante ao funcionamento natural da célula, onde cada aspecto tem uma explicação química ou física, por exemplo, semelhante ao modo como as enzimas fabricam proteínas. Negar isso, de acordo com Drexler, seria negar o princípio da própria ciência ou até mesmo supor a existência de uma magia especial que fizesse as células funcionarem, ou seja, a

⁵⁹ DREXLER, K. E. **Engines of creation**, New York, Anchor Books, 1986.

própria vida seria um imperativo para se construir nanomáquinas, bem como na própria vida (nas células) se encontrariam minúsculas “máquinas naturais” causadoras de enfermidades, de modo que não só as “máquinas artificiais” agiriam contra a vida.

Essa visão levou à imaginação do funcionamento das nanomáquinas de forma semelhante e em escala menor às máquinas mecânicas nas fábricas de automóveis, configurando uma fábrica molecular com máquinas capazes de mover, posicionar e unir moléculas reativas, possíveis de serem movidas pelas mãos humanas ou por máquinas computacionais. Com isso, Drexler se lançou na ficção das máquinas autorreplicantes que gerou a visão de nanomáquinas autorreplicantes, pegajosas substâncias cinzentas (*grey goo*). Desejava construir máquinas que imitassem os aparelhos vitais que operam com instruções genéticas, sem intervenção. Na busca de legitimidade e de “naturalizar” a tecnologia adotada, era favorável à compreensão de tecnologia como continuação da evolução natural.

A segunda visão, a dos opositores de Drexler, entre os quais se destacam Whitesides e Smalley, não rejeita a metáfora da máquina (de que a nanotecnologia deveria inspirar-se em organismos vivos), mas estabelece uma diferenciação entre as máquinas criadas pelo homem e as naturais, partindo do pressuposto de que a engenhosidade da natureza é insuperável.

Essa visão toma como referência três lições que os químicos de materiais receberam da biologia e que dão conta de que a matéria possui uma dinâmica própria: 1) que os biomateriais são multifuncionais e heterogêneos, ao passo em que os materiais engenheirados possuem propriedades homogêneas; 2) que as máquinas autorreplicantes se baseiam na reação espontânea entre materiais, não podendo ser controladas por informações externas e; 3) as leis da natureza não se aplicam igualmente em todas as escalas, por exemplo, o ouro pode adquirir cor roxa na escala nanométrica e o grafite em granel pode passar de comportamento semicondutor para metálico.

Em síntese, a diferença essencial, segundo Bensaude-Vincent (2006), é que os químicos que pesquisam nanotecnologia (opositores de Drexler) trabalham com as propriedades dos materiais, procurando compreendê-las e imitá-las; e os engenheiros (Drexlerianos) pretendem eliminá-las com o controle de um programa computacional.

A oposição entre os dois paradigmas, segundo a autora, implica em riscos epistemológicos. O modelo mecanicista, que se apresenta como tendência dominante, ignora a dinâmica própria dos organismos vivos e dos sistemas tecnológicos e pretende controlar e conquistar a natureza, ao passo em que o modelo dinâmico se orienta pelos processos inerentes à natureza, envolvendo um maior grau de incertezas. A autora defende que a consideração dos elementos naturais e riscos junto com a adoção de boas doses de precaução é fundamental.⁶⁰

Nesse sentido, no processo de pesquisa e desenvolvimento da nanotecnologia, seria aconselhável que os cientistas adotassem um modelo menos simplificado de conhecimento científico e tecnológico do que o modelo mecanicista drexleriano. Para Auffan et al (2009), a definição da nanotecnologia segundo a escala em que opera não é específica o suficiente. Os autores propõem que a definição deve ser baseada nas propriedades das nanopartículas para com isso determinar com maior precisão quais delas são as mais propensas a representar riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

3.2 IMPLICAÇÕES SOCIAIS, LEGAIS, ÉTICAS E RISCOS DA NANOTECNOLOGIA

As primeiras políticas de nanotecnologia surgiram no momento em que as biotecnologias se encontravam em pleno processo de desenvolvimento, acompanhadas de manifestações contra riscos ou implicações sociais dos Organismos Geneticamente Modificados em vários países. De modo semelhante ao que foi feito pioneiramente pelo Projeto Genoma Humano, a União Europeia e os Estados Unidos financiaram, desde o começo, projetos para a compreensão de riscos da nanotecnologia para o meio ambiente e a saúde pública (HUNT, 2008; MILLS, 2008; INVERNIZZI; KÖRBES; FUCK, 2012). É o caso do *Nanosafe*, de 1997-2001, seguido do *Nano-safe2* e outros mais na Europa (HUNT, 2008). Nos EUA, todo programa de nanotecnologia apoiado pela *National Science Foundation* precisa

⁶⁰ Segundo Bensaude-Vincent (2006, p. 103): “Si los científicos y los ingenieros estuvieran listos para comportarse como granjeros que se basan en plantas y animales o como pilotos que se basan en los vientos para guiar sus naves marítimas, nuestro futuro sería menos trágico de lo que parece en la actualidad. Los marineros saben que todos los viajes tienen sus riesgos, que sus trabajos requieren muchas precauciones porque tienen que negociar con los elementos naturales, involucrando necesariamente una buena dosis de incertidumbres”.

ter o componente ELSI. O primeiro programa ELSI foi desenvolvido em 2000 e em 2002 11% dos recursos da *National Nanotechnology Initiative* (programa de pesquisa e desenvolvimento criado para coordenar as atividades de nanotecnologia) foram destinados a esse tipo de programa (MILLS, 2008). Contudo, algumas pesquisas indicam que o investimento anual tem sido inferior a 5% (GUSTON, 2012). Apesar desses esforços e de que um número crescente de pesquisas vem indicando a existência de riscos, determinadas nanopartículas já são amplamente usadas na fabricação de produtos, podendo causar danos até que se disponha de um novo quadro regulatório ou de uma nova filosofia de regulamentação de produtos químicos (HUNT, 2008).

Os estudos dos aspectos ELSI incluem a análise da configuração social da nanotecnologia e de suas influências na sociedade. Incluem a análise de riscos, conforme destaca Lewenstein (2005), mas não se restringem a essa dimensão. É no momento inicial de desenvolvimento da tecnologia que estes estudos podem ter maior impacto, notadamente se forem incorporados às políticas de C&T, pois permitem antecipar problemas e riscos, elaborar princípios éticos, articular mais amplamente fatores culturais, sociais e técnicos no desenho das políticas de CT&I, projetar a participação do público no debate sobre a nanotecnologia e orientar o desenvolvimento da nanotecnologia para valores e finalidades sociais (LEWENSTEIN, 2005; MACNAGHTEN; KEARNES; WYNNE, 2005; CGEE, 2008). Nesse sentido, as análises prospectivas e as atividades de monitoramento precisam ser incorporadas às políticas de CT&I (CGEE, 2008).

Na construção das políticas de nanotecnologia deve-se aprender com as lições do desenvolvimento da biotecnologia e de outras controvérsias em que houve pouco espaço institucional para o engajamento das ciências sociais em questões políticas relacionadas com a tecnologia, como os propósitos da inovação, questões de propriedade intelectual, controle social, responsabilidade e outras. Entre as perguntas a se fazer estão: Por que essas tecnologias e não outras? Quem precisa delas e com quais propósitos? Sob quais condições elas serão desenvolvidas e quem define essas condições? Quem as controla? Quem se beneficia com elas? Podemos confiar nelas? Quais os planos de contingência de desastres imprevisíveis? (MACNAGHTEN; KEARNES; WYNNE, 2005).

Usando o Canadá como estudo de caso, Mehta (2004) argumenta que os reguladores da nanotecnologia podem aprender lições valiosas com os erros

cometidos na regulação da biotecnologia. A primeira lição é que o uso da equivalência substancial, isto é, a comparação de produtos novos com as contrapartes tradicionais que têm segurança de uso, identificando “similaridades superficiais” (por exemplo, considerar semelhantes o milho-Bt e o milho não-Bt), não satisfaz as provas de segurança, promove uma abordagem de regulação que exclui a participação efetiva do público e que é incompatível com o princípio da precaução. Se na regulação da nanotecnologia for adotada essa abordagem, o público é suscetível a uma exclusão sistemática sob o pretexto de avaliação baseada na ciência. A segunda lição é que provavelmente os debates sobre a rotulagem dos produtos e sobre a relação entre produto e processo nanotecnológicos surgirão quando os consumidores estiverem mais expostos ao consumo de nanoprodutos e solicitarem as especificações para a sua tomada de decisão. A terceira lição é que, provavelmente: os reguladores da nanotecnologia terão que se posicionar explicitamente sobre o princípio da precaução; serão necessárias novas abordagens para lidar com a incerteza em relação às implicações das inovações na área e; se exigirá uma maior compreensão de como equilibrar os riscos e benefícios da nanotecnologia.

Essas questões, no entanto, talvez não sejam as mais relevantes. Outro aspecto a se pesar é o econômico e financeiro e nessa arena a disputa pelo poder é acirrada. No caso da regulação social e controle do uso (ou repressão) do cigarro, por exemplo, grupos sociais relevantes como o das sociedades científicas e dos médicos vêm influenciando o governo brasileiro com argumentos sobre o desequilíbrio nos gastos públicos com saúde em relação a arrecadação de impostos sobre a comercialização do tabaco: “Estudo recente revelou que, para tratar 15 doenças relacionadas ao tabaco, o Governo Federal gasta anualmente 21 bilhões de reais. Por outro lado, a indústria do tabaco gera em impostos 6 bilhões e 300 milhões de reais” (INCA, 2012), gastos que poderiam ser maiores se outros fatores fossem considerados. As influências de grupos sociais relevantes estrangeiros também têm sido importantes, como o relatório sobre a saúde no mundo, da Organização Panamericana da Saúde (OPAS, 2001). A força ou *lobby* das indústrias, neste contexto, ameaça o papel das agências reguladoras, conforme declarações de agentes da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2012).

Assim, as questões econômicas devem ser dimensionadas junto com as questões éticas e legais, contrapondo à pressão dos grupos de empresas

fabricantes e comercializadoras de produtos em processo de regulação, a pressão pública de diversos grupos sociais relevantes. Na Europa, segundo Macnaghten, Kearnes e Winne (2005), existe um crescente compromisso institucional e da política pública em criar mecanismos para o engajamento público nas dimensões sociais e éticas da C&T, mas ainda há muitas questões para serem resolvidas a respeito dessa participação e do papel das ciências sociais. É o que acontece, por exemplo, no Reino Unido. No país, o fim maior é colaborar para a construção de uma cultura científica mais articulada aos problemas sociais. Nesse sentido, o papel das ciências sociais seria colocar em discussão as ideias de perfeito controle científico da estrutura da matéria e dos processos de engenharia que tendem a ignorar outros tipos de argumentos; estudar as metodologias mais adequadas para criar espaços deliberativos que envolvam especialistas e público, como grupos focais e júris de cidadãos; criar novos espaços participativos de governança e regulação que ultrapassem as meras regulações baseadas em técnicas científicas, visto que as preocupações do público não se restringem aos riscos da toxicidade de nanopartículas; examinar os padrões de inovação nanotecnológica e o que as mudanças sociais e de governança representam para os países e a indústria mundial; e novas abordagens teóricas para compreender a dinâmica das tecnologias emergentes em sua complexidade e como as expectativas acerca das novas tecnologias se conectam com a realidade.

Nos EUA as ciências sociais também são vistas como tendo um papel legítimo em influenciar a trajetória de desenvolvimento da N&N e suas pesquisas devem ser apoiadas pelo governo central. Todavia, não está claro se essas pesquisas tomarão a distância necessária dos roteiros de inovação estabelecidos e que se vinculam à noção pouco problematizada de sucesso científico-tecnológico. Os autores estimam que apesar de o papel das ciências sociais ser geralmente associado ao estudo dos impactos das tecnologias, há uma margem para a integração desses estudos no processo de discussão das inovações tecnológicas em tempo real (MACNAGHTEN; KEARNES; WYNNE, 2005).

No geral, a cultura norteamericana é mais suscetível a visões positivas sobre as inovações tecnológicas do que a europeia. A razão dessa atitude positiva dos americanos é que acreditam nos benefícios advindos do progresso e que este não é necessariamente uma ameaça à natureza (MILLS, 2008), visões ainda bastante presentes na divulgação científica e na cultura de massa. Segundo Mills (*ibid*), é

necessário prover o público de informações⁶¹ sobre as diversas dimensões da nanotecnologia e isso requer um conjunto de abordagens direcionadas tanto ao público quanto aos especialistas tais como *workshops*, cursos, livros, artigos, vídeos, documentários, museus de ciência⁶² e outras formas.

No Japão, desde 2005, igualmente há um crescente reconhecimento da necessidade de pesquisas sobre aspectos éticos, sociais, legais e de regulação, embora poucos cientistas japoneses demonstrem essas preocupações e não existam parâmetros éticos que possam servir como modelo para o caso da nanotecnologia (MASAMI; HUNT; MASAYUKI, 2008). As discussões éticas permanecem na arena acadêmica, se baseiam em conceitos ocidentais pouco adaptados aos valores próprios da sociedade japonesa e cresce entre a população a preocupação com a política industrial em virtude de problemas de saúde relacionados com a química, a indústria farmacêutica etc.. O Japão, como outras partes do mundo industrial, tem um histórico de danos causados por tecnologias à saúde humana e ao meio ambiente, conforme expõem os autores. É o caso das mortes por problemas pulmonares causados por nanopartículas de amianto. Eventos como este vêm tornando salientes as deficiências da política industrial do país.

No Canadá, segundo Mehta (2004), apesar dos altos investimentos em nanotecnologia, nenhuma agência reguladora tem jurisdição sobre produtos nanotecnológicos e poucos trabalhos sobre regulação de impactos sociais têm sido financiados. A regulação tende a ocorrer como um adendo ou em respostas às preocupações de uma gama de atores.

No Brasil, a gênese e os primeiros anos da política de nanotecnologia foram marcados pelo isolamento quase total dos elementos ELSI e ao final de uma década da referida política alguns pequenos avanços podem ser observados (INVERNIZZI; KÖRBES; FUCK, 2012). Os documentos centrais da política fazem referências escassas a esses elementos, como é o caso do primeiro programa de nanotecnologia no Plano Plurianual 2003-2007, que tinha como um de seus objetivos específicos: “Informação da sociedade sobre os impactos da Nanotecnologia na vida do cidadão, as novas oportunidades e os riscos de

⁶¹ Mills (2008) destaca que além de informar o público, a educação em nanotecnologia tem também o objetivo de formar a força de trabalho.

⁶² Uma exibição sobre nanotecnologia no *Los Angeles County Museum* é um exemplo de atividades não-convencionais que podem ser desenvolvidas para disseminar os conceitos e a linguagem da nanotecnologia (MILLS, 2008).

obsolescência que ela cria para produtos e processos atuais” (MCT, 2003, p. 9). A esse objetivo não corresponderam, todavia, ações específicas. Essa questão foi notada quando o documento foi submetido à consulta pública, mas não se refletiu em alterações significativas no documento final, nem houve participação significativa de atores situados fora da comunidade científica (MCT, 2004; INVERNIZZI; KÖRBES; FUCK, 2012). Já o Plano Plurianual de 2007 a 2010, estabeleceu entre as ações prioritárias do Programa de CT&I para Nanotecnologia: “estabelecer políticas sobre as questões éticas e de impacto social do uso de produtos baseados na nanotecnologia” (MCT, 2007a, p. 144) e “fortalecimento da divulgação e educação científica em Nanotecnologia, por meio de atividades em museus de ciência, escolas e centros de treinamento de trabalhadores” (MCT, 2007a, p. 146). No entanto, essas ações não foram contempladas nas metas do programa e os poucos delineamentos da política se traduziram em ações limitadas, conforme será aprofundado na próxima seção.

3.3 NANOTECNOLOGIA NO BRASIL: POLÍTICAS, DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E IMPLICAÇÕES SOCIAIS, LEGAIS E ÉTICAS

O primeiro passo para a formação de uma política brasileira de nanotecnologia⁶³ foi dado no final do ano 2000 quando o MCT e o CNPq organizaram o *workshop* “Tendências em Nanociências e Nanotecnologias”. Participaram do evento 32 pesquisadores de várias áreas das ciências físico-naturais e engenharias, que chegaram a um acordo sobre a necessidade de lançar um programa que estimulasse essa área emergente. Um grupo de trabalho foi criado nesse momento, com o propósito de mapear as competências brasileiras em nanotecnologia e elaborar uma agenda (CNPq Notícias, 2000).

Como desdobramento dessas definições iniciais foi lançado, em 2003, um Programa de Nanociência e Nanotecnologia como parte da Política de CT&I do país. Esse programa foi em seguida fortalecido, dando lugar ao Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN), lançado na gestão do presidente Luiz Inácio Lula da Silva

⁶³ Os próximos parágrafos reproduzem partes de material já publicado em um capítulo de livro escrito em co-autoria com Noela Invernizzi e Marcos Paulo Fuck (2012).

em 2005 (MCT, 2005). O PNN estava muito alinhado com outra peça fundamental da política do governo Lula: a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE)⁶⁴, estabelecida em 2004, que define a nanotecnologia como “área portadora de futuro”. Assim, a nanotecnologia passou a ser considerada estratégica para desenvolver a indústria nacional, aumentar a participação do país no mercado mundial e manter o país atualizado em áreas mais dinâmicas do conhecimento. A aproximação da política de nanotecnologia com a política industrial visava orientar esta política mais para a inovação, junto com outras mudanças nessa direção. Podemos citar como exemplos de mudanças institucionais significativas, a criação de Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia⁶⁵, a promulgação da Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004) e a chamada Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005). Estas iniciativas se orientaram a propiciar uma maior interação entre o setor produtivo e o sistema de C&T, mediante o estímulo à cooperação entre empresas, universidades e centros de pesquisa.

Ao mesmo tempo, outro órgão do MCTI, a Agência Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), como Secretaria Executiva do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), começou a financiar diversos projetos de P&D em empresas e em cooperação com universidades e centros de pesquisa e apoiou incubadoras de empresas de nanotecnologia. Também em 2004 foi criada a Ação Transversal em Nanotecnologia dos Fundos Setoriais, reforçando a importância atribuída a este campo emergente⁶⁶.

A crescente sintonia entre a política de nanotecnologia, a política industrial – Política de Desenvolvimento Produtivo, a partir de 2008 – e outras políticas do governo federal, especialmente o Programa de Aceleração do Crescimento e o Programa de Apoio a Capacitação Tecnológica da Indústria – se refletiu na progressiva incorporação e maior coordenação entre diversas agências do governo, tendo como foco facilitar a transferência de desenvolvimento científico ao setor produtivo. A marcada centralidade do CNPq na promoção da pesquisa e formação

⁶⁴ A partir de 2008, Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), conforme PDP-MDIC (2009).

⁶⁵ Os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia são um instrumento de financiamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação criado em 1999. É composto de 16 fundos que correspondem a setores industriais específicos, que proporcionam os recursos, e dois fundos transversais (Cf FINEP <http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/fundos_setoriais_ini.asp>. Visitado em 03 mar. 2011.

⁶⁶ Antes disso, no entanto, os Fundos Setoriais já haviam financiado projetos em nanotecnologia. Mediante uma busca com palavras-chave, César Jr. (2010) encontrou que entre os anos 2000 e 2007, 504 projetos vinculados a nanotecnologia foram financiados com R\$ 195,3 milhões de reais dos diversos fundos setoriais.

de recursos humanos ao início da década de 2000 foi cedendo maior espaço a outras agências do MCTI, como a FINEP – com o primeiro financiamento em P&D em empresas na área de nanotecnologia em 2004. Outros projetos para a Inovação na empresa foram provenientes do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2009), que recentemente criou um fundo específico (*venture capital*) para apoiar investimentos em empresas emergentes em nanotecnologia e biotecnologia e do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas com programas de incubação de pequenas empresas em áreas estratégicas (SEBRAE, 2010).

O MCTI, através de suas agências, investiu desde o primeiro programa de nanotecnologia, em 2004, até 2009, um valor próximo a 314 milhões de reais (em torno de 190 milhões de dólares ao câmbio de março de 2010) (MCT, 2008; EMBRAPA NOTÍCIAS, 2009).⁶⁷ Esses recursos foram dirigidos à melhoria de infraestrutura, formação de recursos humanos, projetos de pesquisa básica e projetos de P&D em cooperação com as empresas. Ademais, as Fundações de Amparo a Pesquisa (FAPs) de alguns governos estaduais, em particular do Estado de São Paulo (FAPESP), têm desenvolvido suas próprias ações em nanotecnologia, adicionando recursos aos fundos federais. Não se dispõe de um dado oficial do total de gastos efetuados no país em nanotecnologia que incorpore todas as ações, programas e fontes.

Com o suporte das agências de fomento, os recursos humanos orientados a nanotecnologia se ampliaram significativamente ao longo da última década. A partir de 2001, diversas redes de pesquisa foram oficialmente instaladas no país e envolvidas em uma ampla gama de áreas e projetos de pesquisa. Para detalhes, ver Invernizzi, Körbes e Fuck (2012). Em linhas gerais, em abril de 2001 o grupo de articulação criado pelo CNPq identificou 192 pesquisadores atuando na área (KNOBEL, 2002). Atualmente são mais de 3000, incluindo uns 1300 pesquisadores e em torno de 2000 alunos de pós-graduação (AGÊNCIA BRASIL, 2007; ABDI, 2010a). O Diretório de Grupos de Pesquisa mantido pelo CNPq indica que há 3502 pesquisadores e 469 grupos de pesquisa na área de nanociência e nanotecnologia, atuantes em 24 unidades da federação e em 104 instituições acadêmicas. Entre estas instituições se destacam a Universidade de São Paulo, com liderança

⁶⁷ De 2004 a 2008 foram investidos 233,9 milhões de reais. O dado disponível para 2009 é estimado, e corresponde a 80 milhões de reais.

expressiva e, em seguida, a Universidade Federal de Minas Gerais, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Universidade Estadual de Campinas, a Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Universidade do Estado de São Paulo e a Universidade Federal de Pernambuco. Os estados com mais grupos de pesquisa são: São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Região Sudeste) e Rio Grande do Sul (Região Sul) (ABDI, 2010a, p. 35). Não obstante o esforço de descentralização que prevê a destinação de 30% das verbas para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, se nota o forte domínio da região Sudeste nas competências de nanotecnologia. Além do mais, há três cursos de graduação em nanotecnologia no país: na Universidade Federal do Rio de Janeiro⁶⁸, na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro⁶⁹ e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul⁷⁰.

O Brasil⁷¹ se destaca entre os países da América Latina pela sua produção científica na área de nanotecnologia. Albornoz, Macedo e Alfaraz (2010) indicam, a partir de dados de *Thomson Reuters Science Citation Index* (SCI), que em 2006 o país ocupou a décima oitava posição mundial em publicações em nanotecnologia, com 827 artigos indexados pelo SCI. No *ranking* regional, México e Argentina ocupam, respectivamente, a segunda e a terceira colocação⁷². Os autores sinalizam também uma maior participação da região em redes internacionais de investigação, que se reflete em publicações conjuntas.

Essa tendência foi constatada na pesquisa realizada pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) em 2008 (ABDI, 2010b), que encontrou frequente coautoria entre autores brasileiros e estrangeiros, particularmente de EUA, Espanha, Alemanha, França, Inglaterra e Argentina. Se por um lado, o país está diversificando as cooperações externas em publicações, por outro, a pesquisa científica se mostra, de acordo com o estudo, fortemente concentrada internamente: 68% dos autores das publicações pertencem a instituições do estado de São Paulo, particularmente a Universidade de São Paulo e Universidade Estadual de Campinas.

⁶⁸ Cf <<http://nano.ufrj.br/graduacao.html>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

⁶⁹ Cf <http://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccg/eng_nanotecnologia.html>. Acesso em: 19 mar. 2011.

⁷⁰ Cf <<http://www.if.ufrgs.br/graduacao/comgrad>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

⁷¹ Os próximos parágrafos reproduzem análises publicadas no capítulo de livro de Invernizzi, Körbes e Fuck (2012).

⁷² O forte crescimento da produção científica em nanotecnologia no Brasil e outros países da América Latina nos últimos anos acompanhou uma tendência mundial. No entanto, a participação da produção regional é uma porcentagem muito baixa da produção mundial. Somados os seis países mais dinâmicos em publicações em nanotecnologia, Brasil, Argentina, México, Chile, Colômbia e Cuba, alcançam apenas 3,3% da produção científica mundial no ano de 2006 (ALBORNOZ; MACEDO; ALFARAZ, 2010).

Observa-se, no entanto, um forte descompasso entre a evolução da produção científica brasileira, medida em termos de artigos científicos publicados, e a produção tecnológica nacional, medida pelo depósito de patentes⁷³ no país ou, de forma mais tímida, no exterior. Essa questão foi apontada também como um desafio no Plano Plurianual (PPA) 2011-2015. Isso reflete entre outras coisas o fato de que no Brasil o setor público é o principal responsável pelos gastos brutos em P&D⁷⁴, sendo reduzida a participação do setor privado, questão que se relaciona com o perfil de industrialização e as características históricas do desenvolvimento produtivo, perfil semelhante ao de outros países latinoamericanos.

À luz das reflexões de Vessuri (2007) entendemos que isso reflete também o fácil encaixe entre o modelo de ciência central e as políticas econômicas e de CT&I dominantes no país, contexto em que a ciência se torna crescentemente homogênea e monolítica, concentrada na competição global. No entanto, há possibilidades de reorientar os resultados da ciência “periférica” para problemas locais. Nesse sentido, o edital do CNPq n. 74, de 2010, selecionou propostas para formação de redes cooperativas de P&D em N&N em diversas temáticas, dentre elas “tratamento de água e/ou remediação ambiental”, que “deverão articular os esforços dos diferentes atores e agentes públicos e/ou privados capazes de contribuir para a identificação, qualificação e solução de problemas relevantes em Nanociência e Nanotecnologia”. Este edital prevê também o exame de riscos potenciais das novas tecnologias empregadas e seus impactos, bem como a divulgação das pesquisas sob as formas de publicações científicas, patentes e ao público em geral (CNPq, 2010). Já o PPA 2011-2015 afirma que “a política de CT&I deverá contribuir para o processo de erradicação da pobreza e a redução das desigualdades sociais” (MPOG, 2011, p. 228) e as ações a ele vinculadas ainda precisam ser examinadas.

Diante disso e tendo em vista o próprio estágio de desenvolvimento das pesquisas é uma questão a verificar na pesquisa empírica se a mídia brasileira abordará mais o desenvolvimento da nanociência do que a sua aplicação em dispositivos. As consequências disso para a educação certamente poderão ser inferidas a partir da análise dos dados coligidos para esta tese.

⁷³ Sobre as patentes brasileiras em nanotecnologia, ver Kay, Invernizzi e Shapira (2009), Albornoz, Macedo e Alfaraz (2010) e Invernizzi, Körbes e Fuck (2012).

⁷⁴ Em 2008 o setor público foi responsável por 55% do gasto, conforme Brito Cruz e Chaimovich (2010). O Plano Plurianual 2011-2015 pretende ampliar os investimentos empresariais em P&D de 0,59% do PIB em 2010, para 0,9% do PIB em 2015, assim como aumentar os investimentos na área de nanotecnologia (MPOG, 2011).

3.3.1 Implicações sociais, legais e éticas na política de nanotecnologia do Brasil

Os tímidos delineamentos sobre os elementos ELSI na política de CT&I brasileira, anteriormente comentados, se traduziram em ações bastante limitadas. Desde 2001, o CNPq ampliou consideravelmente os recursos dedicados à pesquisa em nanotecnologia, mas fez um único chamado específico para a pesquisa sobre as implicações econômicas, sociais e éticas da nanotecnologia, do qual resultaram financiados cinco projetos de pesquisa. Ainda que os editais para a formação de redes cooperativas de pesquisa de 2001, 2005 e 2009 tenham incluído na convocatória os temas de impactos sociais, éticos e ambientais, assim como divulgação e educação em nanotecnologia, nenhuma rede resultou financiada nessas áreas. Os diversos editais de pesquisa, apesar de enfatizarem a constituição de equipes multidisciplinares para abordar a nanotecnologia, não estenderam esse conceito à inclusão das ciências sociais e das humanidades, de modo que implicações sociais e dimensões éticas pudessem ser abordadas de forma integrada por diversas áreas do conhecimento. Isto não significa que o CNPq, ou outras agências que fomentam a pesquisa, não tenham financiado projetos sobre estes temas, mas o fizeram fora do âmbito das ações da política de nanotecnologia, através das chamadas de pesquisa em ciências sociais, humanas e divulgação científica.

O estudo dos riscos potenciais da nanotecnologia teve um papel ainda mais marginal nos textos de política e nos editais de pesquisa. Em 2007, no entanto, o então MCT assinalou a necessidade de investigar o tema, e solicitou ao CNPq que articulasse um edital de pesquisa. A formulação desse edital resultou provavelmente em desacordos, visto que foi reformulado diversas vezes e finalmente não efetivado, segundo o Informe de Atividades do MCT (MCT, 2007b). O tema de riscos começou a ser discutido em 2009 com a criação do Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, no Grupo de Trabalho “Marco Regulatório”, que entre novembro de 2009 e junho de 2010 realizou cinco reuniões⁷⁵. Essa iniciativa visa discutir no Brasil

⁷⁵ Conforme <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=3&menu=2469>> Acessado em 25 fev. 2011.

as definições em construção no nível internacional, processo coordenado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e instituições de padronização industrial como a *International Organization for Standardization* (ISO). Esse assunto adquiriu importância em função do avanço de artefatos nanotecnológicos no mercado, das crescentes demandas de informação por parte do público e dos requisitos propriamente econômicos, resultantes das necessidades de normatização por parte das empresas.

Até o momento, os diversos produtos com materiais nanoestruturados têm sido registrados conforme a legislação vigente. Todavia, as novas e diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas que os materiais apresentam em nanoescala tornam necessária uma avaliação mais específica. Segundo o Grupo de Trabalho em Marco Regulatório (POHLMANN; GUTERRES, 2010) em alguns setores os riscos associados com a nanotecnologia podem ser similares aos de tecnologias já regulamentadas, enquanto em outros casos pode haver necessidade de se estabelecer novos parâmetros. Dada a variedade de materiais utilizados, o documento recomenda uma avaliação caso a caso. Foi sugerido um levantamento por setor econômico e uma classificação de produtos e insumos nanotecnológicos, de acordo com critérios que estão em elaboração.

O Grupo de Trabalho não chegou a um acordo sobre a necessidade de regulação específica, mas em qualquer hipótese considera necessário avançar primeiramente nos aspectos da metrologia: “Independentemente do posicionamento o que é razoável considerar nas ações a serem adotadas é que necessariamente a regulação deverá ser pautada por parâmetros técnicos metrológicos” (POHLMANN; GUTERRES, 2010, p. 2). Como ponto de partida, se adotou a definição de nanotecnologia da ISO TC 229 e o conceito de nanomaterial da ISO/TR 12885-2008⁷⁶. A agenda estabelecida propõe a ação conjunta de várias agências regulatórias e evidencia preocupação com a saúde dos trabalhadores, consumidores, com o meio ambiente e a qualidade dos produtos. A política de regulação da nanotecnologia no país está sendo pesquisada por um integrante do grupo de pesquisa Nanotecnologia, Sociedade e Desenvolvimento⁷⁷.

⁷⁶ Nanomaterial é um material nanoestruturado e/ou que contém nano-objetos.

⁷⁷ Trata-se da pesquisa do mestrando em Políticas Públicas da Universidade Federal do Paraná, Elias Marcos Gonçalves dos Santos, orientado pela Profa. Dra. Noela Invernizzi.

Em outros documentos recentes sobre nanotecnologia, encomendados ou realizados pelo MCTI ou MDIC ou suas agências, nos últimos anos, os “temas ELSI” têm começado a aparecer com mais frequência. Assim, por exemplo, o documento *Convergência Tecnológica* elaborado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2008) situa o desenvolvimento da nanotecnologia em seu contexto social e indaga sobre as suas implicações sociais. Transcendendo as tradicionais visões lineares que vinculam o avanço científico-tecnológico com benefícios sociais, o documento alerta que “não se pode esquecer que os benefícios, de modo especial aqueles mais abrangentes em termos dos grupos sociais atingidos, não se realizam automaticamente, apenas pela disponibilidade de conhecimentos e de tecnologias” (CGEE, 2008, p. 28). O mesmo documento reforça a necessidade de realizar atividades de acompanhamento e avaliação de riscos e usos da tecnologia integrados ao processo de definição e elaboração de políticas públicas, considerando que tais atividades terão efeitos positivos tanto para a inovação, como para o ambiente e a sociedade (CGEE, 2008, p. 39).

Em um documento da ABDI, além de se fazer referência a necessidade de regulamentação da nanotecnologia, se considera importante desenvolver a nanoética, compreendendo aspectos como riscos para a saúde e meio ambiente e a adoção de normas e códigos de conduta para a pesquisa e desenvolvimento da nanotecnologia. O documento destaca também a existência de estudos internacionais que analisam os impactos econômicos e sociais da nanotecnologia e suas incertezas técnicas (ABDI, 2010b, p. 126).

Essa menção mais frequente aos aspectos ELSI e riscos da nanotecnologia em documentos que subsidiam análises e políticas, e de forma mais decisiva, as iniciativas em torno da regulamentação da nanotecnologia, indicam avanços no reconhecimento das dimensões sociais, éticas e de riscos do desenvolvimento tecnológico. No entanto, notamos que esses temas são incorporados de forma bastante genérica, sem que seja dada atenção específica a como estas questões se colocam no nosso país, com seus problemas específicos exclusão social, pobreza, desemprego, direitos do consumidor e preservação do meio ambiente.

Com a ampliação crescente do investimento em nanotecnologia, amplia-se a importância de se fazer divulgação na área, seja para divulgar os resultados das pesquisas científicas e as novas tecnologias desenvolvidas, seja para subsidiar a tomada de decisão do público em relação ao uso da tecnologia e até mesmo, o que

seria ideal, o engajamento público no desenho das políticas da área, a fim de direcioná-las ao máximo para as necessidades sociais.

Em relação às novas abordagens de participação pública em debate nos países desenvolvidos, como o engajamento público desde as fases iniciais da pesquisa e inovação em novas tecnologias, o contexto brasileiro é significativamente diferente da realidade do Reino Unido, conforme evidenciam Macnaghten e Guivant (2011). No nosso país, não se costuma associar a ciência e os cientistas com responsabilidades sobre riscos, ainda é pequena a percepção sobre a necessidade de inclusão de atores diversos da sociedade no debate sobre a política científica e tecnológica e se atribui reduzida importância às pesquisas científicas que contemplem essas questões. Assim, a nanotecnologia está longe de ser uma questão de debate público e isso poderia ser explicado por dois argumentos:

Primeiro, não há tradição política de engajamento público em ciência e tecnologia e há uma pequena percepção da necessidade de formas mais plurais de participação na tomada de decisão. [...] E segundo, a nanotecnologia, como um potencial problema social, está em baixa prioridade se comparada com outros riscos (como a violência, impunidade da corrupção, desigualdades sociais e econômicas) competindo por atenção e definição pública no contexto brasileiro (MACNAGHTEN; GUIVANT, 2011, p. 211)⁷⁸.

Para os autores, ao se falar em engajamento público é preciso ter sensibilidade para a cultura política local. Observaram, por exemplo, que no Brasil os cidadãos têm pouca percepção de seu direito em participar de processos de decisão sobre C&T e, por acreditarem que a C&T provê progresso e melhorias para a sociedade, não têm preocupações sobre o fazer científico que sejam suficientemente percebidas para estabelecer um problema comum que motive o engajamento.

Macnaghten e Guivant (2011) conduziram uma pesquisa com grupos focais do nordeste da Inglaterra e em Florianópolis, no Brasil, com grupos formados por cientistas e não-cientistas. Os brasileiros, ao serem defrontados com o debate sobre as incertezas que envolvem a nanotecnologia e os seus efeitos indeterminados

⁷⁸ “First, there is no political tradition of public engagement in science and technology and little perceived need for more plural forms of participation in decision-making. Expert committees thus tend to be technocratic, assuming science as a neutral field, responding only to national interests, with limited scope for wider stakeholder or public representation. And second, nanotechnology, as a potential social problem, sits low on the priority list when compared with other risk issues (such as violence, impunity of corruption, social and economic inequalities) competing for public attention and definition in the Brazilian context” (MACNAGHTEN; GUIVANT, 2011, p. 211).

sobre o meio ambiente e a saúde humana, entendem que tais incertezas e efeitos são parte de um processo de amadurecimento da C&T e que serão superados na medida em que as pesquisas avançam, expressando uma percepção convencional de C&T. Em contraste, a maioria dos participantes ingleses acredita que a nanotecnologia terá algum tipo de infortúnio, como ambiental, social ou moral, compreensível pela trajetória histórica dos europeus em contextos de destruição, o que não significa que entre os ingleses não persistam também percepções convencionais da C&T. Essa questão será aprofundada na próxima seção.

3.4 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE NANOTECNOLOGIA

Um ponto comum às políticas de nanotecnologia de vários países, inclusive do Brasil, é que elas chamam a atenção para a necessidade de comunicação da ciência e tecnologia. De acordo com Macnaghten, Kearnes e Wynne (2005), o debate político sobre N&N, com visões de promessas e ameaças, emergiu na mídia no início do milênio. Nesse debate, os defensores alegam grande potencial econômico e social da nanotecnologia, com características de uma nova revolução industrial; outros demonstram preocupações éticas, sociais e ambientais e com a toxicidade das nanopartículas. Essa bipolaridade simplifica as reais mudanças relacionadas com a nanoescala, em que a questão crucial é que as propriedades das partículas podem mudar radicalmente e ainda temos poucas certezas do que pode ocorrer em decorrência desses fenômenos.

Na Europa, a comunicação da ciência mudou consideravelmente nas últimas décadas, no sentido de um maior intercâmbio de conhecimentos para um envolvimento público com o desenvolvimento de novas tecnologias em seu estágio inicial, e a nanotecnologia está entre as controvérsias que supostamente marcam um novo estilo de comunicação (KURATH; GISLER, 2009). De acordo com as autoras, três controvérsias tecnológicas que motivaram debates na Europa no final de século XX e início do XXI são associadas com mudanças nos estilos de comunicação da ciência: tecnologia nuclear (átomos); biotecnologia (genes) e; ciência e tecnologia em nanoescala. As mudanças são respectivamente: de um modelo de comunicação de fluxo da informação em única via (PUS – *Public*

Understanding of Science), para um modelo de participação e diálogo (PTA - *Participatory Technology Assessment*) na forma de conferências de consenso e grupos focais, seguido por um modelo de engajamento mais democrático com a C&T nos estágios iniciais de seu desenvolvimento (*Upstream Engagement*).

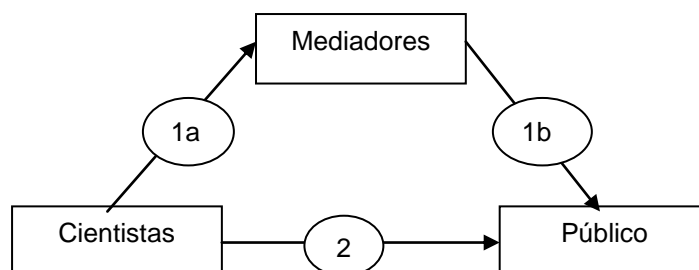
O primeiro modelo, PUS, se origina das pesquisas sobre a alfabetização científica iniciadas nos anos 1950 e que estavam voltadas ao suporte público à ciência, à obtenção de financiamento e à justificação de investimentos científico-tecnológicos como as pesquisas com a energia nuclear. Do final dos anos 1960 aos anos 1980 emergiram novos movimentos sociais que questionaram a C&T como promotora de um infinito progresso social e bem-estar para a humanidade. Por exemplo, a partir de acidentes com usinas nucleares surgiram oposições mais fortes à energia nuclear, frequentemente articuladas com movimentos ambientalistas. Ainda não esgotada a controvérsia em torno da energia nuclear, uma nova tecnologia polêmica foi se desenvolvendo, a biologia molecular, que gerou novos debates, por exemplo, sobre os riscos das aplicações biotecnológicas para a agricultura (KURATH; GISLER, 2009).

Nos EUA e na Europa surgiram questionamentos, críticas e provas, especialmente por parte de cientistas sociais, sobre a relação insustentável entre as resistências do público à ciência (as respostas como o ceticismo) e o déficit de conhecimento científico por parte do público. As críticas e a crescente oposição pública à biotecnologia, relacionadas com preocupações sobre as implicações para a alimentação, a saúde humana e o meio ambiente que teve seu auge com a Encefalopatia Espongiforme Bovina ou BSE (do acrônimo inglês *Bovine Spongiform Encephalopathy*), vulgarmente conhecida como “mal da vaca louca”, motivaram cientistas sociais e organizações da sociedade civil a uma maior participação, deliberação pública e orientação ao diálogo para o engajamento público em C&T. Isso levou governos europeus a adotarem o modelo de avaliação participativa baseada no consenso (PTA). Num contexto de crítica à política científica, de reconfiguração da comunicação da ciência e de crescente preocupação com as implicações dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos surgem a nanociência e a nanotecnologia (KURATH; GISLER, 2009).

No Brasil e na América Latina, se bem que têm sido desenvolvidos esforços para a melhoria da divulgação científica, ainda predomina o modelo de fluxo unidirecional da informação, como já mencionamos no capítulo anterior. A Figura 1,

traduzida de Kim (2007) ilustra os dois caminhos do fluxo de informação no modelo unidirecional de comunicação pública da ciência: 1) dos cientistas para os mediadores (1a), em geral os jornalistas da mídia de massa, que editam a informação e a repassam ao público (1b); e 2) dos cientistas ao público.

Figura 1 - Modelo de fluxo de informação unidirecional



Fonte: Traduzido de Kim (2007, p. 290).

Esse modelo, segundo Miller (2001), é inadequado ou incompleto para aproximar o público e os cientistas. Com o objetivo de identificar o estado atual da comunicação da C&T no mundo e no Brasil, discutiremos, a seguir, como tem se dado o que se convencionou chamar no país de popularização ou divulgação da nanotecnologia.

3.4.1 Divulgação sobre nanotecnologia em nível internacional

A divulgação científica sobre nanotecnologia vem crescendo em importância em diversos países do mundo. Nos EUA, segundo Stephens (2005), o Relatório do Conselho de Assessores do Presidente em Ciência e Tecnologia (*President's Council of Advisors on Science and Technology – PCAST*), do ano de 2005, destacou a importância de o público conhecer a nanotecnologia e recomendou à Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (*National Nanotechnology Initiative - NNI*) a investigação das implicações éticas, legais e econômicas. Também estão aumentando os níveis da informação pública sobre nanotecnologia no país, mas

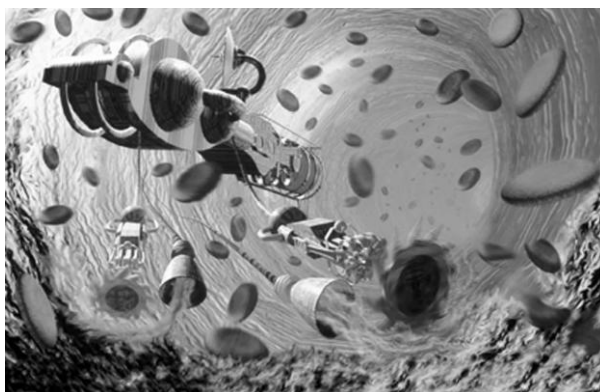
muitas pessoas ainda não ouviram falar nessa tecnologia, conforme indicam estudos de Castellini et al (2007).

A pesquisa que conhecemos sobre o período mais antigo de divulgação sobre nanotecnologia é a realizada por Faber (2006). O autor analisou 203 artigos sobre o tema publicados em jornais e revistas norte-americanos de interesse geral, como *Time* e *Newsweek*, e publicações científicas popularizadas, como *Popular Science*, publicadas no período de 1986 a 1999. A representação proeminente sobre a C&T em nanoescala foi a manufatura molecular, que não era explicitamente ligada a uma ciência ou aplicação existente. Temporalmente, essa representação esteve presente nos textos de 1987 a 1999. Algumas representações apareceram mais para o final do período de abrangência dos dados, como as aplicações militares (1992, 1998-1999), programas espaciais (1995, 1998) e aplicações comerciais (1990, 1998-1999).

No caso da nanotecnologia, segundo Lösch (2006), é comum o uso de imagens e narrativas futuristas na divulgação de jornais e revistas. As visões de futuras inovações na medicina, por exemplo, costumam ser ilustradas com imagens de nanorrobôs e mini-submarinos que navegam pelo corpo humano diagnosticando e tratando doenças, como constatou em jornais diários e semanais, imprensa de negócios e revistas germânicas do período do final dos anos 1990 a meados de 2004.

Nas mídias mencionadas pelo autor, o estágio da pesquisa e desenvolvimento do período foi descrito como preliminar das visões futuristas demonstradas nas imagens, as quais foram associadas com melhorias na tecnologia farmacêutica (sistemas de entrega de drogas no organismo) e com o progresso na miniaturização de artefatos tecnológicos, como artefatos para realização de cirurgias minimamente invasivas. A imagem criada pela designer computacional britânica Julian Baum (Figura 2) retrata um nanorrobô limpando artérias. Segundo Lösch (2006), a imagem ilustra o artigo de Drexler sobre nanotecnologia molecular, publicado em 2001 na versão alemã da revista *Scientific American*.

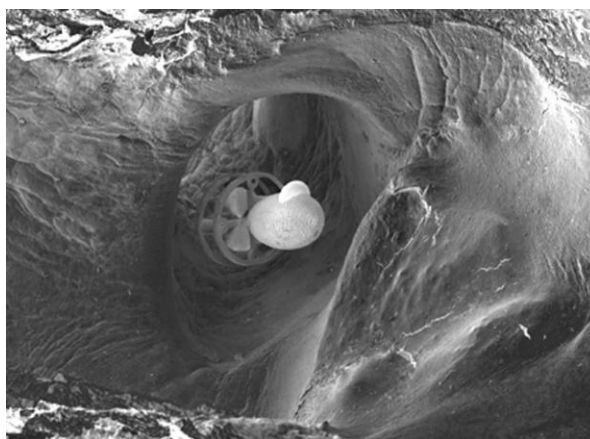
Figura 2 - Nanorrobô limpando artérias⁷⁹.



Fonte: Lösch (2006, p. 395)

Outra imagem apresentada por Lösch (2006) apresenta o protótipo de um mini-submarino desenhado pela companhia germânica MicroTec e que foi exposta na Exposição Mundial de Hannover, em 2000 (Figura 3).

Figura 3 - Protótipo de um submarino⁸⁰.



Fonte: LÖSCH, 2006, p. 396.

O autor analisa o papel das imagens futuristas ou visionárias na mediação entre discursos de ciência, economia e mídia de massa, que acompanham os

⁷⁹ "Visionary image of a medical nanorobot in an artery (Courtesy of Julian Baum/SPL/Agentur Focus)" (LÖSCH, 2006, p. 395).

⁸⁰ "Visionary image of a micro-submarine in an artery (Courtesy of microTec/eye of science/Agentur Focus)" (LÖSCH, 2006, p. 396).

processos de inovação. Destaca que as atribuições de significados às imagens podem ser classificadas em três discursos que se influenciam entre si: 1) o discurso científico, que aborda a relação entre ciência e ficção, com foco na viabilidade; 2) o discurso econômico, que trata da relação entre melhorias incrementais e inovações radicais na medicina, com foco no mercado e; 3) o discurso da mídia de massa, que enfatiza a relação entre a miniaturização da tecnologia e a construção molecular com a nanotecnologia, com foco no “novo”. Lösch (2006) distingue três períodos de comunicação sobre as imagens do nanorrobô e mini-submarino em relação às matérias da imprensa alemã analisadas, e identifica mudanças na interpretação das imagens, as quais podem representar trocas de expectativas entre os atores relevantes:

1) *Start up* (final dos anos 1990 à metade de 2000) – “*Future nanorobots*” – o discurso científico faz referência à ficção científica, mas os nanorrobôs são considerados artefatos realizáveis pela ciência no futuro. O discurso econômico não trata de nanorrobôs ou mini-submarinos, mas de inovações no setor farmacêutico (medicamentos) e, por extensão, da medicina. O discurso da mídia de massa apresenta os nanorrobôs e mini-submarinos como continuidade do processo de miniaturização que requer o desenvolvimento de construções a partir de átomos e moléculas.

2) Problematização (meados de 2000 ao final de 2001) – “*Market-Damaging Nanorobots*” (Nanorrobôs nocivos para o mercado) – o discurso econômico desse período responde ao prognóstico científico do período anterior. Destaca os nanorrobôs como inovação radical na medicina e lança dúvidas sobre a viabilidade de sua comercialização no futuro. O discurso científico e da mídia massiva deslocam a possibilidade de comercialização de nanorrobôs e mini-submarinos para um futuro distante, mesmo assim não os consideram como ficção científica.

3) Ficção (iniciado aproximadamente em 2002) – Metáfora dos Nanorrobôs – o discurso científico desse período parece responder ao discurso econômico do período anterior. A possibilidade de comercialização de nanorrobôs é deslocada para a ficção, como metáfora para os novos sistemas de entrega de medicamentos. O discurso econômico desloca as imagens para a inovação radical de grande valor econômico. O discurso da mídia de massa posiciona esses produtos ao lado da manufatura molecular, ressaltando a novidade.

Como se pode perceber, as imagens constituem representações de objetos e cenários de futuras aplicações nanotecnológicas. Eles são ao mesmo tempo familiares e estranhos: os espaços são familiares, por exemplo, por navegarem no corpo humano; e os artefatos, por sua vez, também são conhecidos, como o submarino e a nave espacial. A novidade consiste em apresentar os artefatos em locais nos quais não apareciam anteriormente, sendo contextualizados pelos ambientes familiares. Desse modo, constroem-se interfaces entre os diversos discursos e a imagem de um nanorrobô ou de um micro-submarino pode ser associada com a miniaturização já existente ou com o processo de manufatura molecular (LÖSCH, 2006).

Em pesquisa desenvolvida por Stephens (2005) em jornais dos EUA e de fora dos EUA, do período de 1992 a 2004, foi constatado um aumento da variedade de conteúdos ao longo do tempo, com dominância dos temas de progresso científico e das implicações sociais e riscos da nanotecnologia. Os conteúdos dominantes foram, nessa sequência: as descobertas científicas ou projetos científicos (27,30%); ELSIs (16,95%); negócios em nanotecnologia (10,63%); financiamento para nanotecnologia (9,20%); comemorações; finanças e propriedade intelectual; aplicações militares; ficção científica e cultura popular; viabilidade econômica, estrutural e científica da nanociência e nanotecnologia; visões futuristas (sem comentários sobre benefícios ou riscos); interesse público e atividades de grupos de empresas (STEPHENS, 2005, p. 187).

No conjunto de artigos analisados pelo autor, predominou uma inclinação para sentimentos positivos a respeito da nanotecnologia⁸¹. O sentimento de que os benefícios superam os riscos chegou a ser três vezes mais salientado do que o sentimento de que os riscos superam os benefícios. Menos da metade dos artigos direcionaram um ponto de vista sobre a relação entre riscos e benefícios, sendo que a maior parte desses artigos se inclinou a considerar que os benefícios compensam os riscos e cerca de um quarto que os riscos superam os benefícios. Os primeiros eram mais presentes em seções de negócios/finanças pessoais e de C&T e os segundos nas páginas de conteúdos gerais, na página inicial e em resenhas (STEPHENS, 2005).

⁸¹ Essa mesma tendência é observada nas pesquisas de percepção pública sobre nanotecnologia, como a de Castellini et al (2007), que indicam que o pensamento dominante é que a nanotecnologia é segura, benéfica e importante.

Segundo Gaskell et al (2005), a cobertura sobre nanotecnologia na mídia enfatiza mais os seus potenciais benefícios nos EUA do que no Reino Unido. As percepções em relação à nanotecnologia parecem estar co-relacionadas ao tom das notícias, o que não significa que a mídia controle e determine direta, uniforme e exclusivamente a percepção pública: os norte-americanos são mais otimistas que os europeus em relação à nanotecnologia e adotam uma atitude pró-nanotecnologia; os europeus se preocupam mais com as implicações para o meio ambiente, menos com o progresso econômico e confiam menos na regulação. Vale destacar, conforme revisão de literatura realizada por Faber (2006), que a cobertura da mídia influencia não apenas a percepção do público em geral, mas também dos cientistas de outras áreas de conhecimento sobre a ciência e os novos desenvolvimentos em C&T.

No Reino Unido tem sido discutida a ideia de experimentar novas formas de engajamento público com o desenvolvimento da nanotecnologia, desde as suas fases iniciais, como componente da governança contemporânea e da formulação de políticas. Relatórios como o da RS e RSE (2004) foram elaborados por diversos atores, como membros do governo, da indústria, cientistas sociais, advogados, ambientalistas e outros (MACNAGHTEN; GUIVANT, 2011).

No Japão, de acordo com Masami, Hunt e Masayuki (2008), até 2005 houve muita pouca atenção da mídia ou discussão pública sobre nanotecnologia. Nos artigos sobre nanotecnologia publicados em revistas e livros sobressaem as visões otimistas e futuristas e não são levantadas preocupações de forma equilibrada, segundo os autores. Prevalece a visão de que as empresas japonesas possuem os mais inteligentes produtos técnicos que os cidadãos podem desfrutar e outros países comprar.

Segundo Kurath e Gisler (2009, p. 564), a comunicação sobre nanociência e nanotecnologia vem sendo realizada a partir de três fatores: 1) a ideia de que a comunicação da ciência deve ter aprendido lições com as controvérsias científicas anteriores, como a agricultura biotecnológica e a Encefalopatia Espongiforme Bovina e que, portanto, a comunicação deve começar em estágios cada vez mais iniciais do desenvolvimento da C&T; 2) a ideia de que a noção de PUS (modelo de fluxo de informação em única via, da ciência ao público) não é a estratégia adequada para criar a aceitação pública e; 3) o objetivo de um maior envolvimento do público no

processo de tomada de decisão em questões científicas e tecnológicas com a noção de governança deliberativa ou democracia deliberativa.

O engajamento democrático do público já nas fases iniciais de um desenvolvimento tecnológico para a tomada de decisões e uma interação dialógica entre ciência e sociedade foi a abordagem recomendada pela *Royal Society* e *Royal Academy of Engineering* (RS; RAE, 2004), a chamada “*upstream engagement*”. Segundo Priest (2008) essa abordagem cria formas de dar voz aos desejos e preocupações do público em um momento anterior no processo de desenvolvimento, ou ainda, a participação pública na formação da política de ciência e tecnologia. Para a autora, alguns defensores dessa abordagem buscam uma efetiva melhoria da democracia deliberativa e outros estão mais preocupados em identificar problemas na aceitação pública de uma tecnologia.

Kurath e Gisler (2009) analisaram seis bem documentados projetos de nanociência e nanotecnologia promovidos em países desenvolvidos da Europa e dos EUA para investigar até que ponto vem ocorrendo uma mudança de paradigma na comunicação da C&T no sentido de um maior engajamento democrático. Constataram que o modelo de déficit de informação e educação ainda influencia as abordagens metodológicas tradicionais de engajamento público, revelando-se difícil a superação da divisão cientistas/leigos cientificamente iletrados na maioria dos projetos e persistindo as lacunas epistêmicas do conceito de PUS. Portanto, os resultados da pesquisa de Kurath e Gisler (2009) contestam a ideia de que os projetos de engajamento público em C&T de nanoescala representem uma mudança de paradigma na comunicação da C&T e não comprovam a base epistêmica de formação de consensos ou medição da opinião pública. Para dissolver as fronteiras, conforme as autoras, são necessárias maiores mudanças no campo epistêmico e metodológico.

Segundo Priest (2008), a comunicação sobre nanotecnologia não está livre do modelo de déficit, apesar da ênfase nas abordagens de engajamento público. Uma das suposições é que o público viveria com medo de uma nova forma de vida, os nanorrobôs autorreplicantes. Na medida em que a mídia combate tais medos, pode perder a oportunidade de abordar outras preocupações do público, como estabilidade no emprego, privacidade de informação, regulação e acesso a benefícios, ou seja, quem ganha e quem perde com a nanotecnologia na economia mundializada.

No entanto, segundo a autora, é possível que os investimentos na melhoria da cobertura da mídia estejam auxiliando (nos países que discutem isso há mais tempo) na promoção de um debate menos polarizado e mais equilibrado sobre a nanotecnologia do que foi com a biotecnologia, ou mesmo que se trate de um assunto menos controverso, por lidar predominantemente com matéria não-viva, diferentemente da biotecnologia que lida com organismos vivos (PRIEST, 2008).

A experiência do debate sobre a biotecnologia, especialmente sobre os alimentos geneticamente modificados (em grande parte não esperado pela indústria e círculos de política científica) contribuiu para a atenção que é dada hoje em países desenvolvidos ao nível de receptividade do público para a nanotecnologia, para a ênfase na atenção precoce aos possíveis efeitos ambientais e de saúde, e a busca para encontrar oportunidades para o engajamento público em estágios iniciais (PRIEST, 2008).

3.4.2 Divulgação de nanotecnologia no Brasil – Antecedentes

Uma pesquisa a respeito da divulgação científica sobre nanotecnologia no jornal *Folha de S. Paulo*, desenvolvida por Amorim (2008), abrangeu o período de 1994 a fevereiro de 2007, com a primeira notícia de 1997. A autora fez a análise de conteúdo de 61 matérias, entre as quais 50 da seção Ciência. Em termos qualitativos duas categorias foram analisadas obtendo-se os seguintes resultados: 1) notícias que apresentam efeitos positivos da nanotecnologia e notícias que apresentam possíveis efeitos negativos da nanotecnologia e; 2) o conceito de nanotecnologia. Em relação ao primeiro aspecto predominou o otimismo, destacando-se especialmente os benefícios na área da medicina e da informática e em relação à segunda categoria, o conceito de nanotecnologia variou, sendo definida como minúsculas máquinas (nanomáquinas ou nanorrobôs) e como uma escala de medida. A primeira definição, portadora de ameaças uma vez que vinculada ao projeto Drexeliano de manufatura molecular e geradora de polêmicas, desapareceu paulatinamente e cedeu lugar à segunda definição.

Pesquisa posterior, de autoria de Invernizzi e Cavichiolo (2009), examinou a divulgação sobre nanotecnologia na mídia impressa brasileira no período de 2002 a

2007. A pesquisa revelou que os temas abordados variam nos meios analisados: a seção Ciência do jornal *Folha de S. Paulo* destacou relatos de pesquisas estrangeiras e também de pesquisas nacionais, políticas brasileiras de nanotecnologia e condições para o seu desenvolvimento, entre outros assuntos; as revistas de divulgação científica *Galileu* e *Super Interessante* informaram o que é a nanotecnologia e quais são as suas principais aplicações atuais ou futuras e; as revistas semanais *Veja*, *Isto É* e *Época* apresentaram temas variados, caracterizaram a nanotecnologia e suas aplicações de maneira geral e enfatizaram avanços concretos, como produtos disponíveis no mercado e pesquisas com suas possíveis aplicações. Houve escassa referência a aspectos controversos, bem como a efeitos não desejados relacionados às promessas, como implicações sociais, econômicas, dilemas éticos e riscos da nanotecnologia.

Em ambos os trabalhos de análise sobre a nanotecnologia na imprensa brasileira constatou-se que foram enfatizadas, de modo geral, as visões otimistas, especialmente pela antecipação de um conjunto de promessas como de produtos mais eficientes, diagnóstico e tratamento de enfermidades, uma segunda revolução informática e desenvolvimento econômico. Essas características acompanham a tendência da divulgação científica sobre C&T em diferentes temas na América Latina, que recai na ênfase das promessas e benefícios (MASSARANI; BUYS, 2009) e, em certa medida, da mídia examinada por Stephens (2005).

Na *Scientific American Brasil*, conforme Gonçalves (2008), a primeira edição da revista, em junho de 2002, destacou na capa uma pesquisa sobre nanotecnologia desenvolvida no Brasil, assinada pelo seu editor Ulisses Capazzoli. O título da matéria foi: “O Brasil na era da nanotecnologia – pesquisa concentrada em instituições públicas restringe perspectivas, mas a meta é que empresas faturem em torno de US\$ 1 bilhão nesta área, por volta de 2012”. Nela foi destacado o início do Programa Brasileiro de Nanotecnologia em dezembro de 2001, a liderança do Brasil na área de nanotecnologia em relação a outros países latinoamericanos e seu atraso em relação aos EUA, bem como a crítica ao modelo de investimento em P&D que conta com baixa participação do setor privado (GONÇALVES, 2008).

As visões sobre nanociência e nanotecnologia difundidas através do *Jornal da Ciência e-mail* (JC), publicado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e dirigido principalmente à comunidade científica, no período de 2002 a 2007, foram analisadas por Invernizzi (2008). Seu objetivo foi verificar o

papel de pesquisadores na formulação de visões que contribuíram para legitimar o novo campo de pesquisas entre os pares e perante o governo, culminando com a incorporação da N&N como área estratégica na política de CT&I do país.

No Jornal, as cinco áreas de aplicação de N&N mais citadas foram a saúde, a computação, os novos materiais, a agricultura e agroindústria e os produtos com novas propriedades. Um terço das 151 matérias abordou algum aspecto das implicações econômicas, sociais, éticas e potenciais riscos das nanotecnologias, com maior presença dessa temática no ano de 2007. As matérias mencionaram principalmente a necessidade de informar o público sobre N&N e de regulamentar a pesquisa e comercialização de produtos com nanotecnologia. Foram escassamente analisadas certas implicações tratadas na literatura internacional, como dilemas éticos, possível aumento da desigualdade social, riscos para trabalhadores entre outros, percebendo-se uma correlação entre essas visões e as expressas nas políticas públicas na área. As perspectivas de desenvolvimento econômico como benefício da nanotecnologia receberam maior importância que as implicações econômicas das mudanças nas condições de produção e produtividade, prevalecendo a visão de que o desenvolvimento da nanotecnologia não acarretará maiores distorções (INVERNIZZI, 2008).

Invernizzi (2008) identificou três argumentos principais reforçados pelos cientistas e *policy makers* para balizar a relevância dos investimentos na área: *oportunidade* de conquistar novos mercados com produtos superiores em eficácia; *necessidade* de tornar o país competitivo internacionalmente (com uso marginal do argumento de autonomia tecnológica e satisfação de necessidades locais); e *viabilidade*, dada a existência de grupos de pesquisa qualificados que poderiam se destacar na produção científica internacional em nanotecnologia. Na medida em que os cientistas reivindicam prioridade para as pesquisas em nanotecnologia, em geral de alto custo, apontam também em uma parcela dos artigos o obstáculo da insuficiência de recursos investidos. O obstáculo da falta de articulação entre a pesquisa e o setor produtivo recebeu menos importância, mas é relevante no contexto da política de desenvolvimento da nanotecnologia (*ibid*).

A autora constatou que alguns atores têm papel relevante na promoção de visões sobre nanotecnologia, notadamente os físicos, engenheiros, químicos e pesquisadores da área de biologia e saúde, com pequena representatividade de pesquisadores das áreas sociais e humanas que escrevem menos frequentemente

ao jornal, talvez por ainda serem escassos os cientistas dessas áreas que abordam a nanotecnologia. Uma importante conclusão da pesquisa é que as visões divulgadas pelos pesquisadores foram bem sucedidas para legitimar o campo e assegurar fundos para a pesquisa porque convergem com a justificativa e os objetivos expressos nos documentos de política para o setor (*ibid*).

Entre as primeiras atividades de divulgação da nanotecnologia em novas mídias estão as desenvolvidas pela Renanosoma. Primeiramente, no período de 2007 a 2008, a Rede promoveu *chats* na internet que contaram com a participação de pesquisadores de diversas áreas de nanotecnologia e das áreas humanas e sociais. Desde 2009 a Rede realiza edições semanais do programa de TV *Nanotecnologia do Aveso* pela internet, seguindo um sistema de entrevistas similar (MARTINS; FERNANDES, 2011). Outras atividades de divulgação têm sido dirigidas a públicos específicos como trabalhadores e professores de escola. Estas atividades têm contado com financiamentos das áreas de ciências sociais e de divulgação científica do CNPq e da FAPESP (INVERNIZZI; KÖRBES; FUCK, 2012)⁸². Recentemente foi criado o Fórum de discussão sobre nanotecnologia, um espaço de continuidade dos debates do Nanotecnologia do Aveso.

Para o público específico dos trabalhadores, a Fundacentro publicou a série Nanotecnologia em Quadrinhos, que apresenta os conceitos da nanotecnologia e aborda os possíveis problemas para a saúde e o meio ambiente. As histórias são ambientadas na transportadora “Novo Universo” e contam com três personagens principais: uma entusiasta das novas tecnologias, um que tem uma atitude crítica e prudente e outro que apresenta perguntas, com uma disposição de aprendizagem. Na primeira história da série (PINTO, 2008), os personagens realizam uma viagem para transporte de produtos e na segunda (JENSEN, 2010) visitam vários estandes da feira “Nanomaravilhas” e uma indústria química que trabalha com nanotecnologia. Além disso, a Fundacentro disponibiliza o Portal da Saúde e Segurança do Trabalhador, com informações de interesse dos trabalhadores.

A divulgação científica em museus é uma das vias de socialização do conhecimento sobre nanotecnologia, sendo que já existem vários nos EUA. No Brasil, o Museu Exploratório de Ciências da Universidade Estadual de Campinas, mantém desde 2005 a Exposição Interativa NanoAventura, direcionada ao público

⁸² No capítulo 6 abordaremos as atividades desenvolvidas pela Renanosoma com maiores detalhes.

infanto-juvenil (de 9 a 14 anos) para despertar a curiosidade para o mundo das ciências. Na Exposição, o mundo nanoscópico é apresentado por meio de jogos interativos semelhantes a videogames, músicas, imagens, vídeos, simulações computacionais (MURRIELLO; CONTIER; KNOBEL, 2006; KNOBEL; MURRIELLO, 2008). As atividades são planejadas e desenvolvidas por profissionais e estudantes de diversas áreas do conhecimento, mas nota-se uma participação menor das áreas humanas e sociais, se comparado com as ciências exatas, biológicas e engenharias. Desde 2009, a NanoAventura é replicada no espaço Catavento Cultural e Educacional, em São Paulo (GUIMARÃES; RIGHETTI, 2009).

Segundo pesquisa de Murriello, Contier e Knobel (2006), a N&N costumam ser pouco conhecidas pela audiência antes da expedição, mas ao final os visitantes incorporam noções do conceito de escala nanométrica e a identificação da N&N como o estudo e manipulação de matéria nessa escala. As aplicações presentes e futuras de nanotecnologia são questões que atraem⁸³ o público, de modo especial as aplicações na área da saúde. Os visitantes demonstram preferência pelo jogo sobre nanomedicina (dentre vários que compõem a exposição), que consiste em alcançar, em grupo, a meta de cicatrizar/curar células doentes com drogas nanoscopicamente encapsuladas que são diretamente injetadas no núcleo da célula.

A dimensão da metodologia empregada também possibilita ter noção de como se faz tecnicamente os artefatos tecnológicos, como a droga encapsulada com nanopartículas, e não por acaso suscita tanto encantamento nos estudantes de escolas públicas e privadas: elas/eles não só usam a droga, aprendem a fazê-la. Já afirmava Castells (2003, p. 73): “As elites aprendem fazendo e com isso modificam as aplicações da tecnologia, enquanto a maior parte das pessoas aprende usando e, assim, permanecem dentro dos limites do pacote da tecnologia”.

No âmbito da política brasileira de nanotecnologia, nos primeiros anos não foram investidos recursos especificamente para a divulgação da nanotecnologia, embora a informação da sociedade sobre a nanotecnologia estivesse prevista no documento-base do Programa de Nanociência & Nanotecnologia (MCT, 2003), mas

⁸³ Os artefatos tecnológicos exercem um grande estímulo para a aprendizagem. Sobre isso nos fala Paulo Freire: “Não tenho dúvida nenhuma do enorme potencial de estímulos e desafios à curiosidade que a tecnologia põe a serviço das crianças e dos adolescentes das classes sociais chamadas favorecidas. Não foi por outra razão que, enquanto secretário de Educação da cidade de São Paulo, fiz chegar à rede das escolas municipais o computador. Ninguém melhor do que meus netos e minhas netas para me falar de sua curiosidade instigada pelos computadores com os quais convivem” (FREIRE, 1996, p. 87-88).

isso veio a ocorrer em 2009 segundo ações e medidas⁸⁴ descritas em Invernizzi, Körbes e Fuck (2012). Na ocasião de liberação de verbas o coordenador geral de Micro e Nanotecnologia do MCT, Alfredo Mendes, declarou: "É importante divulgar o que o Brasil está desenvolvendo nesta área, para que a sociedade saiba para onde está indo o investimento público" (EMBRAPA, 2009).

Cabe destacar que o sentido principal de divulgação da nanotecnologia adotado no PNN, lançado em 2005, é o de sensibilizar empresários, técnicos e gestores públicos em relação aos potenciais da aplicação da nanotecnologia em diversas atividades produtivas, tornando-as mais intensivas em conhecimento e, conseqüentemente, diferenciadas em um mercado cada vez mais competitivo (MCT, 2010) de acordo com o objetivo de aumentar a competitividade da indústria brasileira de nanotecnologia no mercado internacional. Isto é, trata-se de iniciativas de divulgação orientadas ao mundo empresarial. As iniciativas de divulgação científica previstas no PNN não aparecem diretamente articuladas com a política de divulgação científica mais geral, orientada ao público, que é uma das metas prioritárias da SECIS, também do MCTI.

SÍNTESE DO CAPÍTULO

Quando se conceitua nanociência e nanotecnologia um dos destaques da literatura está relacionado à nanoescala. A nanociência ocupa-se do estudo de nanoestruturas na escala de um bilionésimo de metro. A aplicação dessas nanoestruturas em dispositivos é o que se denomina nanotecnologia. Outra definição refere-se às novas propriedades físicas, químicas e toxicológicas que a matéria exibe em nano escala como resultado de efeitos de superfície e de efeitos quânticos. A esse respeito abordamos as controvérsias suscitadas entre diferentes programas científicos para o desenvolvimento da nanotecnologia, como os de

⁸⁴ Entre as medidas que favorecem diretamente o público mais geral está a elaboração da Cartilha sobre Nanotecnologia (ABDI, 2010a) lançada em dezembro de 2010 (LQES NEWS, 2010). Desde outubro de 2008 é editado mensalmente pela ABDI o boletim Nano em Foco, enviado para acadêmicos, representantes do governo, associações e institutos de pesquisa e disponibilizado gratuitamente na internet.

Drexler e seus seguidores, por um lado, e de Whitesides e Smalley e seus adeptos, por outro lado.

Na tentativa de conceituar a nanotecnologia há também referências à convergência tecnológica, ou seja, à sinergia e permeabilidade entre várias áreas do conhecimento, como a tecnologia da informação e comunicação, a nanotecnologia, a biotecnologia, a neurociência, outras áreas das ciências naturais e engenharias e também das ciências humanas e sociais para produzir ciência e tecnologia e avaliar as suas relações com a sociedade.

A nanotecnologia se tornou uma área estratégica na pesquisa e no desenvolvimento de inovações pelo mundo afora, sendo que a política brasileira de nanotecnologia a considera uma “área portadora de futuro”. O Brasil ocupa posição de destaque na América Latina e com o suporte de diversas agências de fomento estatais, ampliou significativamente as suas redes de pesquisa, recursos humanos e produção científica na área. Todavia, há um forte descompasso entre a evolução da produção científica brasileira, medidas em termos de artigos científicos publicados, e a produção tecnológica nacional. Isso reflete a convergência entre o modelo de ciência central, crescentemente homogêneo, centrado na competitividade industrial, e a política de CT&I do país, pouco reorientada para problemas locais, embora se comece a rever esse aspecto, ao menos no discurso de documentos de política.

Diante dessa informação, e tendo em vista o próprio estágio de desenvolvimento das pesquisas, é uma questão a verificar na pesquisa empírica se nas mídias selecionadas há mais informações sobre o desenvolvimento da nanociência do que sobre sua aplicação em dispositivos. Certamente poderemos inferir algumas consequências disso para a educação a partir da análise dos dados nos próximos capítulos.

Nesse contexto ganham relevância os estudos sobre as implicações sociais, legais e éticas e a relação entre riscos e benefícios da nanotecnologia, de modo a entender a dinâmica social que favorece a produção da nanotecnologia e as influências da mesma na sociedade. Diversos pesquisadores e documentos enfatizam que essas pesquisas podem ter maiores impactos se realizadas desde o estágio inicial do desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia, especialmente pela possibilidade de suas conclusões serem incorporadas às políticas na área e de dimensionar seus valores e finalidades sociais. Recorrentemente a literatura menciona a necessidade de se aprender com os erros cometidos no

desenvolvimento da biotecnologia, em especial na sua regulação, com destaque para uma abordagem de segurança que seja compatível com o princípio de precaução, a saber: estudar as propriedades das nanoestruturas e não tomá-las como equivalentes às suas contrapartes naturais.

Ampliam-se também, particularmente em países com grande poder de investimento na área, os compromissos das políticas públicas de criar mecanismos para a participação cidadã no debate sobre os “aspectos ELSI”, ampliando o desafio de se criar metodologias para operacionalizar esse engajamento público. No Brasil, os primeiros anos da política de nanotecnologia foram marcados pelo isolamento quase total dessas questões, sendo observados pequenos avanços nos últimos anos, mas a nanotecnologia ainda está longe de ser uma questão de debate público.

Um ponto comum às políticas de nanotecnologia de vários países, inclusive do Brasil, é que elas chamam a atenção para a necessidade de informação do público. Na Europa, estudos indicam que esteja em processo um novo estilo de comunicação da ciência, mais participativo desde o estágio inicial de seu desenvolvimento, mas ainda não se encontram completamente superados os modelos unidirecionais de comunicação da ciência, sendo necessárias mudanças no campo epistêmico e metodológico. Nos EUA e no Japão, a visão positiva da nanotecnologia prevalece na mídia. No primeiro país foi constatado um aumento da variedade de conteúdos sobre o tema ao longo do tempo, e no segundo, ONGs procuram difundir informações de interesse dos trabalhadores. Já na América Latina ainda predomina o modelo de déficit, em que a informação científica é transmitida dos cientistas para o público ou dos cientistas para os mediadores que editam a informação e a repassam ao público, em via unidirecional. No Brasil estão em curso diversas iniciativas de popularização da N&N, como as realizadas nas mídias, nos museus de ciência, por entidades que zelam pela segurança no trabalho e por órgãos governamentais voltados aos interesses da indústria.

Por fim, contextualizamos e analisamos a divulgação sobre nanotecnologia no documento-base do Programa de Nanociência e Nanotecnologia, do ano de 2003, e da Política Nacional de Nanotecnologia, criada em 2005. Constatamos que informar o público consta como uma das ações previstas desde o início. Entretanto, até agora, as ações de divulgação têm estado orientadas principalmente ao mundo empresarial, ou seja, não são dirigidas ao grande público, e não se vinculam diretamente com as políticas do MCTI na área de popularização da C&T.

4 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA TELEVISÃO: NANOTECNOLOGIA NO *BOM DIA BRASIL*, 2008-2010

Debater o que se diz e o que se mostra na televisão me parece algo cada vez mais importante (FREIRE, 2000b, p. 109).

A leitura de mundo crítica para a compreensão das ideologias veiculadas pelos meios de comunicação, de modo a evitar a alienação, se torna cada vez mais uma tarefa fundamental da prática educativa democrática, argumenta Paulo Freire (2000b). Nesse sentido, o autor não propõe uma luta contra a televisão, que considera uma luta sem sentido, mas o estímulo ao desenvolvimento da curiosidade e do pensamento crítico, tendo em vista que o processo de comunicação não é neutro, ou seja, se posiciona, de maneira sutil ou explícita, em favor de certas visões de mundo e interesses.

No Brasil, a televisão é uma ferramenta acessível às pessoas das mais variadas classes sociais, questão confirmada pela enquete do MCT (2011), segundo a qual a TV é um dos mais importantes meios de formação extra-escolar em ciência e tecnologia. O papel desumanizador ou degradante da televisão vincula-se, entre outros aspectos, à questão do estímulo ao consumo dos bens anunciados (em horários específicos de propagandas, na divulgação de produtos em programas, em notícias sobre C&T), “consumo”⁸⁵ que não pode ser satisfeito pela maior parte da população em virtude da desigualdade social. Desse modo, concordamos com Freire (2000b) que debater o conteúdo dito e mostrado na televisão é cada vez mais importante e “como educadores progressistas não apenas não podemos desconhecer a televisão mas devemos usá-la, sobretudo, discuti-la” (*ibid*, p. 110).

Neste capítulo analisamos as reportagens exibidas pelo telejornal *Bom Dia Brasil*, da Rede Globo, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2010 sobre o campo de conhecimento interdisciplinar emergente da nanociência e da

⁸⁵ Empregamos o termo consumo no sentido de aquisição de uma mercadoria ou serviço e também no sentido de usufruto de um serviço público, como a saúde. As notícias sobre C&T estão repletas de promessas de benefícios para a saúde que só podem ser satisfeitas na atual organização da sociedade pela maior parcela da população se houver incorporação e disponibilização das novas técnicas e tecnologias pelo Sistema Único de Saúde.

nanotecnologia. Este telejornal, ainda que se destine a pessoas de todos os níveis de renda e instrução⁸⁶, tem como audiência principal pessoas das classes A e B (41%) e da classe C (47%), 43% com mais de 50 anos de idade e 40% de 25 a 49 anos de idade⁸⁷.

Em termos metodológicos, a partir de uma busca na seção de vídeos da página do telejornal na internet localizamos ao todo cinco vídeos sobre nanotecnologia. A primeira reportagem do período data de 08 de junho de 2009 e integra a coluna de Ciência e Tecnologia “Você não sabia, mas já existe”, coordenada pelo jornalista Márcio Gomes. Essa seção teve início em 16 de março de 2009 e tem o propósito de divulgar a C&T desenvolvidas pelas universidades brasileiras, especialmente soluções e produtos que ainda não chegaram ao mercado (GLOBO.COM, 2009).

Temos como objetivo central examinar o conteúdo sobre nanotecnologia que chega ao público, em especial o seu conceito, suas aplicações, suas implicações sociais, seus riscos e suas incertezas. Adicionalmente, dois objetivos específicos orientam o capítulo. O primeiro consiste em analisar as definições de nanotecnologia apresentadas, situando-as no contexto da controvérsia entre dois paradigmas científicos que segundo Bensaude-Vincent (2006) têm em comum a metáfora de que a natureza é repleta de nanomáquinas, mas que divergem em relação à forma de obtenção dessas nanomáquinas. O segundo é verificar se a abordagem considera, de forma balanceada, progressos e benefícios propiciados pela nanotecnologia e potenciais implicações éticas, legais e sociais e riscos.

Para essa análise, consideramos as categorias utilizadas por Stephens (2005, p. 185) para avaliar o sentimento relativo a riscos e benefícios em textos de divulgação sobre nanotecnologia. Tomamos como referência também as análises de Marx e Smith (1996) sobre as narrativas ficcionais e informativas e as de Lösch (2006) sobre as imagens como meios mobilizados pelos jornalistas para apresentar o conteúdo. Na junção de textos e imagens, a televisão veicula a ciência em narrativas ficcionais e discursos informativos (SIQUEIRA, 2008). A análise de conteúdo é realizada a partir do roteiro estruturado apresentado na seção de metodologia da introdução.

⁸⁶ Cf: <<http://g1.globo.com/principios-editoriais-das-organizacoes-globo.html>>. Acesso em 10 fev. 2013.

⁸⁷ Cf: <<http://comercial2.redeglobo.com.br/programacao/Pages/BomDiaBrasil.aspx#>>, pesquisa do IBOPE, outubro de 2012: Acesso em 10 fev. 2013.

O texto está dividido em duas partes. Inicialmente abordamos brevemente as características da divulgação científica na televisão. Em seguida realizamos a análise das reportagens exibidas em seções de C&T do telejornal *Bom Dia Brasil*. Essa análise é dividida em duas etapas de acordo com os objetivos específicos: a análise do conceito de nanotecnologia e da relação entre promessas, aplicações, riscos e implicações da nanotecnologia. Encerramos com as conclusões.

4.1 CARACTERÍSTICAS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA MÍDIA TELEVISIVA

A televisão se firmou nas últimas décadas como um dos principais meios de divulgação da ciência no nosso país (ANDRADE; CARDOSO, 2001). Segundo Belloni (1994, p. 205), no Brasil, “a televisão funciona como uma ‘escola paralela’ freqüentada pela quase totalidade dos jovens de várias idades e todas as classes sociais, e muitas vezes ela representa a única escola para aqueles milhões de jovens não escolarizados”. Essa realidade é confirmada por uma enquete de abrangência nacional (MCT, 2011; FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2011) que evidenciou que dos 2016 respondentes, 71% vêem programas de TV que tratam de C&T, evidenciando a importância da análise do conteúdo⁸⁸ por ela difundido. A mesma situação ocorre em diversas outras regiões, como nos EUA, na Europa, na Austrália e na China (MASSARANI; BUYS, 2009).

Segundo Kenski (2007), embora a mídia televisiva seja caracterizada pela comunicação unidirecional, o telespectador interage com os estímulos visuais e auditivos, reagindo física e emocionalmente às cenas e informações exibidas. A autora também destaca que, com as novas TIC, e em especial com a televisão digital, são oferecidas algumas opções de interação. Essa estratégia vem ao encontro da vontade de jovens em participar, os quais buscam autonomia e independência em relação ao conhecimento que lhes interessa, “zapeando” em sites da internet e alternando entre um e outro canal da televisão. Além disso, a própria interpretação do que se vê na televisão é uma forma de interação.

⁸⁸ A informação passa por várias formatações e recontextualizações antes de ser exibida na televisão, como a seleção, filtragem, organização e distribuição (SIQUEIRA, 2008).

A televisão apela para as emoções, mais do que para a racionalidade, cria a ilusão de que reflete o real de modo realista, com mensagem mais icônica que discursiva. A aprendizagem diante da televisão pode se realizar por impregnação, ou seja, sem querer, de modo involuntário e inconsciente, processo favorecido por apelos comunicacionais (situações de humor, dramaticidade, personagens vividos por galãs ou atrizes muito apreciadas). A televisão, assim como outros meios de comunicação de massa, contribui para a construção de estereótipos e mitos que podem resultar em modelos de comportamento padronizados. Entretanto, a televisão como instância de socialização é bastante complexa, pois a interiorização das normas e valores transmitidos depende da aceitação por parte do ouvinte, que pode atribuir legitimidade ou não ao que ouve e assiste. (BELLONI, 2009).

Anteriormente, Bourdieu (1997) já alertou que a capacidade de resistência dos telespectadores à coerção da mídia não pode ser subestimada, mesmo que a televisão “[...] pode fazer ver e fazer crer no que faz ver” (BOURDIEU, 1997, p. 28), pois ela

pode, paradoxalmente, ocultar mostrando, mostrando uma coisa diferente do que seria preciso mostrar caso se fizesse o que supostamente se faz, isto é, informar; ou ainda mostrando o que é preciso mostrar, mas de tal maneira que não é mostrado ou se torna insignificante, ou construindo-o de tal maneira que adquire um sentido que não corresponde absolutamente à realidade (BOURDIEU, 1997, p. 24)

Uma parte da ação simbólica na televisão consiste em atrair a atenção para fatos que possam interessar todo mundo, os “fatos-ônibus”, que não envolvem conflitos, não dividem, mas também não tocam em nada de importante, ressalta o autor. Além disso, a televisão busca o espetacular, o sensacional e convida à dramatização. Desse modo, a televisão pode exercer o que Bourdieu denomina de violência simbólica, “uma violência que se exerce com a cumplicidade tácita dos que a sofrem e também, com frequência, dos que a exercem, na medida em que uns e outros são inconscientes de exercê-la ou de sofrê-la” (BOURDIEU, 1997, p. 22). Para minimizar essa forma de violência, em particular nas relações de comunicação pela mídia, o autor recomenda que se desvelem as coisas ocultas.

Por fim, é importante reconhecer a concorrência frequentemente homogeneizante no jornalismo, porque os jornalistas estão sujeitos às mesmas pressões (índices de audiência e anunciantes) (BOURDIEU, 1997). Em relação a esse fenômeno, Castells (2012) observa a combinação crescente entre a difusão

massiva e a personalizada, isto é, “a televisão segue sendo um meio de comunicação de massas desde a perspectiva do emissor, mas muitas vezes é um meio de comunicação pessoal do ponto de vista do receptor” (CASTELLS, 2012, p. 94, tradução nossa). Entretanto, ainda que as infraestruturas tecnológicas de transmissão via cabo ou satélite tenham possibilitado a personalização da audiência e a segmentação do conteúdo, permanece uma crescente uniformização dos conteúdos sob a aparência de diferenciação, situação gerada pela integração entre emissoras de televisão de propriedade de grandes corporações, segundo o autor.

Vale lembrar, a este respeito, que a Rede Globo está articulada com várias emissoras das Organizações Globo e ao *Instituto Millenium*, que vincula os quatro grandes grupos de mídia do país. Para disseminar suas ideias “o instituto articula intelectuais e pesquisadores ligados a universidade, economistas, cientistas políticos, nomes proeminentes da área da cultura, das comunicações e grandes empresários” (PRADO, 2012). Segundo declaração do historiador/pesquisador Demian Bezerra de Melo, da Universidade Federal Fluminense, para Prado (2012, p. 12-13):

‘O IMIL dispõe ainda de uma extensa lista de articulistas que, em conjunto com os membros da estrutura organizativa, escrevem regularmente em seu site na internet e tem espaço cativo nos principais veículos de mídia. Intelectuais que, não por acaso, aparecem com a identificação ‘neutra’ de ‘especialistas’.

Os “articulistas” ou, na expressão utilizada por Prado (2012), “amigos da mídia”, têm espaço em revistas, jornais, telejornais e outros meios. As pessoas ligadas ao instituto são recrutadas de maneira profissional pela identificação com os objetivos do instituto (*ibid*). Com base nessas ponderações, os jornalistas do *Bom Dia Brasil* e da *Folha de S. Paulo* (analisada no próximo capítulo) estão indiretamente (senão diretamente) ligados a um mesmo grupo de intelectuais da *sociedade civil*, articulados no Instituto Millenium.

O Instituto Millenium “busca difundir conceitos como liberdade individual, propriedade privada, meritocracia, estado de direito, economia de mercado, democracia representativa, responsabilidade individual, eficiência e transparência” (IMIL, 2013). Esses princípios são nitidamente conservadores, segundo Prado:

O que as entrelinhas do conteúdo veiculado pela Millenium guardam é seu papel protagonista na reorganização de um projeto de extrema direita, que busca reafirmar a agenda neoliberal em um momento no qual a crise

econômica global poderia incentivar a busca por novos modelos. Nesse sentido, privatizações, defesa do sistema financeiro mesmo quando ele entra em colapso, **campanha permanente contra a regulamentação das comunicações**, redução dos direitos sociais e combate a qualquer tipo de política afirmativa por parte do Estado seriam, talvez, princípios mais honestos a serem listados pela entidade, avalia o historiador da Universidade Federal Fluminense Demian Bezerra de Melo, que desde 2009 acompanha o IMIL (PRADO, 2012, p. 10-11, grifos nossos).

É importante notar que a defesa da “propriedade privada” e da “economia de mercado” se articula com a defesa das privatizações e do monopólio dos grupos de mídia, opondo-se a processos de regulamentação da mídia pelo Estado.

É possível que a divulgação científica na televisão, que tem pretensão de objetividade, não conte com articulistas diretamente vinculados ao Instituto e não é nosso objetivo fazer essa verificação. Entretanto, certamente estão submetidos em alguma medida às orientações mais gerais do grupo para o qual trabalham, um fator que não dá para negligenciar na análise, tanto da televisão, quanto do jornal.

4.2 OS PROGRAMAS SOBRE NANOTECNOLOGIA NO *BOM DIA BRASIL*

No telejornal *Bom Dia Brasil* foram localizadas, no período de 2008 a 2010, cinco reportagens sobre nanotecnologia, quatro na série “Universo Nano” e uma na coluna “Você não sabia, mas já existe”, descritas sinteticamente no Quadro 3 (próxima página).

Na série “Universo Nano” os repórteres especificaram aos telespectadores fontes nacionais e estrangeiras utilizadas para compor o conteúdo das reportagens. Nas duas primeiras reportagens tiveram destaque fontes nacionais: dois terços de cientistas de universidades (Universidade Estadual de Campinas e Universidade de São Paulo) e/ou de laboratórios (Laboratório Nacional de Luz Síncrotron e Laboratório de Nanotecnologia da Universidade de São Paulo), pertencentes às áreas de Física, Química e Engenharia Genética, e um terço de empresas (não especificadas). Nas duas últimas reportagens foram consultados cientistas estrangeiros (cientistas japoneses e de Laboratório de Desenvolvimento Nanotecnológico de Londres) e empresas (japonesas não especificadas).

Quadro 3 - Síntese das reportagens sobre nanotecnologia em seções de ciência e tecnologia do *Bom Dia Brasil*, 2008-2010

Nº	Autor e data	Chamada	Coluna/Série	Tema central
1	GOMES, Márcio. 08 jun. 2009	Sensor criado pela UFPE mede qualidade da água.	Você não sabia, mas já existe	Apresenta e explica o funcionamento de um nanossensor que fica em uma espécie de “saquinho de chá”, que foi desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco e é capaz de diagnosticar poluentes na água.
2	DUARTE, Neide; ARAÚJO, Wilson. 01 set. 2009	Nanotecnologia transforma vidas sem que se perceba	Universo Nano	Define a nanotecnologia em relação à escala e à presença de materiais nanoestruturados na natureza. Indica algumas características da nanotecnologia e respectivos instrumentos de pesquisa. Apresenta a transcrição do poema “Infinitozinho”.
3	DUARTE, Neide; ARAÚJO, Wilson. 02 set. 2009	Nanotecnologia já está disponível no comércio e na medicina	Universo Nano	Apresenta diversas aplicações “inteligentes” da nanotecnologia: 1) disponíveis no comércio, como embalagens e secadores de cabelo antibacterianos e nanocápsulas com aromas; 2) na medicina, como curativos inteligentes; 3) outras promessas para a medicina; e 4) promessas para soluções ambientais, como nanopartículas magnéticas.
4	LOSEKANN, Marcos; GILZ, Sérgio. 03 set. 2009	Nanotecnologia é esperança na cura de doenças como AIDS e câncer	Universo Nano	Trata da nanomedicina, com destaque para: 1) aplicações de longa data da nanotecnologia na medicina, como as nanopartículas que formam os medicamentos; e 2) promessas, como o desenvolvimento de nanoequipamentos para combater e agir no tratamento de várias doenças, inclusive as graves (AIDS e câncer).
5	KOVALICK, Roberto; SUZUKI, Katsumi. 04 set. 2009	Japoneses são pioneiros no estudo da nanotecnologia	Universo Nano	Mostra produtos <i>nano</i> japoneses: 1) disponíveis no comércio e serviços, como o umidificador que melhora a aparência da pele, aparelho de barbear, creme dental anti-cárie e comprimido-câmera para diagnóstico de doenças; e 2) em desenvolvimento, como a “televisão que dobra”.

Fonte: Elaborado pela autora com base nas reportagens selecionadas, 2013.

Já na reportagem da coluna “Você não sabia, mas já existe” foi ouvido um cientista e professor do Departamento de Química da Universidade Federal de Pernambuco, atendendo aos propósitos de divulgar descobertas das universidades brasileiras, além de moradores e de um dos diretores da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) do Rio de Janeiro.

O tempo de duração das reportagens é um dos fatores que influencia no aprofundamento do conteúdo. Nesse sentido, vale a pena constar que duas reportagens tiveram a duração de quatro a seis minutos e três reportagens dispuseram de sete a oito minutos aproximadamente, o que possibilita certa abrangência da abordagem.

Uma breve análise das fontes evidenciadas dá conta de que prevalecem cientistas, das áreas exatas e engenharias, e empresários. A menos que os jornalistas tenham buscado diversas fontes de informação não explícitas, é provável que as visões expressas sejam equivalentes às predominantes entre engenheiros, físicos, químicos e empresários. Não há fontes científicas das áreas sociais, humanas ou jurídicas, de organizações da sociedade civil ou outras. A falta de representantes destas áreas caracteriza uma divulgação que não atribui importância a contextualização social do desenvolvimento científico e tecnológico, ou mais provavelmente considera os próprios cientistas que desenvolvem essas tecnologias como capazes de fazer essa contextualização ou comentar implicações⁸⁹.

Em todas as reportagens os cientistas costumam ser consultados para falar do desenvolvimento das pesquisas de nanotecnologia, com destaque para a sua definição e as suas possíveis aplicações para os cuidados com a saúde – como para o diagnóstico de doenças, tratamento e até mesmo a cura de doenças como a AIDS – e o meio ambiente – como o diagnóstico de poluentes industriais na água e a remoção de óleo da água. As empresas e universidades apresentam os produtos disponíveis no mercado e as expectativas em relação àqueles que estão sendo desenvolvidos. O conjunto dos discursos de cientistas e empresários reiteradamente formatados conforma o discurso midiático de que aquilo que hoje está na agenda de pesquisa, amanhã poderá estar nas prateleiras das lojas e dos supermercados, nos laboratórios e nos hospitais, trazendo benefícios para as pessoas.

⁸⁹ A esse respeito, na pesquisa de Stephens (2005), foi constatado que os artigos que têm como tema dominante as implicações éticas, legais e sociais da nanotecnologia costumam citar um número maior de fontes e são mais extensos que os que não os têm como tema dominante.

Esses discursos são expressos por narrativas e imagens, as quais serão examinadas em duas etapas: primeiramente, as narrativas e imagens que conceituam a nanotecnologia e, em seguida, as que enfatizam o progresso viabilizado pela nanotecnologia.

4.2.1 Definição de nanotecnologia

É comum as pessoas terem dificuldade em compreender a escala nanométrica, pois o tamanho dos átomos é infinitamente menor do que os objetos visíveis sem o auxílio de instrumentos. Nesse sentido, Castellini *et al* (2007) observaram que menos da metade das pessoas que tinha ouvido falar em nanotecnologia soube defini-la corretamente e também que houve dificuldades em graduar o tamanho de átomos em relação a outros elementos de escala micro.

Isso pode ser um indício das razões que a série “Universo Nano” teria para dedicar uma das quatro reportagens à definição de nanotecnologia, mas isso não significa que as definições se esgotem em uma única reportagem. Para introduzir a nanotecnologia ao público, procura-se mostrar que a nanotecnologia faz parte da vida cotidiana. Assim, a primeira reportagem (Duarte; Araújo, 2009a) leva o título “Nanotecnologia transforma vidas sem que se perceba”. No entanto, essa reportagem não é a que melhor dá conta do proposto no título e/ou na chamada, limitando-se a dizer que: “Ela [a nanotecnologia] salva vidas, faz música, perfuma, deixa até o cabelo mais bonito”. As transformações na vida cotidiana são melhor sistematizadas nas reportagens seguintes, na medida em que são apresentados produtos que incorporam a nanotecnologia.

O subtítulo da primeira reportagem – “Quando falamos em nano, estamos falando de uma medida que significa um bilionésimo do metro” – representa uma definição padrão e elementar de nanotecnologia. A medida nano é comparada com uma medida conhecida, a do metro: “nano é como dividir um metro em um bilhão de pedaços”. As imagens que compõem o vídeo são auxiliares na construção dessa definição e são recorrentes as comparações do mundo nano com o mundo que conhecemos. Por exemplo: “No nosso mundo enxergamos tudo a partir da luz. No mundo nano precisamos de um microscópio de força atômica, ou um microscópio

eletrônico de transmissão em varredura”. Aqui, além da comparação com o conhecido, a reportagem introduz a transformação do trabalho no laboratório, ou seja, as transformações na pesquisa científica mediante a utilização de novos instrumentos. Embora a matéria não diga explicitamente, percebemos nesse exemplo que os novos artefatos tecnológicos dão suporte ao desenvolvimento do conhecimento científico na escala nanométrica, o que nos leva a uma nova forma de entender as mudanças científico-tecnológicas, centrada em uma maior interação entre C&T. Ao invés da tradicional ideia de que mais ciência gera mais tecnologia, aqui se pontua que mais tecnologia gera mais ciência, sublinhando a interatividade entre as duas dimensões do processo de pesquisa e produção de conhecimento.

Outro exemplo de comparação entre o conhecido e não conhecido com forte auxílio das imagens é a comparação entre grãos de areia e nanoestruturas:

Uma praia pode ser mesmo o lugar perfeito para explicar as nanoestruturas. Coisa de criança brincar na areia. Coisa de cientista dividir um grão milhões de vezes e nesse tamanho desenvolver todo tipo de pesquisa. Os materiais ganham novas propriedades, novas características. Na Universidade Federal de Pernambuco o desafio é transformar algo tão pequeno em instrumentos para o nosso dia-a-dia (GOMES, 2009b).

Se por um lado, essa comparação facilita a construção de uma representação de escala e serve como uma primeira aproximação ao conceito de escala atômica, por outro conceitua as nanoestruturas de forma bastante imprecisa.

Na medida em que são apresentadas questões elementares como a escala e os instrumentos de pesquisa, é introduzida a noção de que estamos diante de *novas leis da natureza*, na qual o conhecimento que temos sobre as “coisas visíveis” não é suficiente para compreendê-las, como se observa nestes trechos: “Você vai conhecer agora um mundo diferente, onde as cores, as texturas, as leis da natureza, são outras”; “Eu não posso usar luz para enxergar diretamente um objeto nanométrico. Eu tenho que necessariamente usar um aparelho desse tipo. São outras as leis da natureza. São outras, é verdade”, explica o coordenador do Laboratório de Nanotecnologia – USP Henrique Toma” (DUARTE; ARAÚJO, 2009a). Não se exploram mais diretamente os novos aspectos e comportamentos da matéria em nanoescala.

Paralelamente, é recorrente o argumento de que nem *a medida, nem a matéria em escala nano são novas*. A reportagem de Losekann e Gilz (2009), por exemplo, destaca que a nanotecnologia está nos medicamentos há muito tempo e

que as nanopartículas formam os comprimidos, ou seja, que já a experimentamos. Um segundo exemplo trata das nanopartículas de ouro presentes nos vitrais das igrejas antigas:

Na Idade Média, o homem já trabalhava com nanotecnologia. A cor vermelha dos vitrais é formada a partir de nanopartículas de ouro.

‘Só que o vidreiro não sabia que eram nanopartículas. Mas as cores se mantêm até hoje porque a nanopartícula é eterna. Essa cor sempre vai existir, ao contrário de um corante químico. Os tecidos desbotam, as fotografias perdem a cor. Mas a nanopartícula é eterna’, explica o professor de Química Koiti Araki (DUARTE; ARAÚJO, 2009a).

Mesmo sem o vidreiro saber que se tratava de nanopartículas, ele tinha um conhecimento empírico, aspecto que poderia ter sido melhor explorado. Uma maior explicação do fenômeno só foi possível com os instrumentos que se desenvolveram a partir de 1980. O que é novo, então, são as possibilidades de domínio desta escala abertas pelos novos instrumentos científicos e o desenvolvimento da nanociência.

Outro argumento extensamente desenvolvido é que *nano é natural*, sendo que “nano é a dimensão mais importante que existe na natureza” (DUARTE; ARAÚJO, 2009a). A afirmação de que elementos da natureza familiares à audiência, como o pólen, a poeira, as plantas, as flores, as proteínas e os vírus são nano, participa da construção da definição de que a nanotecnologia é natural. Por exemplo, uma das narrativas explica que a água não consegue molhar a planta porque as nanoestruturas da folha a repelem. A imagem de uma folha com gotas d’água prestes a escorrer ilustra a afirmação.

Ênfase ainda maior é dada à molécula de DNA (que pode não ser tão familiar para uma parte da teleaudiência). Segundo a reportagem, a molécula de DNA, que possui dois nanômetros de tamanho, coordena toda a vida; e toda célula provém de outra célula, ou seja, toda vida provém da própria vida. A partir dessa conceituação, o especialista em nanotecnologia Eduardo Caritá, entrevistado pelos repórteres, questiona: “Você acha que a natureza escolheria essa dimensão ou essa forma, ou essa estrutura, se ela não fosse a mais eficaz?” (DUARTE; ARAÚJO, 2009a).

Diante do exposto, concluímos que as definições da nanotecnologia como estruturadora dos elementos da natureza (portanto, natural) e nanotecnologia usada desde sempre em produtos criados pelo homem contribuem para mostrar a sua não novidade, o que pode causar perplexidade na teleaudiência, uma vez que os

programas tratam das últimas fronteiras da ciência, de um novo universo a ser explorado pela ciência. A aparente contradição – pois de fato houve uso empírico da nanotecnologia no passado e há inúmeros processos em escala nanométrica na natureza – poderia resultar da intenção de reforçar que a nanotecnologia é inofensiva, evitando a ansiedade diante do novo e o debate sobre riscos gerado sobre outras tecnologias emergentes.

Ao mesmo tempo, essas definições se afastam das controvérsias fundantes da nanotecnologia, analisadas detalhadamente por Bensaude-Vincent (2006), traduzidas basicamente em duas explicações: a visão de Drexler da nanotecnologia como manufatura molecular, em que o comportamento das nanomáquinas artificiais seria semelhante ao funcionamento das células naturais, e a visão de seus críticos, como Whitesides e Smalley, que divergem sobre as formas de se fazer nanomáquinas, diferenciando máquinas criadas das naturais com o pressuposto de que a engenhosidade da natureza é insuperável. Na medida em que se afastam dessa controvérsia, particularmente do cenário de máquinas autorreplicantes fora de controle sugerido pelo próprio Drexler e popularizado como um risco da nanotecnologia, as reportagens evitam a polêmica e buscam a adesão do público à nanotecnologia. A ausência de referências às nanomáquinas vai ao encontro da constatação de Amorim (2008) de que essa definição de nanotecnologia sumiu paulatinamente do jornal *Folha de S. Paulo*.

Por outro lado, como veremos, as reportagens destacam os grandes benefícios que a nanotecnologia pode trazer. Parece que, como argumenta Dupuy (2008), se faz uso de uma dupla linguagem científica: se fala das grandes possibilidades de criação dos cientistas para obter adesão aos projetos de pesquisa e, ao mesmo tempo, se naturaliza a nova tecnologia e se admite a natureza modesta das pesquisas para não atrair a atenção dos críticos. Essa dupla linguagem já teria sido utilizada em outras ocasiões, como na alegação de que os Organismos Geneticamente Modificados seriam a solução para o problema da fome no mundo e depois a constatação de que a humanidade vem melhorando a oferta de alimentos através da engenharia genética desde o Neolítico.

Para entender essas definições, é necessário examinar de perto os interessados, as dinâmicas e as circunstâncias que levam à sua promulgação, pois, conforme esclarecem Lacour e Vinck (2011), a escolha dos termos usados para designar um objeto é cuidadosamente ponderada pelos interessados. Os autores

apontam que os termos nanociência e nanotecnologia geralmente são utilizados em posicionamentos orientados para a obtenção de financiamento e para o estímulo a inovação. Acreditamos que esse interesse pode ser o eixo balizador das definições apresentadas pelo grupo de cientistas entrevistados, pois a P&D na área está em fase inicial. A novidade da nanotecnologia funciona como justificativa para as pesquisas e a associação da nanotecnologia com os fenômenos naturais funciona como estratégia para afastar questionamentos de outros grupos relevantes.

Ademais, notamos que o conceito de nanotecnologia está bastante atrelado à ideia de artefato material, com reduzida referência à sua configuração social. Sob os referenciais dos ESCT, um novo artefato ou produto tecnológico ou nanotecnológico não só integra elementos materiais (como ferramentas, equipamentos, matérias-primas e máquinas), como também não-materiais (como comunicação e conhecimentos científicos e técnicos). Adicionalmente, os artefatos são constituídos por relações com fatores econômicos, políticos e culturais e são inseparáveis das estruturas econômicas, políticas e sociais da sociedade em que são produzidos. Os artefatos tecnológicos recebem influências de uma rede formada por atores e grupos relevantes que operam nos planos da técnica, da ciência, das políticas públicas, do financiamento, da comunicação e/ou da participação social. Nesse sentido, sob nosso referencial teórico, o artefato tecnológico, por exemplo, o nanoartefato, e a rede sociotécnica constituem o que se entende por (nano)tecnologia.

4.2.2 Promessas, aplicações, riscos e implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia

Nanotecnologia já está disponível no comércio e na medicina.

A nanotecnologia ajuda o comércio e aponta para infinitas possibilidades de melhoria da nossa qualidade de vida (DUARTE; ARAÚJO, 2009b).

Nanotecnologia é esperança na cura de doenças como AIDS e câncer.

Com dimensões tão pequenas, remédios e procedimentos com nanopartículas são mais precisos. Causam menos efeitos colaterais (LOSEKANN; GILZ, 2009)⁹⁰.

Japoneses são pioneiros no estudo da nanotecnologia.

Por lá, o mundo em miniatura já ajuda na hora de se barbear e de ver TV, por exemplo. Conheça uma televisão que dobra. (KOVALICK; SUZUKI, 2009).

As promessas estão nas introduções das reportagens. Isto não é novidade na divulgação científica, tendo sido constatado por Marx e Smith (1996), por exemplo. As seções de divulgação científica na mídia têm sido espaços privilegiados para o anúncio de novidades, novos produtos e descobertas. A apresentação de produtos e materiais mais eficientes⁹¹ e inteligentes foi a principal promessa difundida nas reportagens analisadas, ora em tom realista, ora futurista. Esses produtos são resultado da exploração das propriedades que a matéria exhibe em nanoescala e apelam para uma vida cotidiana facilitada.

Entre os produtos mais eficientes, a série “Universo Nano” citou, no mercado nacional: o curativo inteligente, que impede a infecção por bactérias; os difusores aromáticos, destinados a criar “fantasias olfativas” para aumentar as vendas; as embalagens que prolongam a vida útil do alimento; o secador de cabelos que filtra o ar (DUARTE; ARAÚJO, 2009b). No mercado estrangeiro, sobretudo do Japão, sobressaem: o umidificador que limpa o rosto e previne o envelhecimento; o aparelho de barbear que corta o pêlo mais profundamente; o creme dental que aumenta proteção contra cáries (KOVALICK; SUZUKI, 2009). Entre os produtos mais futuristas estão a televisão com espessura de 3mm (inferior a de uma moeda) e a “televisão que dobra”, com espessura inferior a um milímetro, mas que ainda não reproduz imagens em movimento (KOVALICK; SUZUKI, 2009).

Essa característica na divulgação científica também foi observada por Invernizzi e Cavichiolo (2009) no conjunto dos meios analisados. Inúmeros produtos novos foram mencionados, como: automóveis econômicos com pinturas que se autopreservam, vidros que limpam sozinhos e mudam de cor conforme o ambiente,

⁹⁰ Uma frase de efeito referente ao mesmo conteúdo foi empregada para apresentar a nanotecnologia na Revista *Época*: “esperança para o tratamento de enfermidades devastadoras como câncer e Aids”. (*ÉPOCA*, n. 345, 27 dez. 2004, p. 68, *apud* INVERNIZZI; CAVICHIOLO, 2009, p. 154).

⁹¹ Eficiência não é sinônimo de efetividade. Eficiência técnica tem a ver com produtividade e, nesse sentido, com a relação custo-benefício e tudo o que ela contém. A ideia de eficiência, nesse caso, expressa a visão linear de que todo “progresso científico-tecnológico” leva a uma melhoria real, inexorável e efetiva da vida humana independente das aplicações e das condições de vida das pessoas, estas últimas determinantes da efetividade dos novos produtos.

tecidos antibacterianos que não precisam ser lavados nem passados, roupas que poderiam liberar doses de remédios para diabetes ou anti-stress, biquínis sensíveis ao calor (que mudam de cor quando a exposição ao Sol começa a passar do recomendado), e outros.

Em segundo lugar, nas reportagens analisadas, está a promessa da saúde e qualidade de vida. Os nanorrobôs, pequenos aparelhos nanotecnológicos capazes de circular pelo corpo humano para detectar e/ou tratar enfermidades tiveram destaque, num misto de visão de futuro e de realidade. Segundo Losekann e Gilz (2009) “alguns nanoequipamentos já conseguem ingressar no corpo para combater doenças, principalmente o câncer, agindo diretamente no núcleo das células”. Também destacam os planos dos “inventores”⁹² ingleses em utilizar nanorrobôs para destruir células cancerosas ou infectadas por vírus, bem como regenerar tecidos. Segundo a reportagem, os cientistas prevêm, em tese, a cura da AIDS, doença para a qual ainda não existe vacina. A potencial passagem da falta de vacina para a cura da doença dá uma dimensão da extensão da promessa e do tom futurista. Nesta reportagem, os benefícios para a saúde humana aparecem num misto de realidade e expectativas. Kovalick e Suzuki (2009), por sua vez, destacam que em um hospital de Tóquio já é utilizado um comprimido-câmera que permite diagnosticar alguns tipos de câncer que passariam despercebidos nos exames tradicionais, sem fazer menção ao uso de nanorrobôs para o tratamento da doença.

As narrativas de futuras inovações na medicina costumam ser ilustradas com imagens de nanorrobôs e mini-submarinos que navegam pelo corpo humano, diagnosticando e tratando doenças, aspecto que segundo Lösch (2006) é comum na divulgação científica. Na série, a narrativa ficcional é empregada como suporte à informativa:

Na ficção, uma nave e seu tripulante são nanoreduzidos até caberem dentro das veias de uma pessoa. No filme ‘Viagem Insólita’, a nave faz uma jornada pela corrente sanguínea e percorre órgãos do corpo. No mundo real, é improvável que a nanotecnologia chegue tão longe, mas na medicina os resultados já são concretos há muito tempo. O princípio ativo dos remédios é um exemplo. As nanopartículas dos medicamentos formam os

⁹² MacKenzie e Wajcmann (1996) afirmam, com todo respeito aos inventores, que a invenção não é algo como uma “pronta inspiração”, mas um trabalho essencialmente coletivo. Também segundo Rosenberg (2006, p. 69), “para Marx, invenção e inovação, não menos que outras atividades socioeconômicas, eram mais bem analisadas como processos sociais do que como lampejos inspirados de genialidade individual”, ou seja, Marx entendia que a mudança tecnológica é um processo social que envolve os ambientes institucional e econômico.

comprimidos, usados no combate às mais diversas doenças (LOSEKANN; GILZ, 2009).

A narração faz referência ao filme *Viagem Insólita*⁹³ (1987). Vale lembrar que a visão de nanorrobôs foi a visão de futuro mais citada nos artigos da mídia impressa analisados por Invernizzi e Cavichiolo (2009).

As narrativas do tipo *before-and-after model* (MARX; SMITH, 1996) também estão presentes nas reportagens. São narrativas que atribuem poder à tecnologia como agente autônomo da história; quase-fábulas baseadas no “antes-e-depois” de certos desenvolvimentos tecnológicos⁹⁴. Um exemplo é a afirmação de que os nanorrobôs poderiam “agir onde medicamentos convencionais – baseados somente em química – não conseguem ser eficientes ou são muito demorados”; outro é que “em teoria, nanorrobôs poderiam ser introduzidos no corpo por via oral ou intravenosa com a missão de identificar e destruir as células cancerosas ou infectadas por vírus”. (LOSEKANN; GILZ, 2009).

Estas são narrativas que reforçam o caráter espetacular das descobertas científicas e fazem propaganda da ideia da ciência. Teixeira (2002) caracteriza esse tipo de divulgação como sensacionalista e explica que essa prática se deve em boa medida à visão difundida entre jornalistas de que provocar sensações é requisito da produção da notícia.

A terceira promessa é a de desenvolvimento econômico e competitividade, sendo a nanotecnologia considerada um diferencial competitivo para as empresas. Segundo Kovalick e Suzuki (2009), no Japão: “O nano já está bem à mostra, para atrair o consumidor. Virou uma obsessão para empresas japonesas, um jeito de dizer ‘o nosso produto faz coisas que o da concorrência não faz’”. Desse modo, a promessa de competitividade se iguala com a de desenvolvimento econômico e

⁹³ No filme, o piloto Tuck (Dennis Quaid) participa de um projeto secreto de miniaturização que injetará sua nave dentro do corpo de um coelho. Porém, no dia do experimento, traficantes de tecnologia causam um tumulto e o veículo acaba sendo introduzido, acidentalmente, dentro do corpo do hipocondríaco Jack (Martin Short). Juntos, os dois perseguem os vilões, tentam recuperar o *chip* de aumento e garantir que Tuck volte ao tamanho inicial antes que seu oxigênio acabe. Para isso os dois contam com a ajuda de Lydia (Meg Ryan) que é namorada do piloto. A obra foi inspirada no clássico da ficção científica “Viagem Fantástica” (1966).

⁹⁴ Os autores citam como exemplos as narrativas: 1) o antes e depois da bússola e de outros instrumentos de navegação (antes, os europeus conheceram pouco ou nada do Ocidente; e depois, Colombo e seus companheiros puderam cruzar o Atlântico, conhecer e conquistar rapidamente um novo mundo); 2) a narrativa de que o desenvolvimento da mídia impressa seria possível por causa da Reforma (antes, poucas pessoas além do clero podiam ler a Bíblia e, depois, muitos).

qualidade de vida, sem discutir quem terá acesso a esses novos produtos, quando ou se eles virão realmente.

Por último, a quarta promessa é a de preservação ambiental. Os materiais inteligentes poderiam resolver algumas ameaças ao meio ambiente: “O óleo se derrama sobre a água. Como retirá-lo? Basta jogar em cima da mancha de óleo nanopartículas magnéticas. Em seguida, com a ajuda de um ímã, todo o óleo e as nanopartículas são retiradas da água rapidamente” (DUARTE; ARAÚJO, 2009b). Do modo como a narrativa é formulada, essas aplicações parecem ser uma realidade, mas pelo que se sabe, no Brasil esse artefato tecnológico ainda se encontra em fase de desenvolvimento, não estando pronto para aplicação.

A promessa de preservação do meio ambiente também foi uma das ênfases da reportagem de Gomes (2009b). Nela, é apresentado algo que se parece com um sachê de chá e que possui em seu interior um nanossensor que mede a qualidade da água. O sachê é colocado numa amostra de água. O cientista entrevistado, professor Petrus Santa Cruz, do Departamento de Química da Universidade Federal de Pernambuco, explica o funcionamento do elemento dentro do “saquinho de chá”:

O que normalmente o saquinho de chá convencional faz é liberar produtos químicos para você sentir o gosto do chá. Aqui é o contrário: a água vai ser absorvida pelo saquinho, ou seja, o saquinho de chá vai beber a água contaminada ou não e vai nos permitir saber se essa água é própria ou não para o consumo humano.

Nesse caso, a referência ao saquinho de chá funciona como um recurso didático para explicar o novo dispositivo, ao mesmo tempo em que remete às narrativas do tipo “antes-e-depois”. A explicação tem continuidade com um diálogo entre o jornalista e o cientista, que explicam o funcionamento do artefato e a produção de informações a partir do mesmo. A reportagem expressa com bastante clareza que o sensor ainda está em desenvolvimento e que por enquanto só capta metais, como o ferro, explicitando os limites encontrados pelos próprios cientistas. Porém, em pouco tempo, segundo os pesquisadores, o nanossensor poderá detectar todo tipo de poluentes, inclusive esgotos, e será acessível a grandes prédios e condomínios (GOMES, 2009b)⁹⁵.

⁹⁵ A reportagem também mostrou formas de contaminação comuns da caixa d’água, como por folhas e outros materiais orgânicos; formas de evitar essa contaminação (por exemplo, manter a caixa tampada) e; como realizar a limpeza da caixa d’água. Desse modo, a questão da qualidade da água foi abordada sob o ponto de vista das tecnologias convencionais e de ponta.

O mesmo experimento do “saquinho de chá” pode, em tese, ser utilizado com adaptações em locais como rios às margens de grandes regiões industriais com o objetivo de identificar acidentes com produtos químicos e óleo no estágio inicial e comunicar os responsáveis para adotarem medidas de controle dos poluentes e evitarem maiores prejuízos financeiros e ambientais. No lugar do “saquinho de chá” o nanossensor ficaria numa fibra ótica no rio monitorando as águas permanentemente.

Essas promessas podem estar associadas à necessidade dos cientistas em obter apoio e fomento para a sua agenda de pesquisa e articulam-se com os temas de maior interesse do público, a medicina e o meio ambiente, conforme resultados da enquete do MCT (2011).

Em relação às categorias selecionadas de Stephens (2005), apesar de não ter sido valorada diretamente uma relação entre riscos e benefícios, já que não foi feita nenhuma menção a riscos, sobressai um sentimento de que os benefícios superam os riscos, pois apenas benefícios foram salientados. Também não foram abordadas possíveis implicações legais, sociais e éticas da nanotecnologia para a sociedade, a saúde e o meio ambiente. As limitações encontradas no desenvolvimento da nanotecnologia são apresentadas como provisórias pelos cientistas e engenheiros entrevistados, o que se caracteriza como parte do modelo de déficit de divulgação da C&T. Notadamente, esses são limites a serem superados pelo jornalismo científico para se alcançar um maior equilíbrio e uma maior qualidade na divulgação da ciência ao público e, conseqüentemente, na formação do público em C&T.

Cabe salientar, à luz dos ESCT, que essas constatações parecem confirmar a presença das ideias de neutralidade, salvacionismo e autonomia da C&T, reproduzindo em novas bases discursos históricos sobre C&T. No entanto, segundo Bazzo (2011), a tecnologia não é um empreendimento autônomo e neutro, mas que têm lugar em contextos configurados, que integra elementos materiais (como ferramentas e máquinas) e não-materiais (como conhecimentos, comunicação e saber fazer), tem relações com fatores e estruturas econômicas, políticas e culturais, assim como com a ciência, a técnica e a sociedade.

CONCLUSÕES

Os principais resultados indicam que as reportagens sobre nanotecnologia exibidas em seções de C&T no telejornal *Bom Dia Brasil*, de 2008 a 2010, apresentam duas definições de nanotecnologia, uma em relação à escala métrica – nano é um bilhão de vezes menor que um metro, escala em que a matéria exhibe comportamentos particulares, e outra em relação à biologia – os arranjos em nanoescala e as particulares propriedades que a matéria exhibe nessa escala existem na natureza, e constituem a essência das “máquinas” que tornam possível seu funcionamento.

Desse modo, sobressai nas reportagens a descrição física de objetos materiais, ou seja, o termo nanotecnologia é bastante comprometido com uma percepção artefactual de tecnologia, não se referindo à rede sociotécnica que constitui os objetos. A divulgação do *Bom Dia Brasil* conceitua a nanotecnologia, portanto, apenas como uma pequena parcela do que ela é.

Embora se destaque nas reportagens analisadas a novidade da nanotecnologia em termos da capacidade de explorar a nanoescala com o auxílio de novos artefatos tecnológicos, a ideia de continuidade é reforçada ao apresentar exemplos de materiais desenhados há milhares de anos que exploram o comportamento da matéria em nanoescala. Dessa forma, as definições propostas tendem a enfatizar a ideia neutra de escala, a ausência de novidade, e o caráter natural dos nanoartefatos, ainda que projetados e construídos pelo homem, associando o natural como intrinsecamente benéfico e apresentando os princípios de funcionamento dos nanoartefatos como algo já provado, tanto pela natureza como pelo homem.

No contexto de prévios conflitos em torno a tecnologias emergentes, essas ideias contribuem para formar uma percepção pública da nanotecnologia como segura e neutra, enfrentando eventuais argumentos de que seu desenvolvimento possa estar mais ligado aos interesses de alguns grupos sociais ou que possa comportar riscos. Com isso não pretendemos limitar sua criação e nem afirmar que não se esteja gerando produtos relevantes para necessidades locais. Queremos ressaltar que é possível refletir sobre a pertinência e necessidades daquilo que está sendo criado e, se a tecnologia for entendida como constructo social, redirecioná-la

(se for o caso) para que possa contribuir mais efetivamente para o desenvolvimento social e humano.

As implicações da conceituação de nanotecnologia para a educação precisam ser discutidas. Observamos que os grupos sociais relevantes que tiveram voz nos programas, como jornalistas, empresários e cientistas de áreas exatas e engenharias, aparecem envolvidos com ideias hegemônicas e recorrentes sobre C&T, empoderando alguns grupos (ou nós) da rede sociotécnica que constitui a nanotecnologia e endossando seus posicionamentos. Fica claro que não são divulgadas questões controversas (posições assumidas por grupos relevantes ausentes nas reportagens analisadas), que poderiam conformar uma informação mais completa sobre o assunto e, em última instância, gerar o envolvimento de grupos sociais relevantes portadores de ideias contra hegemônicas. Dessa forma resulta prejudicada a cidadania sociotécnica, ou seja, o exercício de poder por parte de grupos sociais engajados em perspectivas distintas das apresentadas. Resta suprimida ou anulada a possibilidade de discussão, diálogo, debate e decisão coletiva (do conjunto de grupos relevantes) sobre nanotecnologia, característica do modelo de déficit.

A cautela nas definições (no sentido de evitar divergências) contrasta com as narrativas de progresso tecnológico, através de imagens que combinam representações de objetos e cenários simultaneamente familiares e estranhos – como os nanorrobôs navegando pelo corpo humano – e pelas narrativas futuristas e ficcionais. As narrativas informativas frequentemente são do tipo *before-and-after model*, constituindo-se em quase-fábulas científicas e reafirmando a inexorabilidade e suposta neutralidade do progresso tecnológico. São exemplos desse tipo de narrativa que os produtos agora são mais inteligentes e eficientes que os de antes; os diagnósticos e tratamentos de doenças contam com tecnologias mais sofisticadas e precisas que antes; os desastres ambientais podem ser resolvidos mais agilmente que antes; entre outras.

Desse modo, o *Bom Dia Brasil* informa o telespectador sobre as inovações nanotecnológicas e explicita um grande interesse de empresários no desenvolvimento e na comercialização de novos produtos com alto valor agregado. Também ressalta os benefícios que as inovações poderão trazer para a saúde – como o diagnóstico de câncer com nanossensores e o tratamento da doença com drogas que agem diretamente nas células doentes e evitam efeitos colaterais – e o

meio ambiente – como a identificação de poluentes industriais nos rios em estágio inicial de contaminação e a despoluição de rios contaminados com óleo.

Concluimos que o telejornal educa conceituando a nova tecnologia, contextualizando-a em relação às tecnologias já conhecidas e formando opiniões. Essa educação, do ponto de vista “clássico” – na perspectiva de Saviani –, apresenta limitações de ordem conceitual e analítica, pois as definições são simplificadas – não articulam as controvérsias existentes no campo de pesquisa – e sobressaem as promessas e aplicações, sem qualquer discussão de riscos ou implicações da nanotecnologia para a sociedade, a saúde ou o meio ambiente, todos esses aspectos sobre os quais também há pesquisas científicas disponíveis no Brasil e no exterior. Em termos discursivos, isso representa uma recorrência histórica (ênfase no progresso científico-tecnológico) e um esquecimento (das controvérsias), ambos aspectos de uma percepção ideológica dominante.

As limitações encontradas no desenvolvimento da nanotecnologia são apresentadas como provisórias pelos cientistas e engenheiros entrevistados, aspecto característico do modelo de déficit de comunicação da C&T. Apesar de não ter sido valorada diretamente uma relação entre riscos e benefícios, sobressai um sentimento de que os benefícios superam os riscos, pois apenas benefícios foram salientados. Não foram abordados riscos e possíveis implicações legais, sociais e éticas da nanotecnologia para a sociedade, a saúde e o meio ambiente. Esse desequilíbrio na abordagem da nanotecnologia evidencia que as diversas dimensões das relações entre ciência-tecnologia-sociedade estão praticamente ausentes na mídia estudada e aponta para o desafio da melhoria da qualidade da divulgação científica.

5 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO JORNAL: NANOTECNOLOGIA NA *FOLHA DE S. PAULO*, 2008-2010

Neste capítulo analisaremos o conteúdo sobre nanotecnologia difundido por um meio de comunicação impresso, também disponível em versão digital, especificamente o jornal *Folha de S. Paulo*. Trata-se, portanto, de uma pesquisa hemerográfica de natureza qualitativa e quantitativa que se orienta pela abordagem da análise de conteúdo, cujos fundamentos foram apresentados na introdução geral da tese.

O período de análise é 2008 a 2010, com o propósito de acompanhar a divulgação sobre esta área tecnocientífica que, ao longo de toda a década, tem recebido amplos incentivos na política de CT&I do país. O período de análise segue ao da pesquisa realizada por Invernizzi e Cavichiolo (2009) que abrangeu os anos 2002 a 2007, período correspondente à elaboração e implementação inicial das políticas de CT&I em nanotecnologia.

A escolha da *Folha de S. Paulo* se justifica pelo fato de que de 2002 a 2009 foi o jornal mais vendido do Brasil. No ano de 2010 a *Folha* foi superada em 1203 vendas pelo *Super Notícia*, do Estado de Minas Gerais, um jornal significativamente mais barato (ANJ, 2011). Além disso, a *Folha* afirma ter sido o primeiro jornal do país a ter versão *online*, a *Folha.com*, e conta sistematicamente com seções destinadas à ciência – a *Folha Ciência* e a seção + (c)iência – objeto de nosso interesse. É importante lembrar que este jornal é uma das várias publicações do *Grupo Folha*, que é um dos quatro maiores grupos de mídia do país e está articulado ao *Instituto Millenium*, já apresentado no capítulo 1.

No caso do jornal impresso, segundo a própria *Folha de S. Paulo*, 41% dos leitores integram a classe A, contra 3% na população em geral. Três quartos possuem graduação e 24% também a pós-graduação; no país o índice é de 13% e 2%, respectivamente (FOLHA DE S. PAULO, 2011).

O presente capítulo subdivide-se em duas seções: uma revisão de literatura sobre as características da divulgação científica na mídia impressa e a análise das matérias sobre nanotecnologia publicadas pela *Folha de S. Paulo*. Esta análise está subdividida em quatro partes: análise do gênero de divulgação científica, da visão de

nanotecnologia, das definições de nanotecnologia e por fim suas promessas, aplicações, riscos e aspectos ELSI. Fechamos com as conclusões do capítulo.

5.1 CARACTERÍSTICAS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM JORNAL

O jornal expõe os dados sobre os entrevistados, os responsáveis pela matéria e as fontes das imagens de uma forma mais permanente e menos volátil que a televisão, em que essas informações passam em segundos. Com isso o leitor pode retomar a informação quando desejar. Nos últimos anos as editoras dos jornais vêm ampliando suas estratégias de aproximação com o leitor e as estratégias que possam ampliar a interação entre usuários, com a criação de páginas na internet e edições digitais. A *Folha de S. Paulo* captou cedo essa tendência e criou a *Folha.com*, de acesso livre até o limite de 40 leituras por mês, e a edição digital, disponível para assinantes com a totalidade dos conteúdos assinados⁹⁶.

Nos jornais impressos (e em suas edições digitais) é comum a utilização de *recursos didáticos*, uma analogia entre comunicação e pedagogia, para estimular o interesse do leitor, motivar a leitura e facilitar a compreensão de mensagens difíceis de serem entendidas. Um exemplo é a infografia, que abrange instrumentos que procuram transmitir informações de forma clara, objetiva, precisa e sintética, focando na informação mais significativa ou central do texto escrito. São exemplos de infográficos os gráficos, mapas, tabelas e diagramas. Frequentemente os infogramas são lidos antes do texto propriamente dito ou pode acontecer também que seja lido apenas o infograma. A característica principal de um infograma é a combinação de elementos escritos e visuais, sua interdependência em relação ao texto e a possibilidade de ser combinado com a fotografia. Sua estrutura completa é composta por: um título que procura sintetizar o conteúdo, textos curtos que

⁹⁶ No caso específico da leitura do jornal em meios digitais, como a internet, o leitor tem mais possibilidades de selecionar informações (GADOTTI, 2007). A grande vantagem dos textos *online* são os recursos de hipertexto, em que se pode remeter o leitor, por exemplo, à versão original de um trabalho comentado, como faz o jornalista Marcelo Leite em textos de seu blog *Ciência em Dia*. Outra vantagem é a maior circulação do conteúdo nas redes sociais. A partir da *Folha.com*, além de enviar notícias por e-mail, é possível recomendar a leitura para amigos das redes sociais, entre elas o *facebook* e *twitter*. A *Folha.com* tem a sua própria página nessas redes sociais, possibilitando maior interação com os leitores. Já a partir da edição digital é possível indicar matérias a amigos, que passam a ter acesso apenas à página indicada e fazer pesquisas sobre edições passadas.

explicam o quadro, corpo – a informação visual, a fonte que apresente a origem da informação e os créditos (autores da configuração e da investigação) (LETURIA, 1998). A isso se somam as fotografias, representações mais próximas do real como “recortes” do real, e as imagens ou desenhos obtidos a partir dos instrumentos de laboratório.

Outro recurso bastante utilizado são as metáforas, figura de linguagem que causa efeitos pelo jogo de palavras, em que uma palavra adquire uma significação conotativa, diferente da denotativa, por meio da comparação entre os dois sentidos que interagem entre si. Esses sentidos são denominados por Lakoff (1993, *apud* Zamponi, 2009) como **domínio-alvo**, o domínio que se deseja explicar (por exemplo, a vida, na metáfora “A vida é uma viagem”) e **domínio-fonte**, o domínio que possui um significado adequado a este fim (no exemplo, o domínio viagem). Esses domínios podem ser o núcleo de um conjunto de palavras relacionadas. De acordo com Zamponi (2009), houve uma mudança de paradigma nos estudos sobre a metáfora a partir dos anos 1970, rompendo-se com a concepção de metáfora como ornamento linguístico e retórico, e passando-se a concebê-la como fenômeno central no pensamento e na linguagem para produzir sentido em diferentes linguagens, inclusive na linguagem científica.

A metáfora impregna a vida cotidiana na linguagem, no pensamento e na ação, mesmo que nem sempre sejamos conscientes disso, ou seja, a metáfora representa um conceito. A sua essência é “entender e experimentar um tipo de coisa em termos de outra” (LAKOFF; JOHNSON, 2007, p. 41)⁹⁷. Uma discussão e uma guerra são coisas de diferentes tipos (discursos verbais e conflitos armados, respectivamente) e correspondem a ações distintas, mas uma discussão pode ser escrita em termos bélicos pela correspondência com o conceito de discussão em si, por exemplo, na metáfora conceitual “Uma discussão é uma guerra”, e na expressão “*Atacou todos os pontos fracos* de meu argumento”. Como a comunicação se baseia no mesmo sistema conceitual do pensamento e da ação, a metáfora é expressão desse sistema. Nossa compreensão da natureza ou o nosso raciocínio científico é permeado por processos cognitivos metafóricos, destacam Lakoff e Johnson (2007), em seu livro “*Metaphors we live by*” (Metáforas da vida cotidiana) publicado originalmente em 1980. Os autores explicam que ao mediarem nossa compreensão

⁹⁷ “La esencia de la metáfora es entender y experimentar un tipo de cosa en términos de otra” (LAKOFF E JOHNSON, 2007, p. 41).

das experiências, as metáforas geralmente ocorrem em sistemas completos que utilizam expressões linguísticas metafóricas de uma área comum.

A função principal das metáforas na popularização da ciência é recontextualizar o conhecimento especializado, isto é, explicar a teoria de modo que seja compreendida pelos diferentes perfis de leitores. Nesse sentido, o gênero de popularização da ciência não se presta à mera “tradução” do conhecimento científico. Cabe destacar que as metáforas também são utilizadas na construção teórica especializada, como é o caso de “Via Láctea” (ZAMPONI, 2009). A hipótese da autora é que as metáforas tendem a se estabilizar em determinada comunidade discursiva. Nesse sentido buscamos identificar nas matérias analisadas se as metáforas estão presentes no gênero da popularização da ciência.

Em relação às narrativas empregadas nas matérias, Marx e Smith (1996) afirmam que frequentemente são do tipo que denominam “modelo do antes-e-depois” (*before-and-after model*), narrativas que atribuem autonomia à tecnologia, como se fossem neutras. Segundo os autores, também é comum o título de um texto de jornal apresentar a ideia de que a tecnologia avança constantemente com amplo poder para determinar o curso dos acontecimentos, ou seja, a visão de que as mudanças tecnológicas conformam e limitam as escolhas humanas sobre o próprio desenvolvimento tecnológico.

Também para MacKenzie e Wajcman (1996), essa noção de que as tecnologias mudam (por causa do avanço científico ou segundo sua própria lógica) e então causam efeitos na sociedade, remete ao que se chama determinismo tecnológico, concepção que considera que a tecnologia se encontra entre as mais poderosas forças que moldam a sociedade. Frente à perspectiva dominante do determinismo, que enxerga a relação tecnologia-sociedade em uma direção única, o conceito de rede sociotécnica, discutido anteriormente, nos permite compreender as complexas relações que interferem no processo de mudança tecnológica.

As imagens e fotografias também são frequentes em textos jornalísticos, podendo representar objetos conhecidos, retratados ou representados com auxílio de instrumentos ou, como aponta Lösch (2006), imagens futuristas ou visionárias que constituem protótipos do que os cientistas pretendem obter (vide 3.4.1).

5.2 ESTUDO DE CASO – FOLHA DE S. PAULO

Para a obtenção das matérias objeto de análise foram verificadas as seções *Folha Ciência*, coluna diária no *Primeiro Caderno*, e do + (c)iência, que estava no *Caderno Mais!*, suplemento editado aos domingos e extinto na segunda quinzena de maio de 2010 no contexto de uma reformulação editorial e gráfica do Jornal. Foram analisadas todas as edições do período definido. Muito embora o jornal possa ter publicado assuntos sobre nanotecnologia em outras seções (Mercado e Cotidiano, por exemplo) o objetivo foi centrar a busca naqueles espaços que se propõem especificamente a divulgar temas de ciência e tecnologia. As mudanças no Jornal visaram, entre outras coisas, integrar o jornal impresso com a *Folha.com*, resultando na integração ou unificação da redação da Folha impressa e online (FOLHA DE S. PAULO, 2010a).

O documentário “O jornal do futuro”⁹⁸, dirigido por Andrade (2010), retrata os bastidores dessas mudanças. Em suma, o vídeo revela o projeto de um jornal que, segundo depoimento do diretor de redação Otavio Frias Filho, seja ao mesmo tempo sintético e analítico: por um lado um noticiário “*commodity*”, termo empregado pelo diretor e que significa mercadoria, um bem ou nesse caso um serviço, expresso em mercadoria (o jornal), para o qual existe procura sem diferenciação de qualidade no conjunto dos mercados, ou seja, um produto padronizado; por outro lado, alguns textos mais longos e analíticos para cerca de 25% de leitores mais exigentes. Um dos argumentos ora defendido, ora contestado no documentário, é que essas mudanças se fazem necessárias para concorrer com as demais mídias, notadamente a internet, para atender um leitor ávido por informações condensadas.

No caso das seções de ciência, como veremos adiante, as mudanças significaram perdas de conteúdo, em termos de quantidade e qualidade. A diferenciação substantiva de conteúdo no conjunto das matérias analisadas estava justamente na seção *Mais Ciência*: são dessa seção os poucos textos que discutem implicações legais, sociais e éticas e riscos das nanotecnologias, assuntos que, por dedução, interessam aos leitores mais exigentes e informados. Os assuntos “*commodity*”, veremos, são as promessas associadas à nanotecnologia, como

⁹⁸ Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/institucional/813932-documentario-revela-bastidores-das-mudancas-na-folha.shtml>>. Acesso em: 04 ago. 2012.

competitividade industrial e benefícios para a saúde e qualidade de vida, que estão entre os destaques da *Folha Ciência* no período analisado, o que não exclui a possibilidade de uma mudança no teor dos conteúdos dessa página no período posterior. Em linha com essas observações, certamente não foi por acaso que a seção Ciência sofreu nova alteração posteriormente, passando para “Ciência + Saúde”.

Nessas mudanças foi suprimida do jornal impresso a coluna do jornalista Marcelo Leite na seção + (c)iência, coluna originalmente denominada *Ciência em Dia* (LEITE, 2010b). Segundo Leite (2010b, p. 7): “A coluna ganha um avatar no mundo virtual, mais precisamente na *Folha Online*, com periodicidade e data de publicação ainda por definir”. A partir de 26 de maio de 2010 o jornalista escreveu às quartas-feiras na *Folha Online (Folha.com)*, na coluna *Marcelo Leite* ou blog *Ciência em Dia*⁹⁹. Verificamos as matérias desse espaço virtual no período de 26 de maio a 31 de dezembro de 2010, e localizamos um artigo sobre nanotecnologia (LEITE, 2010c). Marcelo Gleiser, que também escrevia na seção + (c)iência, passou a publicar apenas na *Folha Ciência* e, a partir de agosto de 2011, em coluna de seu nome¹⁰⁰. Já na seção *Ciência* foi criado um espaço denominado [+]*saiba mais*, com pequenos textos que acompanham os artigos principais sobre ciência, em geral com curiosidades ou informações adicionais complementares. Em maio de 2009 foi criado também o blog *Laboratório*¹⁰¹ que complementa a página de ciência da *Folha* e discute temas de ciência, ambiente, tecnologia e medicina. Verificamos os conteúdos desse blog no período que vai da sua criação até o final do ano de 2010 e encontramos uma matéria com o termo nanotecnologia (RIGHETTI, 2010a), mas que não trata desse tema como conteúdo central.

O primeiro critério adotado para a seleção das matérias foi que o artigo tivesse no título ou no texto o prefixo “nano”, a forma como geralmente são referidas as informações a respeito, ainda que os conteúdos sobre nanociência e nanotecnologia possam ser ditos com outras palavras¹⁰². A partir desse critério foram localizadas 25 matérias. O segundo critério foi que o texto abordasse a pesquisa ou desenvolvimento da nanotecnologia como assunto relevante. Com base

⁹⁹ Disponível em: <<http://cienciaemdia.folha.blog.uol.com.br/listArchive.html>>. Acesso em: 12 out. 2011.

¹⁰⁰ Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/colunas/marcelogleiser/>>. Acesso em: 31 jul. 2012.

¹⁰¹ Disponível em: <<http://laboratorio.folha.blog.uol.com.br>>. Acesso em: 12 out. 2011.

¹⁰² Exemplos de termos que se referem à escala nano, sem conter o prefixo nano: spintrônica, optoeletrônica, NEMS, *quantum dots*, fios quânticos, fulereno, grafeno etc..

nesse critério foram eliminados três artigos que não abordam diretamente a nanotecnologia, especificamente o de Gleiser (2008), da Folha (2009b) e de Righetti (2010a). O terceiro critério aplicado foi que os textos fossem comparáveis em grau de importância nas respectivas seções, resultando na exclusão de mais dois artigos, os da seção *Ciência [+] saiba mais*, muito curtos e de caráter complementar e acessório: o artigo de Angelo (2009), complementar ao artigo de Bombig (2009) e o da Folha (2008d) complementar ao de Garcia (2008b). Pelo seu caráter acessório nos referiremos oportunamente aos mesmos por ocasião da referência aos artigos de caráter principal que acompanham.

Desse modo, dos 25 artigos localizados conforme o primeiro critério, apenas 20 foram mantidos após a aplicação do segundo e terceiro critérios. Quanto aos blogs da *Folha.com*, como há apenas uma matéria que atenderia aos critérios anteriores, esta foi deixada de fora da análise, visto que a falta de atenção ao tema nesse espaço não justifica inserir na análise uma nova modalidade de comunicação. Contudo, em relação ao blog, e também às possibilidades da *Folha Ciência Online*, é pertinente observar que pode haver uma reconfiguração dos espaços de divulgação, através dos espaços virtuais, no sentido de permitir mais interação com o público, que pode compartilhar e comentar as matérias. Esse fato se constitui em assunto a ser mais pesquisado futuramente. Em suma, resultaram 19 artigos para análise: 10 artigos (53% do total) no ano de 2008, quatro (21% do total) no ano de 2009 e cinco (26% do total) no ano de 2010, conforme o Gráfico 1:

Gráfico 1 - Número de artigos sobre nanotecnologia na *Folha de S. Paulo*, 2008-2010



Fonte: Elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

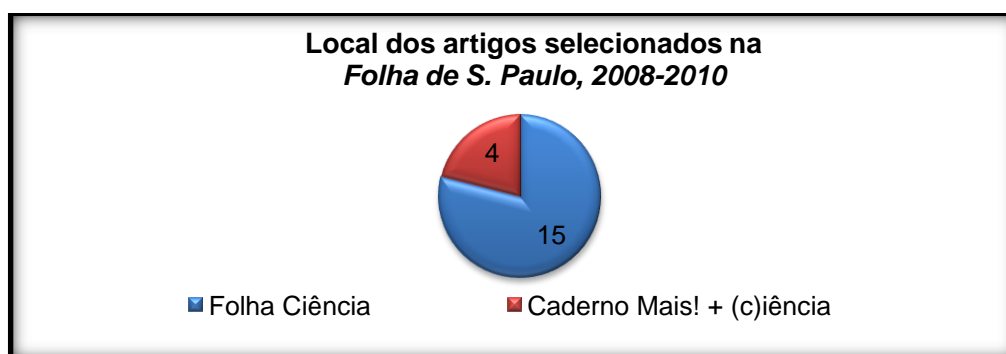
Entre os possíveis motivos para o baixo número de matérias sobre nanotecnologia em 2009 está o fato de que as seções de Ciência foram tomadas predominantemente por alguns temas-chave: paleontologia, como a origem dos dinossauros e detalhes sobre várias espécies obtidas em descobertas científicas; a confirmação de água na Lua e de moléculas orgânicas fora do sistema solar; a 15ª Conferência sobre Mudança Climática (COP-15), em Copenhague; os reparos no telescópio espacial Hubble e as imagens do espaço captadas com ele e; o religamento do maior acelerador de partículas do mundo com o objetivo de recriar o ambiente do Universo em instantes posteriores ao *Big Bang* e de obter informações sobre a formação do Universo e sobre teorias da Física (FOLHA de S. PAULO, 2009c).

No ano de 2010 alguns desses temas continuaram em pauta, como as pesquisas astronômicas, os experimentos com o acelerador de partículas LHC (sigla em inglês de Grande Colisor de Hádrons) e aquecimento global, com análises sobre os resultados da COP-15. Além desses, tiveram destaque conteúdos relacionados com o sequenciamento de DNA, sismologia (em virtude de terremoto no Haiti), a destruição parcial do acervo do Instituto Butantan durante incêndio e pesquisas para desenvolvimento de vacina contra a Aids (FOLHA DE S. PAULO, 2010b). Em maio desse ano, com a reforma gráfica do jornal, foi extinta a seção *+(c)iência* no *Caderno Mais*, mas essa mudança, embora contribua, não é a principal responsável pela redução significativa nos anos de 2009 e 2010, pois em cada um desses anos a seção publicou um artigo sobre nanotecnologia, ao passo em que publicou dois artigos em 2008.

Os artigos selecionados para análise ocupam os seguintes espaços no jornal: 15 estão na seção *Ciência* e quatro no *Caderno Mais! + (c)iência*. Como se observa no Gráfico 2, o espaço privilegiado para a divulgação da ciência no período de 2008 a 2010 foi a *Folha Ciência*. Em uma observação mais atenta, nota-se a importância das matérias sobre nanotecnologia apresentadas nessa seção, que em geral ocuparam a posição de matéria principal, conforme Gráfico 3.

Do total de 15 matérias sobre nanotecnologia publicadas na *Folha Ciência*, dois terços (67%) ocupam a posição de matéria principal¹⁰³. As demais cinco matérias (33%) ocupam posição secundária na página.

¹⁰³ Destas, duas são acompanhadas por textos na coluna *[+] saiba mais*.

Gráfico 2 - Local dos artigos selecionados na *Folha de S. Paulo*, 2008-2010

Fonte: Elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

Gráfico 3 - Posição dos artigos sobre nanotecnologia na *Folha Ciência*, 2008-2010

Fonte: Elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

Depois de selecionadas as matérias foi feita uma síntese de cada uma (vide Quadro 4), seguida de análise conforme o roteiro indicado no Quadro 1 (vide introdução da tese).

Quanto à autoria dos artigos, pelo menos nove profissionais diferentes redigiram os 19 textos. A maior proporção foi assinada pelo jornalista científico Marcelo Leite, com quatro matérias e pela Redação ou Reportagem Local¹⁰⁴, também com quatro matérias e; as demais por jornalistas individuais, integrantes ou não da Reportagem Local, alguns especializados em jornalismo científico ou graduados na ciência sobre a qual escrevem.

¹⁰⁴ Integrada por Rafael Garcia, Ricardo Bonalume Neto, Afra Balazina entre outros jornalistas.

Quadro 4 - Síntese das matérias da *Folha de S. Paulo*, 2008-2010, que são objeto de análise

(continua)

Nº	Autor, data e página	Título	Seção	Tema Central
01	Da Redação 10 jan. 2008, p. A14.	Nanofio de silício captura calor para gerar energia: princípio poderá ser usado para evitar perda energética na queima de combustíveis.	Folha Ciência	Cientistas usaram nanofios de silício para produzir energia a partir da captura de calor desperdiçado na queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural). O experimento ainda está longe de aplicação prática e estima-se que pode ser um aliado na redução do consumo dos referidos combustíveis, principais causadores do efeito estufa e do aquecimento global.
02	Rafael Garcia 29 mar. 2008, p. A7.	Grupo testa nanotecnologia contra câncer: para pesquisador norte-americano, doença passará de grave a 'administrável' daqui a uma década.	Folha Ciência	Pesquisadores norte-americanos investigam formas de uso de imagens de tomografia e ressonância magnética para a identificação mais precisa de tumores com auxílio de biomarcadores, como as moléculas nanoscópicas, que se ligam às células cancerosas. O objetivo é criar mecanismos de diagnóstico e de tratamento do câncer, que poderiam tornar a doença administrável em 10 a 15 anos. Os pesquisadores buscam autorização para iniciar testes clínicos.
03	Igor Zolnerkevic 25 abr. 2008, p. A19.	Papel de nanotubo engorda quando estica: brasileiros explicam como novo material pode servir para músculos artificiais e coletes à prova de balas.	Folha Ciência	Uma equipe internacional de cientistas conseguiu controlar as propriedades elásticas de um papel feito com nanotubos de carbono. Os comportamentos do material são explicados na matéria. Pesquisadores norte-americanos querem utilizar o material para criar fibras de tecido resistentes a impactos e músculos artificiais para robôs, e os brasileiros pretendem criar sensores de gases.

(continua)

Nº	Autor, data e página	Título	Seção	Tema Central
04	Marcelo Leite 25 maio 2008, p. 9.	Nanotubos, amianto e câncer.	Caderno Mais! + Ciência	Discute-se a necessidade de investigar possíveis riscos da nanotecnologia à saúde humana. Em particular, destaca-se um estudo sobre as fibras de MWNT (<i>multiwalled nanotubes</i>), um dos tipos de nanotubos que se assemelha ao amianto, material vinculado a um tipo de câncer no pulmão, o mesotelioma. Cientistas de uma universidade escocesa concluíram em pesquisa que nanotubos longos, assim como as fibras longas de amianto, causaram em camundongos a reação inflamatória que pode dar origem ao mesotelioma.
05	Reportagem Local 26 maio 2008, p. A13.	Ouro reabilita droga anti-HIV em teste: partículas do metal conferem eficácia a medicamento que bloqueia a entrada do vírus em células sem intoxicá-las.	Folha Ciência	O fármaco TAK-779 – destinado a reduzir a infecção do HIV – e que havia sido descartado na década de 1990 por intoxicar as células com o sal de amônio contido na sua formulação, foi modificado por cientistas norte-americanos. Para exercer a função do amônio de agrupar as moléculas para agirem com maior eficácia, os pesquisadores usaram nanopartículas de ouro. A nova droga, denominada SDC-1721, permite a retomada do processo de pesquisa e experimentação.
06	Reportagem Local 06 jun. 2008, p. A17.	Supermicroscópio dobra alcance óptico: instrumento criado por pesquisadores dos EUA e da Alemanha pode mapear estruturas no interior de células em 3-D.	Folha Ciência	Uma nova tecnologia para microscópios que marca as amostras com moléculas de flúor, desenvolvida por cientistas norte-americanos e alemães, permite visualizar estruturas de cerca de 100 nanômetros e produzir imagens multicoloridas e tridimensionais de células humanas em alta resolução. O microscópio chegaria ao mercado em 2009.

(continua)

Nº	Autor, data e página	Título	Seção	Tema Central
07	Igor Zolnerkevic, em entrevista com Albert Fert 05 ago. 2008, p. A14.	Futuro da eletrônica está no “giro” das partículas, diz Fert: Nobel de Física de 2007 defende a aplicação da física quântica à computação.	Folha Ciência	Albert Fert, Nobel de Física de 2007, concede entrevista à Folha destacando as aplicações tecnológicas da spintrônica, como a spintrônica molecular, que usa nanotubos de carbono e outras moléculas. Explica como articulou a interação entre academia e indústria para desenvolver as aplicações tecnológicas.
08	Rafael Garcia 12 ago. 2008, p. A14.	Grupo cria material para invisibilidade: laboratório liderado por físico chinês projeta estrutura de liga de metais capaz de desviar a trajetória da luz ‘para trás’.	Folha Ciência	Laboratório da Universidade de Califórnia liderado por um cientista chinês projetou um material com base em escala de nanômetros capaz de desviar os raios de luz (propriedade de refração negativa), por enquanto apenas raios de luz vermelha. O material tem alto custo e é frágil, o que inviabiliza seu uso em grande escala. Ele poderá, em potencial, ser aplicado na produção de supermicroscópios que permitam lidar com imagens menores que 700 nanômetros (comprimento da onda de luz vermelha).
09	Marcelo Leite 17 ago. 2008, p. 3.	Nanodemocracia.	Caderno Mais! + Ciência	O artigo discute o posicionamento favorável dos pesquisadores brasileiros à popularização da ciência, e desfavorável à participação do público na escolha de prioridades de pesquisa, no caso dos transgênicos. Essas deliberações acabam circunscritas às comissões técnicas. O autor propõe que pode ser diferente com a nanotecnologia (também controversa) e cita o exemplo de Consulta Pública realizada no Reino Unido e suas implicações ao redirecionamento da agenda de pesquisa.

(continua)

Nº	Autor, data e página	Título	Seção	Tema Central
10	Eduardo Geraque 27 ago. 2008, p. A22.	Pomada inteligente mata tumor de pele: fármaco experimental em fase 2 de testes clínicos no país tem eficiência de 95% e combina nanotecnologia com luz.	Folha Ciência	Uma pomada com nanotecnologia desenvolvida na Universidade de São Paulo de Ribeirão Preto, testada em mais de 400 pessoas, destrói 95% das células de câncer de pele quando exposta à luz vermelha. A próxima fase da pesquisa é o teste com um número maior de pacientes. O creme não funciona para o melanoma, tumor maligno agressivo.
11	Reportagem Local 28 jan. 2009, p. A18.	Físicos da Unicamp criam “sanfona” nanométrica: estrutura com 3 átomos de largura estica e encolhe.	Folha Ciência	Cientistas brasileiros criaram uma nanossanfona, molécula oca capaz de esticar e encolher, a partir da manipulação de átomos de prata. O objetivo dos pesquisadores é compreender como as nanoestruturas se deterioram, tendo em vista as suas múltiplas aplicações.
12	José Alberto Bombig 27 abr. 2009, p. A15.	Brasileiros fazem o seu primeiro ‘nanopoema’: obra de Arnaldo Antunes é escrita em fio com 1 milésimo da largura de um fio de cabelo.	Folha Ciência	Pesquisadores brasileiros escreveram o primeiro poema em uma estrutura na escala de nanômetros, em um nanofio. O poema “Infinitozinho” foi esculpido em um nanofio com um feixe de elétrons gerado num microscópio eletrônico de transmissão em varredura. Nessa transcrição poética há semelhança entre o conteúdo do poema e o ambiente utilizado para a transcrição.

(continua)

Nº	Autor, data e página	Título	Seção	Tema Central
13	Ricardo Bonalume Neto 21 maio 2009, p. A16.	Técnica permite gravar 300 DVDs em 1: pesquisadores australianos criam superdisco que grava e lê em 5 dimensões; tecnologia foi licenciada para a Samsung.	Folha Ciência	Uma equipe de pesquisadores australianos comprovou que é possível desenvolver um super-DVD, capaz de armazenar o conteúdo de 300 DVDs comuns em 1. O novo disco incorpora microfilamentos de ouro, também conhecidos como nanobastões, na superfície do disco. Assim são possibilitadas duas novas dimensões: cor e polarização (“uma espécie de alinhamento no mesmo plano dos raios de luz”), que quando usadas corretamente permitem a leitura de múltiplas imagens individualmente. A tecnologia foi licenciada para a Samsung e será útil no armazenamento de imagens ou dados pesados.
14	Marcelo Leite 27 dez. 2009, p. 3.	Nanoparticularidades.	Caderno Mais! + Ciência	Discute a necessidade de regulamentação da nanotecnologia em virtude das propriedades que as substâncias exibem em nanoescala, de modo especial das partículas abaixo de 30 nanômetros, que podem ser nocivas à saúde.
15	Marcelo Leite 21 mar. 2010, p. 7	Células que levitam.	Caderno Mais! + Ciência	Em uma universidade norte-americana foi criada, com a participação de brasileiros, uma técnica que permite cultivar tecidos humanos em três dimensões, em condições mais próximas das reais. Trata-se de um hidrogel, que tem entre seus componentes vírus, nanopartículas de ouro e nanopartículas de ferro. Ele pode ser útil em testes de toxicidade de novas drogas em tecidos e, a longo prazo, na medicina regenerativa e engenharia de tecidos. A “startup” Nano3D Biosciences deve explorar o hidrogel no mercado.

(continua)

Nº	Autor, data e página	Título	Seção	Tema Central
16	Ricardo Miotto 13 maio 2010, p. A18.	Menor robô do mundo, nos EUA, pode carregar átomo: máquinas medem um centésimo de milésimo da espessura de um fio de cabelo.	Folha Ciência	Cientistas de universidades dos EUA criaram um robô do tamanho de uma molécula ou do tamanho de poucos nanômetros, capaz de transportar átomos de ouro sobre um trilho de moléculas de DNA, ligando-se ao trilho por meio de enzimas que funcionam como pernas. Os pesquisadores especulam que no futuro possam ser utilizados na medicina (diagnóstico e tratamento de células doentes) e na informática.
17	Ricardo Miotto 27 jun. 2010, p. A19.	Dupla faz tomografia 4D em estrutura de carbono: tecnologia une três dimensões espaciais e o tempo, fazendo um “filme”.	Folha Ciência	Explica a realização (por cientistas dos EUA) de uma tomografia em quatro dimensões (as três dimensões espaciais e o tempo) com nanotubos de carbono, registrada em um “filme” para observar processos biológicos em proteínas, vírus e células.
18	Giuliana Miranda 28 ago. 2010, p. A22.	USP testa nanopartículas contra doenças: tática deu bom resultado, em cobaias, ao tratar câncer e problemas cardiovasculares.	Folha Ciência	Pesquisador da USP encontrou uma terapia para a arteriosclerose (inflamação das artérias), para o câncer e para as inflamações após transplantes de coração, que parece ser eficaz e com efeitos colaterais reduzidos. A terapia é com base em nanopartículas que simulam as moléculas LDL que transportam o colesterol para as células. As nanopartículas, “recheadas” com os mesmos remédios usados em quimioterapia, transportam os remédios até as lesões, e tiveram eficácia de 60% em coelhos com arteriosclerose e de 50% em transplantes de coração em coelhos. Cientistas acreditam que futuramente a terapia possa reduzir os riscos de transplantes em humanos.

(conclusão)

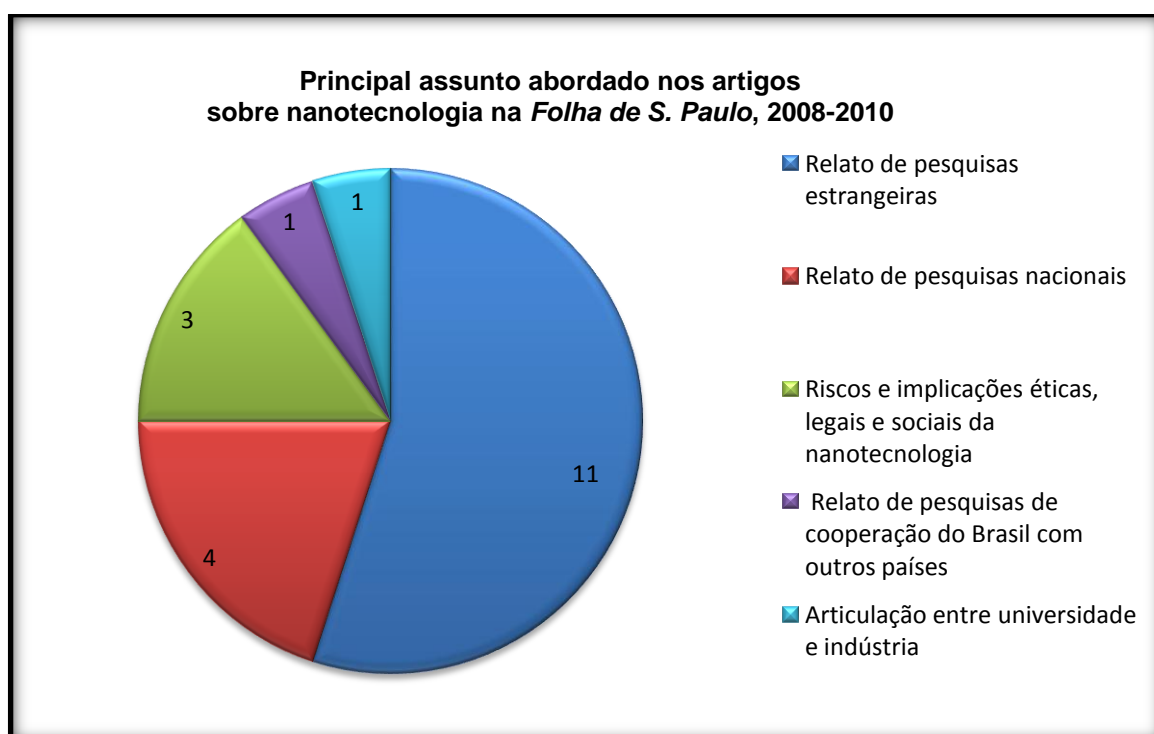
Nº	Autor, data e página	Título	Seção	Tema Central
19	Sabine Righetti 6 out. 2010, p. A14.	Possível chip do futuro ganha o Nobel: prêmio de física vai para russos que obtiveram grafeno, material de carbono com chances de substituir silício.	Folha Ciência	Apresenta a pesquisa de russos que obtiveram o Prêmio Nobel de Física 2010 a partir de pesquisas desenvolvidas na Europa. Eles investigaram o grafeno, forma resistente, fina e elástica do carbono e excelente condutor de calor. Os cientistas estimam que o material tenha aplicação em diversas áreas, como informática (substituindo transistores de silício), aeronáutica (fabricação de aeronaves) e na biomedicina.

Fonte: A autora com base em matérias selecionadas da *Folha de S. Paulo*, 2013.

Para a elaboração das matérias os profissionais se basearam, de modo geral, em artigos científicos publicados em periódicos e em entrevistas com cientistas de universidades, muitos deles autores dos trabalhos citados. Diante disso, cabe questionar: que ciência (local *versus* internacional) tem sido apresentada no jornalismo da *Folha de S. Paulo*? As informações sintetizadas nos Gráficos 4 e 5 fornecem indícios para responder a pergunta.

Os artigos analisados apresentam, em sua maioria, relatos de pesquisas estrangeiras (11 artigos, que representam 55% do total). Os relatos de pesquisas brasileiras são bem menos frequentes, correspondendo a 20% (quatro textos) do total de artigos. Em terceiro lugar temos a análise de implicações éticas, legais e sociais e riscos da nanotecnologia como central em três artigos. Um único artigo (ZOLNERKEVIC, 2008) relata uma pesquisa realizada em cooperação internacional (Brasil e EUA) e o artigo de Zolnerkevic e Fert (2008) discute como se deu a articulação entre universidade e indústria para o desenvolvimento da nanotecnologia (Gráfico 4).

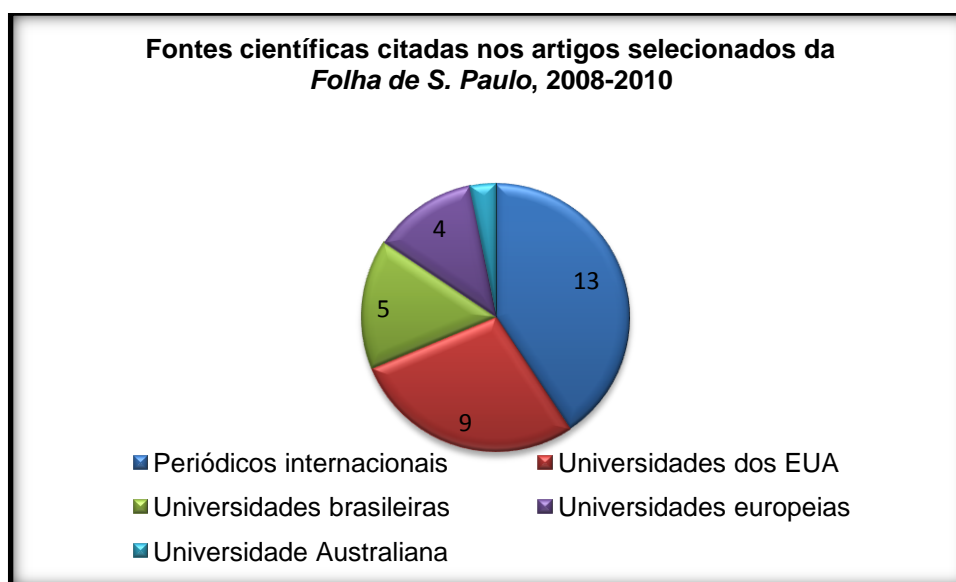
Gráfico 4- Principal assunto abordado nos artigos sobre nanotecnologia na *Folha de S. Paulo*, 2008-2010



Fonte: Elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

Conforme se observa no Gráfico 5 houve 13 citações¹⁰⁵ de periódicos internacionais, a saber: *Nature* (4 vezes), *Nature Neuroscience* (1 vez), *Nature Nanotechnology* (3 vezes), *Science* (3 vezes), *Times Higher Education* (1 vez) e *Chemical Society Journal of The American* (1 vez). Nenhum periódico nacional foi citado, mas diversos cientistas brasileiros têm (co)autoria em artigos mencionados. Isso pode ser expressão do fenômeno de internacionalização da ciência, em que cientistas não publicam somente no próprio país, procuram divulgar suas pesquisas no exterior e se integrar com cientistas de outros países, como se observa em pesquisas resultantes da colaboração entre cientistas de universidades europeias e norte-americanas, que algumas vezes contam com a inserção de brasileiros. Por exemplo: há cientistas russos no Reino Unido e cientistas brasileiros e chineses nos EUA, dos quais alguns são líderes de grupos de pesquisa. Com essa seleção, o jornal passa a ideia de que ciência avançada é ciência estrangeira.

Gráfico 5 - Fontes científicas citadas nos artigos selecionados da *Folha de S. Paulo*, 2008-2010



Fonte: Elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

Nota: Mais de uma fonte pode ser mencionada em cada artigo.

¹⁰⁵ Considera-se uma citação por artigo do mesmo periódico.

Dos cientistas citados, a maior parte (menções em nove matérias diferentes) pertence a universidades dos EUA, embora nem todos sejam de nacionalidade norte-americana. Em segundo lugar ficam os cientistas de universidades, laboratórios e institutos de pesquisa brasileiros¹⁰⁶, mencionados em cinco matérias, que atuam em instituições da Região Sudeste (notadamente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro), com exceção de uma menção à Universidade de Brasília, na região Centro-Oeste. Em terceiro lugar está a Europa, com países como Reino Unido, França e Alemanha, citados em quatro matérias diferentes¹⁰⁷. Houve apenas uma matéria que se referiu a cientistas de universidades da Austrália.

Chama a atenção que não houve nenhuma menção a cientistas de universidades de outros países da América Latina e, internamente, a quase exclusividade de instituições de pesquisa citadas é da região Sudeste. A ausência de cobertura da ciência e tecnologia desenvolvida em outros países latino-americanos e em instituições de fora da região Sudeste, respectivamente, reflete pelo menos cinco questões a seguir analisadas.

A primeira é o fato de que a maior parte da produção científica no mundo pertence aos países desenvolvidos ou “ricos”, os mais citados nas matérias, e no Brasil, às instituições da região Sudeste, a região mais rica do país. O “Relatório UNESCO sobre ciência 2010” explicita que os EUA são o país que lidera a produção científica mundial em termos absolutos, a União Europeia é a região líder em participação mundial e o Brasil, um dos líderes da produção científica na América Latina, teve participação mundial de apenas 2,7% em 2008. Com relação à produção científica interna, apenas sete universidades das quais seis são da região Sudeste, foram responsáveis por 60% dos artigos publicados em periódicos internacionais em 2009. Entre as líderes da lista estão a Universidade de São Paulo (1º lugar) e a Universidade Estadual de Campinas (3º lugar), segundo Hollanders e Soete (2010); coincidentemente são as duas universidades brasileiras mais citadas

¹⁰⁶ A quase totalidade de pesquisadores citados atua em instituições da região Sudeste, nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Mais especificamente houve cinco menções a pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas, duas menções à Universidade de São Paulo, e uma para cada uma das seguintes instituições: da Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal de São Paulo, Universidade de Brasília, Instituto do Coração e Centro de Nanociência e Nanotecnologia César Lattes do Laboratório Nacional de Luz Síncroton.

¹⁰⁷ Nessa lista está incluído o Nobel de Física de 2007, francês Albert Fert, e os pesquisadores da Universidade de Manchester, no Reino Unido, ganhadores do Nobel de Física 2010, mas que têm nacionalidade russa.

pela *Folha*, porém em ordem inversa, com a Universidade Estadual de Campinas na liderança.

A segunda constatação é que a mídia informa mais sobre a ciência e tecnologia de países desenvolvidos do que de países com contextos, necessidades e interesses semelhantes, com os quais estamos estreitando relações de colaboração científica ou com os quais poderíamos fazê-lo.¹⁰⁸ De modo semelhante, Massarani e Buys (2009) que analisaram seções destinadas à ciência em 12 diários da América Latina, concluíram que as matérias enfatizavam mais a ciência dos países desenvolvidos que dos latinoamericanos. No entanto, diferentemente da nossa constatação de total ausência da C&T de outros países latinoamericanos na *Folha de S. Paulo*, os referidos autores verificaram que a C&T regional e local vem ganhando espaço nos jornais da região, inclusive na *Folha de S. Paulo*.

A terceira questão refere-se ao fato de várias regiões do país não serem mencionadas nas matérias, que além de expressar a desigualdade na produção científica nacional, o que por sua vez se deve a uma diversidade de fatores históricos que o país vem tentando enfrentar, pode ser também um reflexo do espaço geográfico em que circula o jornal impresso – 77,7% no estado de São Paulo e 22,3% em outras unidades federativas – representando possivelmente os interesses preferenciais dos leitores (FOLHA DE S. PAULO, 2011).

A quarta questão envolve uma reflexão sobre todos os aspectos anteriores e diz respeito ao fato de que a produção acadêmica responde a sinais do cenário em que é produzida. Novamente o referencial dos ESCT auxilia na compreensão:

As formas de legitimação acadêmica, os mecanismos de avaliação, as formas de financiamento, os hábitos institucionalizados, os mecanismos de formação explicam a tendência endógena, autocentrada, internacionalmente integrada e localmente isolada das comunidades científicas latinoamericanas (THOMAS, 2011, p. 4, tradução nossa).

Esse comportamento, segundo o autor, não é irracional e também não é um problema cultural. Ele reflete a necessidade que o pesquisador tem de um espaço institucionalizado que só é obtido mediante sua formação acadêmica, seu

¹⁰⁸ Pesquisa de Invernizzi, Körbes e Fuck (2012) indica que o Brasil está fortalecendo a cooperação internacional não só com países desenvolvidos, mas também com diversos países latinoamericanos. São expressões dessa colaboração na área de nanotecnologia os acordos que resultaram na criação do Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia e do Centro Virtual Brasileiro-Mexicano de Nanotecnologia. O mesmo formato foi acordado com o Chile para a criação do Centro Brasileiro-Chileno de Nanotecnologia, além de instâncias ou intenções de colaboração com outros países da região.

curriculum, suas publicações internacionais e o reconhecimento dos pares. Para dar visibilidade à sua trajetória acadêmica os pesquisadores precisam produzir P&D que seja aceita por revistas internacionais, as quais respondem aos sinais de cenário de suas localidades. Por esta razão os pesquisadores latinoamericanos desenvolvem suas carreiras respondendo a agendas científicas e tecnológicas geradas fora da região, até porque os sistemas de C&T locais têm alinhado seus critérios de legitimação da produção científica e tecnológica à mesma racionalidade. Segundo os argumentos do autor, o problema não é nem dos pesquisadores, nem das empresas e nem das instituições públicas de P&D, mas é, isto sim, um problema estrutural, tecnoeconômico, configurado por modelos de acumulação que não “necessitam” do conhecimento gerado localmente e que veem maior sentido na importação de tecnologia (THOMAS, 2011).

A quinta e última reflexão é que esse cenário tem implicações para as diversas formas de educação. Na divulgação científica percebemos, com base nos dados coligidos e em reflexões de Thomas (2011), uma reprodução de modelos lineares da C&T, segundo os quais a boa ciência se converterá em inovação, que trará desenvolvimento e benefício social. Assim, reafirma a lógica da produção de conhecimentos “deslocalizada” e legítima em termos econômicos uma “ingênua visão acadêmica”. A reprodução desses modelos também acontece na formação escolar, inclusive na formação de em ciências e engenharias, e para enfrentar essa situação Bazzo (2011) indica diversos caminhos e subsídios.

Na sequência faremos a análise das características dos textos quanto aos modos de apresentação, tais como as explicações científicas, o uso de recursos visuais ou didáticos, narrativas de ciência-ficção, narrativas informativas, comparações e metáforas.

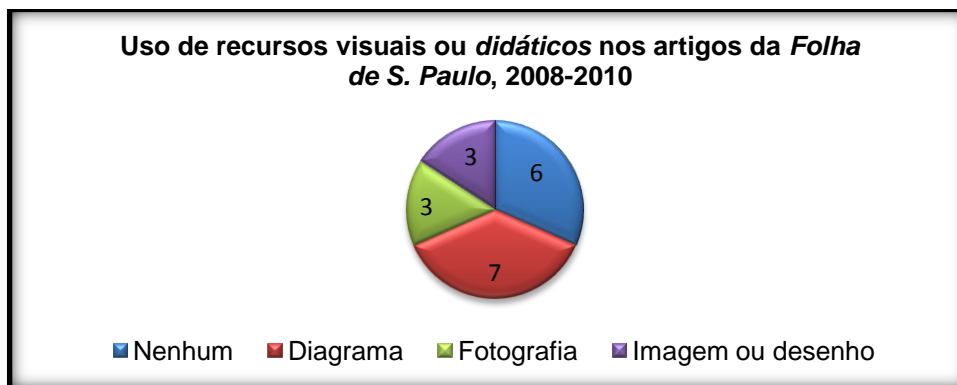
5.2.1 O gênero textual da divulgação científica

Nessa seção analisamos as características do texto relacionadas aos modos de apresentação da informação e sua relação com a concepção de divulgação da ciência. Primeiramente é preciso dizer que a totalidade absoluta das matérias analisadas se utiliza de linguagem, por assim dizer, científica, pois não é possível

falar de ciência sem respeitar as suas próprias características, como a elucidação de seus métodos, técnicas, objetivos, instrumentos e sujeitos de pesquisa. Arelado a isso está o fato de que sempre há certo grau de narrativas informativas, as quais podem vir acompanhadas de outros estilos narrativos, como a narração metafórica.

Também se destaca o frequente uso de recursos visuais ou *didáticos*¹⁰⁹ para auxiliar a explicação do texto escrito. Cerca de dois terços dos textos (69%) utilizam algum tipo de recurso visual e aproximadamente um terço (31%) dos textos não fazem uso de nenhum desses recursos. Os recursos mais utilizados são os diagramas – infográficos que misturam textos curtos e as respectivas representações visuais – presentes em sete matérias. Na sequência, em situação de empate com três casos de cada, vêm as fotografias e as imagens ou desenhos computacionais, conforme mostrado no Gráfico 6:

Gráfico 6 - Uso de recursos visuais ou didáticos nos artigos da *Folha de S. Paulo*, 2008-2010



Fonte: Elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

Cabe destacar que esses recursos favorecem a aproximação do leitor com o conteúdo da matéria, seja em termos superficiais ou de aprofundamento: o leitor pode ler as informações visuais e obter um maior interesse pelo texto levando-o a um aprofundamento no conteúdo, ou pode não se interessar pelo conteúdo e deixar de ler o texto completo. Note-se que nesse último caso, o leitor, apesar de ter uma

¹⁰⁹ Utilizamos essa expressão para designar os recursos auxiliares das técnicas de divulgação, mas a expressão pode ser empregada em sentido mais amplo. Gramsci (1988) se referiu ao jornal como expressão didática planejada para determinado público.

leitura superficial, tem noção de que se fala em determinado assunto no jornal. No primeiro caso, quando o leitor se interessa pela temática, os infográficos, as fotografias e as imagens facilitam a compreensão e a memorização do conteúdo, na medida em que se aproximam de diversos estilos de aprendizagem dos leitores. Eles são essenciais principalmente quando a informação é bem complexa e quando o conteúdo favorece seu uso.

Os diagramas são empregados para explicar a técnica de pesquisa (FOLHA DE S. PAULO, 2008a; GARCIA, 2008b; GERAQUE, 2008), a estrutura ou funcionamento de novos materiais (ZOLNERKEVIC, 2008; RIGHETTI, 2010b) ou dispositivos (MIOTO, 2010a), que informam também sobre novas aplicações da nanotecnologia. Em alguns casos os diagramas retratam cenários futuristas, especialmente quando representam dispositivos inteligentes, como o nanorrobô (MIOTO, 2010a), copiado a seguir, e super DVDs (BONALUME NETO, 2009).

Figura 4 - Diagrama nanomáquina



O modo de abordagem da imagem da nanomáquina apresentada na matéria de Mioto (2010) se aproxima do terceiro período constatado por Lösch (2006), em relação às imagens de nanorrobôs que localizou em jornais e revistas germânicos. O autor denominou o terceiro período de "ficção", caracterizado pelo destaque, no discurso científico, à metáfora dos nanorrobôs como inovação radical a ser explorada na medicina em um futuro ainda distante e pela ênfase na novidade pelo discurso da mídia, posicionando a nanomáquina nos estudos da manufatura molecular. Os objetos representados são, ao mesmo tempo, familiares e estranhos: o

Fonte: Mioto (2010a)

nanorrobô, a ser lançado um dia no corpo humano para detectar e tratar doenças se parece com uma aranha.

Em certa medida, a representação do nanorrobô andante revela práticas lúdicas na pesquisa em nanotecnologia, sendo exemplos de como a pesquisa científica mobiliza imagens especulativas em relação ao futuro. O próprio Feynman teria indicado em 1959, ao se dirigir a membros da *American Physical Society*, que seria possível construir máquinas moleculares semelhantes a veículos (“*nanocars*”). A razão para isso? Poderia ser para entretenimento¹¹⁰ (MILBURN, 2011).

Observa-se ainda, no próprio diagrama e no texto, o uso de metáforas para construir significações sobre o conteúdo novo apresentado, conforme grifos na explicação: o nanorrobô, que *parece com uma aranha, anda* apenas em *pista* linear que parece uma *cama de pregos, conectando-se aos pregos que encontra* pelo *caminho* com as suas *pernas*. Em suma, podemos imaginar uma aranha andando em uma pista. Nesse caso, na metáfora “o robô parece uma aranha”, temos como domínio-alvo o robô e domínio-fonte, a aranha. Em torno desses domínios encontramos um conjunto de expressões metafóricas relacionadas, como a relação entre a estrutura de DNA e a pista (que lembra mais uma cama de pregos do que uma avenida), e entre as enzimas e as pernas.

Portanto, esse diagrama da nanomáquina, junto com o texto, reúne informação, ficção e metáfora, características que combinadas viabilizam a construção de um cenário ou de uma estrutura de pensamento na mente do leitor e a compreensão da produção da ciência apresentada. Com a soma dessas estratégias de apresentação da informação ao leitor, tudo indica que o autor da matéria e o autor do infográfico (não mencionado) conseguem adequar a mensagem a um público heterogêneo.

O segundo diagrama futurista mostra a quinta dimensão digital e as diferenças entre um DVD comum e um DVD do futuro (BONALUME NETO, 2009). Apesar do caráter visionário que prevê dispositivos muito mais eficientes para armazenar informações na sociedade do futuro, trata-se de uma tecnologia que já tem prazo estimado para estar disponível no mercado: “Daqui a 5 ou 10 anos, uma coleção de 300 DVDs de filmes ou séries de TV caberá em um único disco do

¹¹⁰ “Now, you might say, ‘Who should do this and why should they do it?’ Well . . . I know that the reason that you would do it might be just for fun. But have some fun!” (Feynman, 1960, There’s plenty of room at the bottom. *Eng Sci* 23, p. 36, *apud* Milburn, 2011, p. 223)

mesmo tamanho”, cerca de 250 mil músicas, imagens médicas pesadas feitas por ressonância magnética e até mesmo dados financeiros, de segurança e militares. A tecnologia foi licenciada para a empresa Samsung para o desenvolvimento comercial do super-DVD, informação que dá um sentido de realidade ao cenário futurista. De certo modo a viabilidade do super-DVD remete à ficção, pois em 1959 Feynman especulou que um dia as informações de grandes bibliotecas poderiam caber na cabeça de um alfinete. As metáforas também estão presentes nessa matéria, inclusive no diagrama, com a função de recontextualizar a técnica utilizada para produzir o disco: “Microscópicos *buracos* e *elevações* na superfície do disco armazenam as informações ao refletirem o laser de maneira diferente”. A novidade foi obtida pela incorporação de microfilamentos de ouro (nanopartículas) – ou *nanobastões* – na superfície do disco, que “são ‘*queimadas*’ pelo laser durante a gravação e refletem a luz durante a leitura de acordo com o seu formato”, permitindo “gravar os dados no mesmo ponto do disco, em outras camadas”, ou seja, a inovação é possibilitada pelos *desníveis* (vários comprimentos de onda) no disco, causados pela *queima* de *nanobastões* de ouro (nanopartículas iluminadas com o laser).

As metáforas estão presentes na quase totalidade dos textos com a função de recontextualizar o conhecimento especializado. Quanto às narrativas de ciência-ficção, não foi mencionado nenhum clássico, nem mesmo *Viagem Insólita*, cuja citação ocorreu, por exemplo, em reportagem do *Bom Dia Brasil*; houve referência aos gibis, especificamente ao avião invisível da Mulher Maravilha (GARCIA, 2008b)¹¹¹. Concluimos que a combinação entre diferentes linguagens é parte essencial do gênero textual de divulgação científica para aproximar a ciência e tecnologia do nosso pensar cotidiano decodificando o discurso científico para o público leigo. Desse modo, a ciência divulgada a um público heterogêneo se distingue daquela difundida em periódicos ou revistas especializadas.

As fotografias, imagens e desenhos retratam cientistas (FOLHA DE S. PAULO, 2008b; 2009a) e visualizações obtidas com novos instrumentos em laboratório (FOLHA DE S. PAULO, 2008c; ZOLNERKEVIC; FERT, 2008; FOLHA DE S. PAULO, 2009a; BOMBIG, 2009). Os respectivos processos de pesquisa e obtenção de imagens são explicados nos textos. Esses recursos se somam aos já

¹¹¹ Um dos artigos desconsiderados pelo seu caráter meramente complementar (FOLHA DE S. PAULO, 2008d) menciona a roupa invisível de Harry Potter.

mencionados num processo que poderíamos denominar de “transposição didática” do conhecimento de ciência e tecnologia.

5.2.2 Definições de nanotecnologia

O desenvolvimento de artefatos com nanotecnologia está sob constante debate de cientistas e engenheiros, cujas decisões se caracterizam pela natureza técnica e social na relação com o contexto socioeconômico. Para acompanhar as definições, controvérsias e decisões relacionadas à nanociência e nanotecnologia seria necessário estudar as atividades dos grupos de cientistas e engenheiros que teorizam na fronteira da C&T, o “núcleo central” ou *core-set* (Collins; Evans, 2002), pois na divulgação científica em jornais as informações sobre os processos de pesquisa desenvolvidos pelo núcleo central são condensadas e bem menos extensas em detalhes. Ainda assim, os textos de divulgação científica remetem a alguns posicionamentos e narrativas dos grupos envolvidos na pesquisa e a imagens desenvolvidas em laboratório ou representações produzidas especificamente para a divulgação.

Cabe destacar que numa perspectiva dialógica (LEWENSTEIN, 2003) de divulgação da ciência e tecnologia, o leitor é influenciado pelo jornalismo, aprendendo conhecimentos e valores transmitidos, mas também pode não se ajustar à “tradução” (CALLON, 2008)¹¹², resignificando as informações com base em “traduções competidoras”. Nesse sentido é importante avaliar as definições de nanotecnologia apresentadas nas matérias, especialmente porque, se de um lado, os textos de jornais não explicitam a totalidade das condições sociais, econômicas e políticas em que se produz a nanotecnologia, de outro lado, o recorte apresentado através da definição dada constitui parte importante das condições em que se constroem visões do público não especialista sobre os processos de desenvolvimento da nanotecnologia.

As definições mais recorrentes de nanotecnologia nas matérias analisadas da *Folha de S. Paulo* referem-se às suas propriedades e/ou funções e à escala: 18 dos

¹¹² Termo usado por Callon (2008, publicado originalmente em 1992) para definir a tradução de um ator A para o ator B de uma rede tecnoeconômica.

19 artigos definem a escala nanométrica e todos os artigos tratam de funções ou propriedades da nanotecnologia, ainda que em dois artigos as referências a funções ou propriedades sejam pouco detalhadas¹¹³.

Com relação à descrição de propriedades ou funções da nanotecnologia, vejamos alguns exemplos: a elasticidade de nanotubos de carbono (ZOLNERKEVIC, 2008; FOLHA DE S. PAULO, 2009a), a propriedade inflamatória de um tipo de nanotubo de carbono (LEITE, 2008a), a invisibilidade dos materiais (GARCIA, 2008b), a reatividade química (LEITE, 2008b), a capacidade de agir em funções programadas (GERAQUE, 2008¹¹⁴; GARCIA, 2008a¹¹⁵; MIRANDA, 2010¹¹⁶; FOLHA DE S. PAULO, 2008b¹¹⁷; LEITE, 2010a; MIOTO, 2010a), a viabilização de novas dimensões (BONALUME NETO, 2009; MIOTO, 2010b), as características da spintrônica (ZOLNERKEVIC; FERT, 2008), do grafeno (RIGHETTI, 2010b), do silício (FOLHA DE S. PAULO, 2008a) entre outras¹¹⁸.

Na maioria desses exemplos parece que as propriedades são próprias dos materiais e nem sempre fica clara a mudança de comportamento. Cabe destacar que a questão chave quanto às propriedades é que elas são diferentes em escala nanométrica do que na matéria em tamanho maior (aspectos destacados nos artigos de Leite 2008a e 2008b) e isso têm implicações, particularmente em relação à toxicidade e à regulação, aspectos que remetem as análises de Lacour e Vinck (2011), expostas adiante.

Na definição da nanotecnologia em relação à escala métrica são frequentes as comparações à dimensão de 1 metro e de um fio de cabelo, como por exemplo:

¹¹³ Vale lembrar também que uma única matéria (LEITE, 2010c), a qual foi eliminada da análise para não incorporar uma nova modalidade de comunicação, faz referência à nanotecnologia como algo naturalmente existente na natureza: diamantes de tamanho nanoscópico, provavelmente produzidos sob o impacto de um cometa ou asteroide contra a Terra há aproximadamente 13 mil anos, em condições semelhantes àquelas em que foi possível obter tais diamantes em laboratório, ou seja, temperaturas entre 1000 e 1700 graus e alta pressão. Nessa questão percebe-se uma diferença importante em relação ao telejornal *Bom Dia Brasil*: se aqui se destaca a excepcionalidade da existência desses materiais na natureza, no *Bom Dia Brasil* se abordou outro sentido, a existência da nanotecnologia na natureza em condição regular e habitual.

¹¹⁴ Tratamento de tumores: “As moléculas do medicamento, que além de serem fotossensíveis têm afinidade química com o tumor, possuem duas vantagens: conseguem liberar o fármaco de forma progressiva e são seletivas, o que poupa os tecidos sadios” (GERAQUE, 2008, p. 22).

¹¹⁵ O uso de agentes biomarcadores, como moléculas nanoscópicas, que reconhecem substâncias ou células específicas do tumor e se ligam a ele.

¹¹⁶ Transporte de remédios até células cancerosas e lesões por arteriosclerose e transplante de coração em coelhos.

¹¹⁷ Substituição do amônio por partículas de ouro e sua adição à molécula de um fármaco para reduzir a infecção de HIV em células humanas em laboratório.

¹¹⁸ Conforme Leite (2009), “cada substância adquire propriedades novas em um determinado limiar de redução das partículas”.

“um nanômetro corresponde a um bilionésimo de metro, ou milionésimo de milímetro – medidas muito pequenas, enfim” (LEITE, 2010a); “a máquina tem poucos nanômetros de tamanho, ou um centésimo de milésimo da espessura de um fio de cabelo” (MIOTO, 2010a); “pela definição usual, [nanopartícula é] qualquer coisa na escala de um nanômetro (milionésimo de milímetro) a 100 nanômetros. Ou, se preferir, um décimo de milésimo do diâmetro de um fio de cabelo” (LEITE, 2009); “estruturas de cerca de 100 nanômetros, a largura de um fio de cabelo dividida por 500” (FOLHA DE S. PAULO, 2008c). Algumas dessas definições de escala são pouco claras e imprecisas, por exemplo, que uma nanopartícula tem um décimo de milésimo ou um centésimo de milésimo do diâmetro de um fio de cabelo. Nesse caso, além das dificuldades em relação às medidas de décimo e centésimo de milésimo não está explicitado o diâmetro de um fio de cabelo. Como destaca Leite (2009), a medida nano é difícil de ser compreendida, inclusive pelos jornalistas:

Dimensões, já se percebe, que escapam à compreensão humana. Mais ou menos como a diferença entre milhões e bilhões. Ao menos entre jornalistas, a improvável chance de ver essas cifras no próprio saldo bancário conduz a uma indiferença negligente e a uma série de erros de informação (LEITE, 2009, p. 3).

Os erros de informação a que se refere o jornalista possivelmente passam despercebidos pelo público leigo. Conforme Crone e Koch (2006), pelo fato da nanotecnologia estar fora do alcance sensorial do ser humano, o público têm dificuldade de se apropriar das noções de escala, da estrutura e do comportamento de átomos e moléculas e, conseqüentemente, de compreender conceitos importantes relacionados à nanotecnologia. Algumas confusões são comuns por parte do público leigo, por exemplo: confundir átomos (da escala de nanômetros) com células (da escala de micrômetros); não saber se os átomos são compostos de moléculas ou se as moléculas são compostas de átomos; acreditar que as propriedades dos materiais em escala molecular ou atômica são as mesmas das substâncias em escala macroscópica.

As evidências de raso conhecimento de conceitos fundamentais da nanociência comprovadas em pesquisas citadas pelas autoras indicam que auxiliar o público a entender a nanotecnologia não é uma tarefa fácil. Nesse sentido, as dificuldades de compreensão pública do mundo atômico e os equívocos sobre conceitos básicos relacionados impõem a necessidade de importantes mudanças na comunicação sobre nanotecnologia, como o emprego de meios audiovisuais e de

abordagens multidimensionais e interativas. Certamente essa tarefa é mais fácil de ser realizada na televisão e nos museus de ciência e mais complexa na comunicação impressa, como num livro, jornal ou revista. Nesse aspecto destaca-se o papel das narrativas ficcionais, metafóricas e dos recursos visuais analisados na seção anterior, que contribuem para atribuir maior relevância e significado às informações divulgadas, sobretudo em textos impressos (CRONE; KOCH, 2006).

Também Sánchez-Mora e Parga (2011) discutem que a escala invisível ao olho humano é o primeiro obstáculo epistemológico para a compreensão da nanotecnologia. Subjacentes a este estariam as dificuldades de compreensão da estrutura atômica e da continuidade da matéria. Logo, superando o obstáculo principal se facilitaria a introdução do público à nanociência e nanotecnologia.

Convém destacar, conforme Lacour e Vinck (2011), que as definições de nanotecnologia são produtos da construção humana, ou seja, não representam simplesmente uma terminologia óbvia ou lógica, mas uma construção que depende de quem a produz e das circunstâncias e dinâmicas que levam à sua promulgação e estabilização. As definições servem, por exemplo, para a construção de normas mais ou menos restritivas, especialmente em matéria de normalização e regulamentação técnica jurídica. Quando a regulamentação está em questão, ressaltam os autores, a escolha dos termos utilizados para denominar um objeto (nanopartículas, nanomateriais, nanotecnologias) é cuidadosamente avaliada pelas partes interessadas, dependendo dos seus objetivos, como incentivar a inovação e o desenvolvimento tecnológico ou avaliar ou gerenciar riscos potenciais.

Observamos na matéria de Leite (2009), uma clara referência à construção social do conceito de nanotecnologia, na qual incidem interesses de distintos atores interessados (*stakeholders*). O autor, ao enfatizar o termo nanopartículas e associá-las com nanoparticularidades, deixa claro que as suas propriedades mudam radicalmente na escala nanométrica e, como veremos adiante, vincula essa definição à necessidade de regulamentação da nanotecnologia:

Elas [as nanopartículas] são vantajosas para a indústria graças às mesmas propriedades que podem torná-las ameaçadoras para a saúde. Na escala dos nanômetros, as partículas podem penetrar células e interagir com seus componentes ou interferir na sua bioquímica. Ora, interagir e reagir quimicamente é o que as nanopartículas fazem melhor.

Quanto menor um objeto tridimensional, maior é a sua superfície em relação ao volume. Um cubo de 1m de lado tem 6m² de área e 1m³ de volume, portanto uma proporção 6:1. Com 2m de lado, são 24m² e 8m³, ou 3:1.

Maior relação superfície/volume significa que o corpo em questão tem maior porcentagem de átomos na interface com o exterior. Ou seja, átomos disponíveis para reagir com outros átomos. Quanto menores forem as partículas de uma substância, mais reativa, quimicamente, ela será (LEITE, 2009, p. 3).

Nessa dinâmica de conceituação da nanotecnologia os cientistas exercem papel fundamental. O estudo de Mélanie Auffan e colegas, publicado na *Nature Nanotechnology* e citado pelo autor da matéria, defende que, de modo geral, apenas as partículas inferiores a 30 nanômetros podem ser efetivamente nocivas à saúde e por isso a necessidade de regulamentação deveria ser considerada caso a caso. A regulamentação caso a caso, no entanto, não é desejada por industriais, conforme exemplificam Lacour e Vinck (2011), segundo os quais as companhias americanas que operam no mercado europeu desejam uma regulamentação simples e operacional que encoraje a inovação industrial, dando suporte à ideia de uma definição dimensional, limitada ao escopo de 1 a 100nm, sem levar em conta outros critérios como a área de superfície. O contraste entre as preocupações dos agentes envolvidos na formulação dos critérios para definir nanopartículas prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente ilustra bem o quanto são políticas as definições e os argumentos subjacentes às mesmas.

Ainda a esse propósito, Lacour e Vinck (2011) lembram que os pesquisadores considerados peritos em nanotecnologia não se sentem à vontade para qualificá-la em dimensões precisas, pois as propriedades relevantes variam de acordo com a escala e campos de conhecimento. Segundo os autores, em relatórios norte-americanos, como sobre convergência NBIC e programas de nanotecnologia, emergiu a definição de que objetos “nano” são iguais ou menores a 100 nanômetros. Outras definições colocam esse marco dimensional em discussão e sugerem caracterizações que abrangem a dimensão dos materiais e as suas propriedades, como é o caso das definições propostas pela *Royal Academy of Engineering* e pela Comissão Europeia. Essas entidades preferem os aspectos inerentes às propriedades específicas da matéria, ou seja, preferem não reduzir a noção de nanotecnologia à questão da escala.

Curiosamente, nas matérias analisadas da *Folha* aparecem definições mais ou menos semelhantes entre si quanto à escala que em geral não colocam em discussão o marco dimensional da nanotecnologia. Porém, paralelamente, essas definições enquadradas num marco comum são complementadas pela descrição

das propriedades e funções dos materiais em nanoescala, poucas vezes com discussão das variações de comportamento dos nanomateriais e suas implicações.

Ademais, o termo nanotecnologia aparece nas matérias da *Folha de S. Paulo* geralmente bastante comprometido com uma percepção da tecnologia como artefato, deixando de abordar a rede sociotécnica, isto é, o conjunto de atores, grupos relevantes e fatores econômicos e políticos que influem na sua definição.

5.2.3 Visões sobre nanotecnologia e a sociedade do futuro

As visões sobre o futuro da nanotecnologia, entendidas não apenas como projetos tecnológicos, mas também como descrições da futura sociedade tecnológica, são direcionadas para demarcar e consolidar campos de pesquisa e buscar apoio e legitimidade para o financiamento de suas pesquisas e inclusive para influenciar o curso do desenvolvimento tecnológico (FIEDELER; GRUNWALD; COENEN, 2005; INVERNIZZI, 2008). De acordo com Invernizzi e Cavichiolo (2009, p. 148): “Estas visões surgem e se difundem entre os próprios cientistas e formuladores de políticas de pesquisa, e são retomadas e divulgadas pelos meios de comunicação”¹¹⁹. Nesse sentido cabe refletir sobre as visões presentes nos meios analisados, pois as mesmas são carregadas de significados, valores, ideologias e concepções sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Entretanto, conforme destaca Invernizzi (2008), paralelamente às visões que visam o suporte público para a ciência, há outras que contestam investimentos em determinadas tecnologias ou programas específicos de pesquisa e inovação tecnológica.

A especificidade do jornal *Folha de S. Paulo* em divulgar os últimos avanços em áreas de pesquisa pontuais, pode explicar o fato de que a maioria absoluta dos artigos salienta a novidade da nanotecnologia (Tabela 1), com expressões como “nova tecnologia”, “tecnociência da hora”, “tecnologia que está na infância”, “novo material”, entre outros. A nova tecnologia, algumas vezes caracterizada como tecnologia de ponta, é apresentada junto com as mudanças que viabiliza, por exemplo: o câncer supostamente passará de doença grave a “administrável” a partir

¹¹⁹ Traduzido do espanhol.

da identificação mais precisa de tumores com auxílio de moléculas nanoscópicas e da tecnologia de imagem (GARCIA, 2008a); a reabilitação de testes de drogas anti-HIV descartadas nos anos 1990 por causa da toxicidade causada pelo sal de amônio, mediante a substituição desse componente por nanopartículas de ouro (FOLHA DE S. PAULO, 2008b); “[uma nova] técnica permite gravar 300 DVDs em 1” (BOMBIG, 2009); entre vários outros.

Ademais, em três artigos a nanotecnologia é caracterizada como ruptura tecnológica, revolução tecnológica ou “salto tecnológico” na área da eletrônica e computação: “[nanofios de silício podem] ser usados em dispositivos que capturem o calor desperdiçado na geração de energia por combustíveis fósseis. Que não é pouco: até 70% da energia produzida por dispositivos que queimam carvão, petróleo e gás natural é dissipada em forma de calor”, podendo reduzir o consumo de combustíveis fósseis com efeito positivo sobre o aquecimento global (FOLHA DE S. PAULO, 2008a); “ciência que hoje revoluciona a eletrônica e computação” (ZOLNERKEVIC; FERT, 2008) e; o “potencial [do grafeno] para revolucionar a eletrônica e outras áreas” (RIGHETTI, 2010b).

Tabela 1 - Caracterização da nanotecnologia na *Folha de S. Paulo*, 2008-2010

Caracterização	Número de artigos
Total de artigos que abordam o assunto	19
<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia de ponta ou nova tecnologia 	16
<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura tecnológica 	3

Fonte: Elaborado pela autora com base nos artigos analisados, 2013.

As visões sobre nanotecnologia podem influenciar os programas de pesquisa e as políticas tecnológicas, conforme constatou Invernizzi (2008) em análise das visões sobre nanotecnologia através do *Jornal da Ciência e-mail* e de documentos de políticas públicas na área. Na *Folha de S. Paulo* percebemos uma tendência semelhante à constatada pela autora, com forte predominância de visões de físicos, seguidos de químicos, médicos, engenheiros e alguns profissionais de outras

áreas¹²⁰. Também observamos a predominância de cientistas das áreas exatas e engenharias no Bom Dia Brasil.

Ainda que seja difícil medir ou avaliar o impacto de visões, de acordo com Fiedeler, Grunwald e Coenen (2005), é possível mapear as influências no debate em determinado campo tecnológico identificando os atores envolvidos, as visões que estes expressam, o conteúdo ético e cognitivo das mesmas e o uso que delas fazem a partir de uma ferramenta denominada “avaliação de visões”, em inglês, *visions assessment*.

O tipo de visões que analisamos correspondem ao que Grundwald (2004) chama de *visões intermediárias*, porque elas não se baseiam em fatos, mas também não se confundem com a ficção científica. Elas se localizam numa posição intermediária entre as chamadas *guiding visions*, que anunciam possibilidades ainda não concretizadas de desenvolvimento de artefatos tecnológicos, mas com boa evidência de serem possíveis, e as visões utópicas (ou distópicas) de caráter mais especulativo, que não contam com evidências suficientes de que são realizáveis no estágio atual de desenvolvimento científico e tecnológico. Amiúde, essas últimas se aproximam de relatos de ficção científica (GRUNWALD, 2004).

Nesse sentido, Fiedeler, Grunwald e Coenen (2005) propõem quatro categorias de visões sobre nanotecnologia que podem ter graus diversos de concretude: a) *problem related visions* ou visões vinculadas a problemas – são visões que pretendem resolver um problema com a nanotecnologia, mas que muitas vezes não tem conexão direta com ela, por exemplo, curar a cegueira ou a surdez; b) *assembler based visions* ou visões de manufatura molecular – visões de que há nanorrobôs ou máquinas de tamanho molecular que podem construir átomo por átomo tudo que se deseja; c) *visions of product improvement* ou visão de melhoramento de produtos – a melhoria significativa do desempenho de produtos de consumo mediante a incorporação de nanotecnologia, em áreas como a indústria microeletrônica, a robótica e a inteligência artificial, e; d) *material based visions* ou visões sobre novos materiais – uma das categorias de visões mais concreta, dedicada ao desenvolvimento de novos materiais, que traça expectativas de novas funções que podem ser desenvolvidas a partir da exploração das propriedades dos materiais, mas muitas vezes deixa em aberto o que pode ser feito com novos

¹²⁰ Em busca nas matérias, na Plataforma *Lattes* do CNPq e na *web*, não foi possível identificar a formação acadêmica da totalidade dos cientistas citados pelos jornalistas.

materiais. Uma variação importante dessa visão é a de materiais inteligentes, que possam exercer uma ou mais funções devido à capacidade de alterar as suas propriedades em função das condições ambientais. Nem sempre fica claro se os problemas a serem superados com as novas funções são definidos com base nos materiais ou em problemas que devem ser superados. O grau especulativo é maior quando apenas se prevê o problema a ser resolvido do que quando se explica com quais materiais e respectivas funcionalidades se solucionará um determinado problema.

As quatro categorias estão presentes nas matérias da *Folha* e, além dessas, identificamos mais uma categoria, a visão de que *a nanotecnologia envolve riscos* para a saúde humana e o meio ambiente, visão que será discutida na seção seguinte. Um artigo destaca a possibilidade de novos estudos (“arquitetura celular” e investigação das mudanças no processo de desenvolvimento e envelhecimento celular e em casos de doenças) com *possível resolução de problemas a partir da visualização de nanoestruturas*. Uma tecnologia de microscópios – o microscópio de fluorescência – marca as amostras com moléculas de flúor e permite visualizar estruturas de cerca de 100 nanômetros e produzir imagens multicoloridas e tridimensionais de células humanas em alta resolução, como o mapeamento 3-D do núcleo de uma célula. O novo método foi chamado de “microscopia tridimensional de iluminação estruturada” (3D-SIM) e conta com a técnica de iluminação a partir de três feixes de luz (FOLHA DE S. PAULO, 2008c).

Também uma matéria destaca a visão de que no futuro *nanomáquinas* poderão monitorar o corpo humano e agir curando ou matando células doentes antes que causem males maiores, como o tumor. Se no futuro houver robôs que funcionem apenas com DNA e suas enzimas, possivelmente será viável programá-los para se reproduzirem sozinhos, gerando “filhos” antes de pararem de funcionar, já que o DNA se replica sozinho (MIOTO, 2010a). Essa visão é a mais radical de todas as apresentadas, pois remete à tese defendida por Drexler, em 1986, de que seria possível desenvolver máquinas moleculares à semelhança da natureza capazes de autorreplicar-se. A matéria, todavia, não faz referência a controvérsias, não mencionando, por exemplo, o alerta de Drexler de que essas máquinas poderiam escapar ao controle humano, tal como tem sido registrado frequentemente nos debates em diversos países, especialmente na primeira metade da década de 2000.

Duas matérias destacam o *melhoramento de produtos* pela incorporação de novos materiais, novas propriedades ou funções, por exemplo: Zolnerkevic e Fert (2008) explicam que o campo de pesquisa da spintrônica¹²¹ dá origem a novas ferramentas para a pesquisa básica da qual surgem novas aplicações, como discos rígidos que usam um novo tipo de memória – as RAMs magnéticas – dispositivos que têm memória permanente, ou seja, que não precisa ser atualizada toda vez que se liga o computador, já disponível no mercado, assim como tocadores de MP3 com grande capacidade; Bonalume Neto (2009) descreve a tecnologia que foi licenciada para a empresa Samsung para o desenvolvimento comercial de um super-DVD. Trata-se de um novo disco que aumenta a capacidade do DVD padrão (4,7 *gigabytes*) para 10 *terabytes* (2 mil vezes mais), incorporando microfilamentos de ouro, também conhecidos como nanobastões, na superfície do disco. Assim são possibilitadas duas novas dimensões de gravação e leitura desses discos ópticos: cor e polarização (“uma espécie de alinhamento no mesmo plano dos raios de luz” que pode ocorrer em vários graus). Quando usadas corretamente essas novas dimensões permitem a leitura de múltiplas imagens individualmente. No total, os dados são gravados em cinco dimensões (e não mais em apenas duas ou três dimensões), sendo que, “se for reduzida a espessura das camadas entre as que registram os dados, o disco poderia chegar a 7,2 TB – mesma capacidade de armazenamento que 1.531 DVDs comuns”. Além das aplicações já conhecidas, estão sendo projetadas diversas funções e produtos novos a serem concretizados com o aperfeiçoamento das pesquisas, coincidindo nesses dois textos a visão de melhoramento de produtos e a visão de futuros novos materiais e produtos.

Além das duas matérias há pouco mencionadas, outros 12 artigos também exploram visões sobre *novos materiais*, com a perspectiva de que serão mais eficientes que os já conhecidos ou que a nanotecnologia acrescentará novas funções ou propriedades em materiais ou processos tradicionais. A seguir, apresentamos os materiais, exemplos de seu desempenho e a respectiva descrição das técnicas de pesquisa, característica marcante dos textos em foco:

- a) O nanofio de silício foi transformado pelos pesquisadores em um material termoelétrico. “Esse tipo de material tem propriedades físico-químicas que

¹²¹ A definição apresentada por Zolnerkevic e Fert (2008) é a seguinte: “Spintrônica: a eletrônica que não usa apenas a carga, mas também o *spin* dos elétrons para processar informação” e *spin* “é o nome da propriedade que define a orientação angular das partículas elementares: um fenômeno microscópico que guarda alguma semelhança com um objeto ‘girando’, ainda que não seja bem isso”.

permitem a conversão de calor em uma corrente elétrica ou vice-versa. Sua eficiência é dada por um índice chamado ZT, ou ‘número de mérito’”. Para ter aplicação comercial, o número de mérito do material precisa ser maior que 1. Os materiais disponíveis são semicondutores caros. O silício é um semicondutor abundante e barato, mas ainda pouco eficiente, pois esquenta muito depressa e o ideal seria que esquentasse devagar, razão pela qual foi considerado ineficiente para a função de gerar energia por cerca de 60 anos. A descoberta dos pesquisadores foi que o problema do super aquecimento do silício poderia ser contornado com a exploração das propriedades da nanotecnologia: “Ao reduzirem o silício a fios de 20 nanômetros de espessura e acrescentarem a eles algumas impurezas, por exemplo, os cientistas conseguiram impedir o fluxo de calor” e reduziram um pouco o fluxo de elétrons. O grupo de Yang aumentou o índice ZT do silício de 0,01 para 0,6 e o grupo de Heath o aumentou de 0,01 para 1. Para substituir as geladeiras domésticas, seria necessário um ZT de 3 e “aplicar uma corrente a um material termoelétrico para que ele esfriasse, sem o uso de motores ou gases” (FOLHA DE S. PAULO, 2008a).

- b) Biomarcadores, como moléculas nanoscópicas, que reconhecem células cancerosas. São pesquisadas “[...] formas de usar máquinas sofisticadas de imagem, como *PET scan* (tomografia por emissão de pósitrons) e ressonância magnética, para identificar formas mais precisas de detectar onde os tumores estão”. Nesse processo, os pesquisadores usam agentes biomarcadores, como moléculas nanoscópicas, que reconhecem substâncias ou células específicas do tumor e se ligam a ele. A finalidade é criar tratamentos que vinculem a tecnologia de imagem com a habilidade das referidas moléculas. Segundo o médico responsável pela pesquisa “dentro de uma década ou um pouco mais, tecnologias de seqüenciamento de genomas inteiros já deverão estar disponíveis para indivíduos a um preço razoável, e um monitoramento regular usando biomarcadores deve começar desde cedo”. Esse monitoramento poderia ser feito na saliva, na urina ou no sangue (GARCIA, 2008a).
- c) Nanotubos de carbono. Uma equipe internacional de cientistas conseguiu controlar as propriedades elásticas de um papel (2mm por 12mm) feito com emaranhados de nanotubos de carbono, chamado de material

auxético: quando esticada, a folha de nanotubos se expande e, quando comprimida, fica mais dura. O material é comparado com as hastes do engradado de guardar vinhos que são flexíveis, dobráveis e cruzadas em ziguezague. Para obter um material auxético, é necessário juntar sucessivas camadas de nanotubos de carbono:

Os nanotubos simples são como canudinhos finos formados por uma folha de átomos de carbono enrolada, que tendem a se agrupar em feixes paralelos. O outro tipo são nanotubos gordos, com dezenas de camadas de carbono concêntricas enroladas. Acrescentar cada vez mais camadas acaba tornando o material auxético.

Os pesquisadores brasileiros entenderam que as deformações do material dependem das equações que regem a estrutura, sendo que os feixes de nanotubos simples são mais maleáveis e os feixes de nanotubos múltiplos são mais rígidos, de modo que quando estes últimos predominam no papel, ele se expande em todas as direções quando esticado. No caso de impactos, este se comprime no local do impacto e permanece flexível no restante. Deve ser por isso que o subtítulo destaca a possibilidade do material servir para colete à prova de balas (ZOLNERKEVIC, 2008).

Em outra pesquisa, cientistas estrangeiros inventaram uma tomografia em quatro dimensões (as três dimensões espaciais e o tempo) com nanotubos de carbono, registrada em um “filme” para observar processos biológicos (“comportamentos”) em proteínas, vírus e células. O “filme” é fundamental, pois para observar o comportamento não bastaria uma foto ou maquete (suficientes quando se pretende descrever a estrutura). A técnica que “consiste em somar 4.000 projeções estáticas tiradas de uma série de ângulos e em diferentes momentos, criando um ‘filme’” está apenas no começo (MIOTO, 2010b).

- d) Nanopartículas de ouro. Cientistas de universidades americanas modificaram a droga TAK-779, descartada nos anos 1990 por causa da toxicidade causada pelo sal de amônio contido em sua fórmula e que, se retirado, tornava o medicamento ineficaz. A estratégia testada pelos pesquisadores foi a substituição do amônio, cuja função era agrupar as moléculas do medicamento para agirem com maior eficácia nas células T – as células do sistema imunológico atacadas pelo vírus da AIDS. O

amônio foi substituído por partículas de ouro que adicionadas à molécula do fármaco possibilitaram a redução da taxa de infecção de HIV em células humanas no laboratório. A nova droga se denomina SDC-1721 e pode seguir as etapas normais de pesquisa, a começar por testes em animais. Os cientistas estimam que a descoberta possa auxiliar também na fabricação de outros tipos de medicamentos (FOLHA DE S. PAULO, 2008b).

Também foi desenvolvido um hidrogel que permite cultivar tecidos humanos em três dimensões, em condições mais próximas das reais. Ele tem entre seus componentes vírus, nanopartículas de ouro e nanopartículas de ferro, conhecidos como bacteriófagos, pois são capazes de destruir bactérias (LEITE, 2010a).

- e) Material metálico que desvia a luz. Pesquisadores estrangeiros projetaram um material metálico com base em escala de nanômetros, capaz de desviar os raios de luz (propriedade de refração negativa), por enquanto apenas raios de luz vermelha, e que parece permitir a visualização das ondas de luz invisíveis ao olho humano:

A refração negativa já havia sido atingida em outros experimentos, mas apenas para outros tipos de radiação que não se aproximam muito da luz, como as microondas. Tanto a luz quanto as microondas são compostas de ondas eletromagnéticas. Fazer materiais para manipular a luz, porém, é muito mais difícil, porque o comprimento das ondas visíveis ao olho humano é bem menor que o das microondas (GARCIA, 2008b).

As narrativas ficcionais reforçam o caráter especulativo em torno do material:

Quando a personagem Mulher Maravilha apareceu em gibis pela primeira vez pilotando um avião invisível, em 1942, a tecnologia para anular a imagem de um objeto ainda era algo impensável. Um estudo publicado ontem, porém, mostra que a tarefa já é possível em pequena escala. Construir aquela aeronave – que saiu dos quadrinhos para se tornar o sonho dos militares – pode ser agora só uma questão de tempo. [...] O novo material, porém, ainda está um bocadinho distante de poder servir como matéria-prima para um avião invisível¹²² (GARCIA, 2008b).

¹²² “O primeiro estudo demonstrando o potencial dos metamateriais para produzir um ‘manto da invisibilidade’ como o do bruxo Harry Potter foi publicado em 2006 pelo físico John Pendry, do Imperial College de Londres. Ele calculou que esse tipo de material faria os raios de luz contornarem um objeto, voltando depois à sua trajetória original. Pendry diz que fez menção ao personagem de J. K. Rowling no seu artigo científico por sugestão de sua mulher, fã do bruxo” (FOLHA DE S. PAULO, 2008d).

- f) Pomada com nanotecnologia sensível à luz para tratar lesões de pele. A pomada desenvolvida na Universidade de São Paulo de Ribeirão Preto, testada em mais de 400 pessoas (fase 2 de testes clínicos), destrói 95% das células de câncer de pele em estágio inicial e intermediário quando expostas à luz vermelha:

A molécula fotossensível que constitui o medicamento é montada em veículos que medem milionésimos de milímetro e que podem ser dirigidos de forma precisa para as células do tumor. Esses transportadores são normalmente misturas de nanopartículas com estruturas orgânicas. As moléculas do medicamento, que além de serem fotossensíveis têm afinidade química com o tumor, possuem duas vantagens: conseguem liberar o fármaco de forma progressiva e são seletivas, o que poupa os tecidos saudáveis (GERAQUE, 2008).

- g) Nanossanfona (estrutura molecular de prata semelhante a uma sanfona) – durante a manipulação de concentrações de átomos de prata, em que os cientistas brasileiros “esticaram” ou “alongaram” a referida porção, “formaram-se fios com poucos átomos de espessura antes de os dois pedaços do metal se separarem definitivamente”. A estrutura foi observada com microscópio de alta resolução e determinada com cálculos explicativos das imagens (não muito nítidas) obtidas. A técnica usada pelos cientistas foi similar a uma utilizada anos atrás em experimentos que produziram nanofios de ouro com um átomo de diâmetro. Com isso os cientistas pretendem compreender como as nanoestruturas se deterioram. Como a estrutura não é estável, por enquanto não tem aplicações práticas (FOLHA DE S. PAULO, 2009a).
- h) Material semicondutor - o poema “Infinitozinho”, do compositor Arnaldo Antunes, foi transcrito ou “esculpido” em um nanofio de fosfeto de índio (material semicondutor), a partir da “escavação” com um feixe de elétrons gerado em um microscópio eletrônico de transmissão em varredura: “A palavra-poema foi escrita de trás para diante, a partir da extremidade livre do nanofio, com o microscópio modelo JEOL2100F-URP. As medidas são da ordem de 35 nanômetros por 440 nanômetros – um milésimo de um fio de cabelo”. A técnica “consiste em escavar o nanofio com um feixe de elétrons” ou esculpir furos no nanofio (BOMBIG, 2009).
- i) Nanopartículas simuladoras de moléculas LDL – pesquisadores brasileiros que buscavam uma terapia alternativa para o câncer encontraram uma

terapia para a arteriosclerose (inflamação das artérias), para o câncer e para as inflamações após transplantes de coração, que parece ser eficaz e com efeitos colaterais reduzidos. A terapia é com base em nanopartículas que simulam as moléculas LDL, as quais transportam o colesterol para as células. As nanopartículas, “recheadas” com os mesmos remédios usados em quimioterapia, transportam os remédios até as lesões, e tiveram eficácia de 60% em coelhos com arteriosclerose e de 50% em transplantes de coração em coelhos (MIRANDA, 2010).

- j) Grafeno – uma forma do elemento carbono com espessura de um átomo de carbono, altamente densa, flexível e forte que funciona como semicondutor, com potencial para substituir o silício. Sua estrutura se subdivide em: a) fulereno (“É a terceira forma mais estável do carbono, após o diamante e o grafite. Sua estrutura em circunferência permite a injeção de medicamentos no corpo humano sem que as células sejam destruídas”); b) nanotubos de carbono (100 mil vezes mais finos que um fio de cabelo e que servem como dutos em máquinas nanométricas). Pesquisadores estrangeiros “mostraram que o grafeno permite sensores capazes de detectar uma única molécula de gás tóxico. Além disso, os estudos dos dois têm sugerido que os transistores (conjunto de circuitos) de grafeno podem ser mais rápidos do que os de silício, usados hoje nos computadores de todos os tipos” (RIGHETTI, 2010b).

As principais áreas de aplicação da nanotecnologia enfatizadas na *Folha* são, portanto: a área da saúde, incluindo aplicações na indústria farmacêutica e na medicina, com novas possibilidades para pesquisa, diagnóstico e tratamento de doenças; novos materiais; indústria eletrônica; dispositivos como transistores, sensores, semicondutores; e informática (Tabela 2).

Essas visões fundamentam os argumentos de que a nanotecnologia gerará um conjunto de benefícios, com efeitos positivos sobre a qualidade de vida; o desenvolvimento de materiais e produtos mais eficientes com oportunidades de novos mercados, para competitividade industrial e desenvolvimento econômico; o desenvolvimento de novos instrumentos ou pesquisas sobre propriedades de novos materiais para o desenvolvimento científico-tecnológico e; preservação do meio ambiente (Tabela 3).

Tabela 2 - Áreas de aplicação da nanotecnologia segundo a *Folha de S. Paulo*, 2008-2010

Áreas de aplicação	Número de artigos
• Novos materiais	8
• Indústria Farmacêutica	7
• Medicina (pesquisa e diagnóstico de doenças)	6
• Indústria Eletrônica	5
• Dispositivos (transistores, sensores, semicondutores)	3
• Informática ou Computação	2
• Indústria Têxtil*	2
• Desenvolvimento de supermicroscópios	2
• Outros**	6

Fonte: elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

Nota: Mais de uma área de aplicação pode ser mencionada em cada artigo.

* Inclui coletes resistentes a impactos, como coletes à prova de bala, e roupas esportivas de alta tecnologia.

** Compreende uma citação de cada área: indústria aeronáutica, alimentícia, robótica, cosméticos, armazenamento de energia e transcrição poética.

Tabela 3 - Principais benefícios da nanotecnologia segundo a *Folha de S. Paulo*, 2008-2010

Principais benefícios da nanotecnologia, por artigo	Número de artigos
Artigos que abordam o assunto	15
• Saúde e qualidade de vida	6
• Materiais e produtos mais eficientes para novos mercados, competitividade industrial e desenvolvimento econômico	4
• Novos instrumentos ou pesquisas para desenvolvimento científico-tecnológico	4
• Preservação do meio-ambiente	1
Artigos que citam benefícios sem ênfase no assunto	4

Fonte: elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

No que se refere aos benefícios na área da saúde, diversas pesquisas de análise de conteúdo sobre nanotecnologia na mídia constataram o destaque para a versatilidade e precisão da ação de nanorrobôs (INVERNIZZI; CAVICHILO, 2009; LÖSCH, 2006). Nas matérias que analisamos houve poucas menções diretas ao termo nanorrobôs, embora diversas destaquem ações que lembram nanorrobôs. A referência explícita ao assunto está na matéria “Menor robô do mundo, nos EUA, pode carregar átomo” (MIOTO, 2010a). Segundo a matéria, os cientistas especulam que no futuro nanomáquinas poderão monitorar o corpo humano, curar células doentes e se reproduzir sozinhas. Esse prognóstico, todavia, parece estar distante de se concretizar, pois a nanomáquina apenas atende aos comandos “comece a andar”, “continue andando”, “pare”, “dê meia volta”, mas ainda não anda para os lados, ainda necessita de uma estrutura de apoio para andar e ainda não se auto-reproduz.

Também apareceram referências indiretas, por exemplo, na matéria de Miranda (2010) que se refere a nanopartículas que simulam as moléculas LDL (transportadoras de colesterol) e que transportam remédios até lesões causadas por arteriosclerose, câncer e transplantes de coração em terapia que está em fase de testes com cobaias; a matéria de Geraque (2008) destaca uma pomada que possui molécula fotossensível, a qual pode ser dirigida de forma precisa para células cancerosas, liberando o fármaco de forma progressiva e seletiva; Leite (2008b) se refere a projetos de pesquisa sobre a ação de nanomáquinas no Reino Unido; também Garcia (2008a) comenta uma pesquisa de norteamericanos que usam agentes biomarcadores (por exemplo, moléculas nanoscópicas) para identificar tumores de forma mais precisa e que objetivam criar tratamentos a partir da habilidade dessas moléculas de reconhecer células específicas de tumores.

As visões associadas com nanotecnologia também podem ser distinguidas pelo horizonte temporal (PASCHEN *et al*, 2004 *apud* FIEDELER; GRUNWALD; COENEN, 2005). Os textos da *Folha* apontam para a disponibilidade dos benefícios da nanotecnologia num futuro ora próximo, ora distante (Tabela 4).

Tabela 4 - Horizontes temporais para o desenvolvimento da nanotecnologia segundo a *Folha de S. Paulo*, 2008-2010

Prazos para que os benefícios estejam disponíveis	Número de artigos
Artigos que abordam o assunto	15
• Desenvolvimento futuro, sem especificar	8
• O desenvolvimento da nanotecnologia já começou	4
• Desenvolvimento a médio e longo prazos (mais de 10 anos)	2
• Desenvolvimento no futuro imediato (próximos 10 anos)	1
Artigos que não abordam o assunto	4

Fonte: elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

Do conjunto de 15 artigos que expõe alguma noção de temporalidade quanto à disponibilidade dos potenciais benefícios da nanotecnologia para a sociedade, a maior parte (oito artigos) aponta para um futuro indefinido e inespecífico, ou seja, para visões de futuro. A essa tendência se somam os dois artigos que projetam a realização das promessas em médio e longo prazo, em mais de dez anos. A propensão em se apresentar a nanotecnologia com forte ênfase em promessas e horizonte temporal não específico para a realização das mesmas foi constatada também por Invernizzi e Cavichiolo (2009) na análise das matérias divulgadas em seções de ciência da *Folha* no período de 2002 a 2007. Naquele período também se fez presente a visão de que estamos adentrando a sociedade nanotecnológica. Essa visão permanece, sendo que quatro artigos do período 2008 a 2010 assinalam que o desenvolvimento da nanotecnologia já começou e já conta com resultados concretos, e mais um artigo projeta o desenvolvimento no futuro imediato, nos próximos dez anos, com uma vida cotidiana facilitada por produtos inteligentes e com expectativas para o tratamento de enfermidades.

Os artigos explicitam a vitalidade das pesquisas na área de nanociência e nanotecnologia, bem como indicam que no atual estágio de desenvolvimento há alguns protótipos nanotecnológicos que podem ser usados pela indústria (“super-DVD”) ou em pesquisas (microscópio de fluorescência, hidrogel para testes de toxicidade de novas drogas em tecidos humanos) e alguns produtos já estão disponíveis no mercado (discos rígidos mais velozes para computadores, sensor magnético para carros, gravação magnética, roupas esportivas contra bactérias envolvidas na produção de mau cheiro). (Tabela 5).

Tabela 5 - Estado de desenvolvimento da nanotecnologia segundo os artigos da *Folha de S. Paulo*, 2008-2010

Estado de desenvolvimento da nanotecnologia	Número de artigos
• Investigações em processo	16
• Protótipos que podem ser usados pela indústria ou na pesquisa	3
• Produtos disponíveis	2

Fonte: elaborado pela autora com base nas matérias selecionadas, 2013.

Nota: Mais de um estado de desenvolvimento pode ser mencionado por matéria.

Sobressai claramente do conjunto de matérias um tom otimista em relação ao desenvolvimento da nanotecnologia, associado com desenvolvimento econômico, tecnológico e social, sem gerar quaisquer efeitos perversos sobre o emprego, a saúde, o meio ambiente e sobre a economia brasileira. Visões menos otimistas, como a de que o novo campo de conhecimento abre caminho para as chamadas *tecnologias disruptivas*, não são comentadas.

Uma tecnologia disruptiva, segundo Christensen (2003), citado por Gómez-Baquero (2007), é aquela que tem capacidade de romper segmentos de mercado, resultando na rápida obsolescência das tecnologias antigas, como foram os automóveis para as carruagens. Na perspectiva de Gómez-Baquero (2007), a mesma nanotecnologia que é uma janela de oportunidade para resolver problemas antigos de novas formas completamente diferentes, é também o desenvolvimento e aplicação de um conjunto de tecnologias disruptivas: os conhecimentos e aplicações de manipulação molecular e programação da matéria estariam gerando um aumento exponencial no desempenho de produtos e serviços tradicionais, que somado a soluções radicalmente diferentes, permitem aos produtos nanotecnológicos deslocar produtos líderes, renovar mercados, fomentar a atividade econômica e a competitividade.

Tendo como referência a visão de que provavelmente as nanotecnologias serão tecnologias disruptivas, Invernizzi e Foladori (2008) destacam que os efeitos sociais e econômicos desse processo são difíceis de prever e sustentam que a forma mecânica e linear de pensar, segundo a qual as nanotecnologias beneficiarão a todos (inclusive os países e populações pobres, nas visões mais otimistas), não toma em conta a complexidade das relações socioeconômicas em que se desenvolve a nanotecnologia.

Um dos exemplos citados pelos autores é o potencial de uso da nanotecnologia no tratamento e redução da incidência de AIDS, refletindo que embora isso seja possível do ponto de vista estritamente tecnológico, não podemos esquecer da já conhecida guerra aberta entre as indústrias farmacêuticas transnacionais e os governos de países que pretendiam fabricar antirretrovirais contra a doença. Reiteram que a patente dos medicamentos é controlada pela empresa por 20 anos, o que lhes outorga monopólio sobre preços e mercados. Assim, muitos países pobres não conseguem cobrir seus preços e as empresas se voltam sistematicamente contra as nações que tentam fabricar medicamentos genéricos na tentativa de democratizar os benefícios da solução tecnológica, por exemplo: “Um dos casos históricos mais alarmantes, que ilustra o comportamento das empresas multinacionais contra a saúde pública, foi a ação legal encaminhada em 2001 por 39 grandes corporações farmacêuticas contra o governo da África do Sul, para impedi-lo de produzir medicamentos genéricos para o tratamento da AIDS” (INVERNIZZI; FOLADORI, 2008, p. 18, tradução nossa).

No caso das matérias da Folha, vemos o título “Ouro reabilita droga anti-HIV em teste” (FOLHA DE S. PAULO, 2008b); ele transmite a expectativa de futura nova droga para o combate às infecções causadas pelo vírus HIV. O texto revela a complexidade do trabalho científico *strictu-sensu* que levou os cientistas a abandonarem o desenvolvimento da droga na década de 1990 e a retomarem as pesquisas cerca de uma década depois a partir das possibilidades abertas pela nanotecnologia. Vale notar, conforme as reflexões acima apresentadas, que para além dos desafios a superar nas pesquisas, há também os desafios no plano das relações entre tecnologia e sociedade, como as relativas aos usos sociais do conhecimento. A essas questões dedicaremos a próxima seção.

Por fim, para concluir a análise das visões hegemônicas sobre nanotecnologia presentes nos artigos, cabe ratificar que amiúde a ciência é apresentada como uma atividade neutra e alheia ao contexto social, como se fosse desvinculada de qualquer interesse político, ideológico ou econômico; e os cientistas como pessoas que sempre procuram soluções para o desenvolvimento econômico e o bem da humanidade. Estas visões estão amplamente presentes na sociedade, conforme destaca Trueba (2009).

5.2.4 Promessas, aplicações, riscos e implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia

Por muito tempo – e ainda hoje, em especial nos países em desenvolvimento – a humanidade se deparou (e continua se deparando) com os problemas e conflitos da distribuição de riquezas e, nesse contexto, “o processo de modernização encontra-se e consoma-se sob a pretensão de abrir com as chaves do desenvolvimento científico-tecnológico os portões que levam às recônditas fontes da riqueza social” (BECK, 2010, p. 24). Essas pretensões se traduzem em traços fortes das visões hegemônicas que aparecem nos artigos de seções de Ciência da *Folha*, ao menos no período 2008 a 2010, como vimos na seção anterior, e no período anterior (2002 a 2007), conforme Invernizzi e Cavichiolo (2009). Posto isso, partindo da análise de Beck sobre mudanças em curso principalmente nos países desenvolvidos, o fato de ainda estarmos à volta do combate à miséria¹²³ pode contribuir para que passem despercebidas as ameaças, “efeitos colaterais” e riscos decorrentes do próprio desenvolvimento científico-tecnológico e, por conseguinte, essa pode ser uma das razões pelas quais essas questões ocupam poucas páginas dos jornais.

Nos processos de industrialização recentes tendem a convergir conflitos sociais sobre a distribuição de riqueza e a distribuição de riscos, notoriamente riscos com repercussões globais, riscos que escapam à percepção sensorial e que tem como causa principal a superprodução industrial, argumenta Beck. Nesse contexto, segundo o autor, as ameaças afetam ricos e pobres, mas os pobres estão mais expostos aos problemas, pois muitos manejam elementos químicos de alto risco sem a devida proteção nas indústrias, moram próximos de locais com alto nível de poluição e também não têm poder aquisitivo para rejeitar determinados produtos e adquirir outros mais seguros¹²⁴.

Adicionalmente, o conhecimento sobre os riscos adquire uma nova relevância política para afastar individualmente potenciais ameaças e, sobretudo, para participar da disputa em torno da definição dos riscos e da adoção de medidas de

¹²³ A miséria não é expressão da escassez de bens, mas do fato de que poucos abocanham muito (situação amenizada na última década, ao menos temporalmente, com a distribuição de bolsas como política social de distribuição de renda). Contudo, as visões de nanotecnologia muitas vezes colocam esses problemas como a “falta de”.

¹²⁴ Para mais detalhes sobre essas questões, vide Beck (2010, p. 41-42).

precaução. Esse é um dos pontos nevrálgicos na “sociedade de risco”, pois à desigualdade na distribuição de riquezas materiais corresponde em geral uma desigualdade na distribuição dos bens simbólicos, sociais e políticos, o que acarreta uma distribuição desigual dos riscos,

ameaças que com frequência não são nem visíveis nem perceptíveis para os afetados, ameaças que, possivelmente, sequer produzirão efeitos durante a vida dos afetados, e sim na vida de seus descendentes, em todo caso ameaças que exigem os ‘órgãos sensoriais’ da ciência – *teorias, experimentos, instrumentos de medição* – para que possam chegar a ser ‘visíveis’ e interpretáveis como ameaças. (BECK, 2010, p. 32, grifos no original).

A esse propósito, o autor defende que nas definições de risco se quebre o monopólio de “racionalidade das ciências”, porque “existem sempre pretensões, interesses e pontos de vista concorrentes e conflitivos dos distintos atores da modernização e grupos afetados” (BECK, 2010, p. 34), e os cientistas se vinculam com interesses econômicos, políticos e éticos não declarados apesar dos esforços de racionalidade objetiva e técnica. Nesse sentido, a “racionalidade científica” é interpolada pela “racionalidade social”, ou seja, pelos questionamentos, dúvidas, temores e argumentos da sociedade, de modo que ambas as racionalidades podem se beneficiar mutuamente – a racionalidade científica ficaria vazia sem participação social e a racionalidade social ficaria cega em sua crítica sem a ciência.

Consideramos esses aspectos fundamentais para a análise da divulgação sobre riscos na *Folha*, merecendo especial atenção a concepção de ciência presente nos artigos analisados, pois esta fornece indícios sobre a relação entre a ciência e o público que, com a mediação do jornal, pode se guiar por uma perspectiva de déficit de informação por parte do público ou por uma perspectiva dialógica entre racionalidade científica e social. Para nossa análise, cabe destacar que a abordagem de riscos, conforme Beck (*ibid*), não inclui apenas os problemas da modernização para a natureza e saúde humana, mas também seus efeitos colaterais sociais, políticos e econômicos e outros, que podem demandar uma reorganização do poder político e da responsabilidade sobre as implicações do desenvolvimento tecnoeconômico. Por essa razão analisamos, juntamente com os riscos, as implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia.

Do conjunto de 19 matérias da *Folha de S. Paulo*, no período de 2008 a 2010, conforme já mencionado (Gráfico 4), apenas três tiveram como assunto principal os

riscos e as implicações éticas, legais e sociais da nanotecnologia. Todas as três matérias foram escritas pelo jornalista Marcelo Leite, especializado em jornalismo científico e doutor em ciências sociais pela Universidade Estadual de Campinas, e situam-se na seção *Mais Ciência*, extinta em maio de 2010. Trata-se dos textos: “Nanotubos, amianto e câncer” (LEITE, 2008a), “Nanodemocracia” (LEITE, 2008b) e “Nanoparticularidades” (LEITE, 2009). Acreditamos que dois fatores podem dar indicações das razões pelas quais os artigos que têm os “aspectos ELSI” como assunto principal possuem a mesma autoria e posição no jornal: 1) a trajetória de formação acadêmica e profissional do jornalista, que o aproximou dos estudos sociais da ciência e tecnologia e; 2) a hipótese de que o *Caderno Mais* era parte das leituras destinadas ao público mais informado e exigente e, portanto, seus objetivos se afastavam do jornalismo “*commodity*”.

Esses artigos enfatizaram em primeiro lugar os riscos para a saúde humana (com duas referências) e em segundo lugar os riscos para o meio ambiente (com uma referência no conjunto de matérias analisadas). Um dos riscos imperceptíveis mais relevantes analisados é o câncer, para o qual, contraditoriamente, alguns outros artigos (GARCIA, 2008a; GERAQUE, 2008; MIOTO, 2010a; MIRANDA, 2010) sinalizam que a nanotecnologia possa brindar tratamentos mais eficazes. A contradição é apontada inclusive no próprio texto de Leite (2008a, p. 9): “Não é de hoje que se investiga a hipótese de que nanomateriais causem dano à saúde. Por conterem partículas diminutas, são mais facilmente assimiláveis por estruturas como células. Para o bem (se forem remédios) ou para o mal (se forem tóxicas)”. Assim, por um lado, o jornalista chama atenção para o risco de câncer a partir da inalação de nanotubos de carbono:

Há vários tipos de nanotubo. Um dos mais usados tem várias camadas concêntricas (tubos dentro de tubos) e é longo. Em inglês, recebeu como apelido a sigla MWNT (de ‘*multiwalled nanotubes*’). [...] As fibras de MWNT se assemelham às de amianto, material mineral da natureza vinculado a um tipo de câncer (mesotelioma) no pulmão. Células de defesa do corpo, como os macrófagos, não conseguem tirar da superfície interna do órgão todas as minúsculas fibras de amianto aspiradas. Segue-se eventualmente uma reação inflamatória, que pode dar origem ao tumor (LEITE, 2008a, p. 9).

Por outro lado, o jornalista indica que os cientistas estudaram os efeitos das fibras MWNT e de amianto, ambas longas e curtas, em camundongos. Constataram que os nanotubos longos de MWNT, assim como as fibras longas de amianto, causam uma inflamação que antecede o mesotelioma. Por isso recomendam

avaliação de risco mais acurada da nanotecnologia e, em especial, dos nanotubos de carbono, que são leves como o plástico e resistentes como o aço. A mesma reação inflamatória não ocorreu com as fibras MWNT curtas ou curvas, possibilitando o conhecimento de suas propriedades e os estudos sobre como evitar danos à saúde humana. Nesse artigo, portanto, o autor destaca que riscos e benefícios devem ser considerados.

Aprofundando a discussão sobre riscos para a saúde humana, Leite (2009, p. 3) enfatiza as singularidades das nanopartículas e a necessidade de regulamentação. Conforme estudo de Mélanie Auffan e colegas, publicado na *Nature Nanotechnology* e citado pelo autor, apenas as partículas inferiores a 30 nanômetros podem ser efetivamente nocivas à saúde, mas os riscos e a respectiva regulamentação devem ser considerados caso a caso em nome do princípio da precaução. Assim, o artigo de Leite (2009) sinaliza benefícios e riscos devem ser considerados.

Em outro artigo, Leite (2008b) ratifica os riscos da nanotecnologia para a saúde e acrescenta o risco para o meio ambiente, em tom de controvérsia:

As mesmas propriedades físicas que tornam algumas partículas tão atraentes para a indústria e a medicina, como sua alta reatividade química, também as tornam potencialmente perigosas para o ambiente e a saúde (a começar pela sua fabricação). Inalar nanotubos de carbono, por exemplo, pode ter efeito no pulmão similar ao de fibras de amianto (LEITE, 2008b, p. 3).

Nesse artigo, o sentimento relativo a riscos e benefícios é que ambos devem ser considerados: “No nano e no macro, vale o dito alemão: confiança é bom, mas controle é melhor” (LEITE, 2008b, p. 3). Cabe destacar que apenas essas três matérias ponderaram riscos e benefícios. Nas demais matérias, uma vez que os riscos não foram abordados, fica latente a visão de que os benefícios superam os riscos, assim como ocorre na totalidade das reportagens analisadas no *Bom Dia Brasil*. Portanto, a *Folha de S. Paulo* se diferencia um pouco do programa analisado no capítulo anterior.

Com relação às implicações éticas da nanotecnologia, Leite (2008b) discute o reconhecimento da necessidade de popularizar a ciência e a desigualdade na democratização das decisões sobre a agenda de pesquisa:

Quase não se encontra um pesquisador que não seja favorável à democratização da ciência. Salvo aqueles casos patológicos de quem não acha necessário ter algo a dizer para a ‘Dona Maria’, todo mundo defende a

necessidade de popularizar o conhecimento produzido pelos cientistas. Por pragmatismo ou por princípio – tanto faz.

De um ponto de vista mais ambicioso e radical, porém, trata-se de uma democratização pela metade. Descer de vez em quando da torre de marfim, ou sair do laboratório de alta biossegurança, e deitar umas tantas pérolas aos poucos que se interessam.

Mesmo entre cientistas petistas (com perdão pela rima pobre), é raro ver alguma proposta participativa. Dar voz ao público na escolha de prioridades de pesquisa? Nem pensar.

No Brasil, pesquisador acha que as pessoas não precisam tomar parte nem da decisão sobre o que vão comer. Está aí o caso dos transgênicos, cuja aprovação os biotecnólogos pelejaram para manter nas mãos de ‘técnicos’ da CTNBio. Deu certo, mas com alto custo político (LEITE, 2008b, p. 3).

O autor destaca, portanto, que apesar de muitos pesquisadores brasileiros serem favoráveis à popularização da ciência, são desfavoráveis à participação do público na escolha de prioridades de pesquisa. Essas deliberações acabam circunscritas às comissões técnicas no Brasil e também em outros países, sem controle social efetivo sobre o teor das decisões. Diante das infinitas particularidades das nanopartículas, a indiferença diante da nanotecnologia seria uma atitude irresponsável (LEITE, 2009). Em linha com esse argumento, Leite (2008b) propõe que como a nanotecnologia “está ainda na infância”, é uma boa área para iniciar uma participação democrática. O jornalista cita o exemplo de Consulta Pública realizada no Reino Unido, pelo Conselho de Pesquisa em Engenharia e Ciências Físicas, sobre uma linha de pesquisa para estudos prospectivos de aplicações nanotecnológicas na medicina, que implicou no redirecionamento de algumas ideias iniciais da agenda de pesquisa, especialmente as pesquisas que adotam o conceito “teranóstico” (conjunto de diagnóstico e terapia). Por exemplo, em face da consulta pública foi suspenso, por ora, o fomento a pesquisas que pretendiam produzir dispositivos/máquinas para monitorar a presença de substâncias indesejáveis no corpo e liberar remédios para eliminá-las, pois os cidadãos não se sentiriam confortáveis com o monitoramento constante do organismo por pequenas máquinas.

As questões éticas estão estreitamente relacionadas com as implicações legais da nanotecnologia. Segundo Leite (2009) há necessidade de regulamentação das nanopartículas, caso a caso, e especialmente das partículas abaixo de 30 nanômetros, em nome do princípio ético da precaução. Todavia, o autor observa que o mercado se inclina para a desregulamentação:

Para cada ação da tecnociência, porém, surge uma reação. Alguns dirão que é coisa de desmancha-prazeres, ludditas, inimigos do progresso. Há razões, porém, para manter as nanopartículas sob vigilância.

[...] muita gente acha que a nanotecnologia precisa ser regulamentada, em nome do princípio da precaução. Até que se prove sua segurança por meio de testes, segundo o raciocínio, seria imprudente liberá-las no mercado. Já integrantes da indústria se inclinam pela desregulamentação – claro (LEITE, 2009, p. 3).

Neste sentido, o autor revela a existência de agentes interessados na regulamentação da nanotecnologia, com vistas a reduzir e controlar seus riscos, que o autor não explicita, e agentes interessados na sua desregulamentação (os industriais). Obviamente o *lobby* dos industriários se deve à sua permanência e competitividade no mercado e ao interesse em lucros, possivelmente exorbitantes para os *first-movers*, com a nanotecnologia. Ademais, muitos cientistas e engenheiros são aliados dos industriários, ainda que nem sempre explicitem esses interesses, produzindo protótipos para exploração em escala industrial, atividade que é considerada exitosa por uma parte da comunidade científica, se considerarmos, por exemplo, a concessão do Prêmio Nobel de Física de 2007 ao francês Albert Fert, que articulou a integração da universidade com diversas grandes empresas como Philips, Siemens e IBM.

Fert explicou à *Folha* como articulou a interação entre academia e indústria para desenvolver as aplicações tecnológicas: segundo ele ocorreu uma mudança na ideologia de que as universidades não deveriam colaborar com a indústria e que agora elas desejam ser úteis contribuindo com a economia¹²⁵. A matéria não oferece contrapontos aos argumentos de Fert. O importante é que se perceba que entre os cientistas não há neutralidade de posicionamentos, sendo que as pretensões podem ficar explícitas, como no caso de Fert, ou mesmo implícitas com a pretensão de racionalidade e neutralidade científica.

No que se refere à articulação profícua entre cientistas e empresários, vale lembrar o caso da regulamentação dos transgênicos, em que esses atores se vincularam com setores do governo para alcançar seus objetivos e, ao que tudo indica, conforme pesquisa de Ramos (2006), também com a mídia. O *lobby* de cientistas junto ao governo também foi visível no caso da discussão sobre a legalidade das pesquisas com células-tronco embrionárias humanas, deflagrada justamente na tentativa de encerramento do debate sobre os transgênicos. Em

¹²⁵ Destaca que a formação dos pesquisadores influencia na percepção da relação universidade-indústria: nos EUA a maioria dos pesquisadores da indústria são PhDs e conhecem a universidade, facilitando a interação. Já na Europa, frequentemente a formação de engenheiros das empresas e dos pesquisadores das universidades é diferente, obstaculizando a articulação universidade-indústria.

análise das matérias da *Folha de S. Paulo* sobre a reprodução humana assistida e seus desdobramentos, no ano de promulgação da chamada Lei de Biossegurança, ano de 2005, (KÖRBES, 2008) e análise de outros documentos posteriores (KÖRBES; INVERNIZZI, 2011b), constatamos que cientistas favoráveis à liberação das pesquisas com células-tronco obtiveram apoio velado da mídia para manter a legalidade das pesquisas questionada em Ação Direta de Inconstitucionalidade pouco depois da aprovação da lei. O questionamento da lei aprovada sem prévia discussão pública rendeu um debate científico intrinsecamente político que se estendeu por pelo menos três anos e foi oficialmente encerrado em audiência pública com pouca participação cidadã.

Voltando às implicações legais da nanotecnologia destacadas nos artigos examinados, Garcia (2008a) indica que para viabilizar uma nova possibilidade de tratamento do câncer baseada em nanotecnologia será necessário regulamentar os novos processos de imageamento e as novas abordagens de tratamento. Após pesquisas com animais em laboratório, o grupo de pesquisa busca autorização do FDA, órgão americano regulador de fármacos, para iniciar testes clínicos.

Em relação às implicações sociais da nanotecnologia, o destaque é para a necessidade de informação pública a respeito das diversas nuances da nanotecnologia e a participação cidadã na definição de prioridades de pesquisa na área, especialmente das que são financiadas com recursos públicos, conforme Leite (2008b). A esse respeito, segundo o jornalista, alguns se preocupam em não repetir os erros da biotecnologia, como é o caso do baixo controle social da ciência.

Concluindo, a discussão de riscos e implicações éticas, legais e sociais da nanotecnologia é assunto pouco presente na maioria das 19 matérias da *Folha* analisadas, com exceção de três matérias que tomaram essa discussão como relevante e central. Esse fato deve estar relacionado à visão de neutralidade da ciência e tecnologia que prevalece entre cientistas e jornalistas, complementada com a percepção de que todo conhecimento científico e toda aplicação em dispositivos, produtos ou serviços conduz invariavelmente ao desenvolvimento econômico e bem-estar social. Em linha com essa visão, nas situações em que aparecem interesses pessoais de um pesquisador ou grupos de pesquisadores, elas são tidas como caminhos necessários para o desenvolvimento tecnológico. A situação também decorre da escassa atuação no Brasil de grupos da sociedade civil organizados em torno a questões científico-tecnológicas. Os riscos, como

componentes que se projetam no futuro, distanciam-se das necessidades mais imediatas da sociedade de enfrentar a pobreza que afeta o cotidiano de milhares de famílias, aspectos em que têm se centrado os movimentos sociais no país.

Além disso, inferimos a partir do filme “O jornal do futuro” (ANDRADE, 2010) e da leitura frequente do jornal, que a direção da *Folha* vem apostando na tendência do jornalismo *commodity*, indiferenciado e de massa, com um número maior de matérias mais enxutas em que fica mais difícil mergulhar em assuntos controversos ou mesmo apresentar diversos pontos de vista sobre uma mesma questão. Essa tendência agrava a histórica restrição de espaço a que se subordinam os textos dos jornalistas. Essa tendência vai à contramão da necessidade de fomentar a cidadania sociotécnica, que envolve um conhecimento das diversas dimensões e mediações sociais da ciência e tecnologia.

CONCLUSÕES

Em linhas gerais, os conteúdos abordados pela *Folha de S. Paulo* a respeito de nanotecnologia enfocam substancialmente, embora não exclusivamente, os assuntos *commodity*, ou seja, a construção de artefatos tecnológicos que empregam conhecimentos de escala nanométrica e as visões de futuro associadas aos mesmos. A descrição física de objetos materiais e dos processos técnicos de pesquisa com uma aparente neutralidade não destaca a rede sociotécnica que os constitui, muito embora em alguns casos isso apareça implícito nas matérias.

As definições mais recorrentes de nanotecnologia nas matérias analisadas referem-se às suas propriedades e/ou funções e à escala. Quanto à escala, as definições, semelhantes entre si, em geral não colocam em discussão o marco dimensional da nanotecnologia. Quanto à descrição das propriedades e funções dos materiais em nanoescala, quase sempre parece que as propriedades são próprias dos materiais e poucas vezes fica clara a mudança de comportamento e suas implicações, questão chave quanto às propriedades. A noção de escala é uma definição da nanotecnologia comum às reportagens analisadas do *Bom Dia Brasil*, mas a *Folha* difere do telejornal na ênfase nas propriedades e na ausência de uma definição que identifique a nanotecnologia como natural.

Como dito, a definição de nanotecnologia depende de quem a produz e das circunstâncias e dinâmicas que levam à sua estabilização. Apenas em alguns casos isolados houve referência ao processo de construção social do conceito de nanotecnologia, com identificação explícita de atores interessados em seu desenvolvimento. Nesses casos observamos que os termos e definições têm relação com os propósitos do texto, por exemplo, associar nanopartículas com particularidades que requerem análise caso a caso. Todavia, de modo geral, as definições de escala são aparentemente neutras e imprecisas.

Para auxiliar na compreensão da nanoescala e das propriedades e funções da matéria nessa escala, os jornalistas se utilizam de narrativas ficcionais, metafóricas e recursos visuais (infográficos, fotografias, imagens e desenhos) que contribuem para recontextualizar o conhecimento especializado e atribuir maior relevância e significado às informações divulgadas. Nessa direção, metade das matérias analisadas utiliza algum recurso visual para informar sobre a nanotecnologia, sendo os diagramas, empregados para explicar a técnica de pesquisa, a estrutura ou funcionamento de novos materiais ou dispositivos e novas aplicações da nanotecnologia, os mais usados. Estes, em alguns casos, retratam cenários futuristas, como quando representam nanorrobôs e super DVDs.

De modo geral, os textos sobre ciência da *Folha* apresentam relatos de pesquisas científicas, com destaque para as pesquisas de países que lideram a produção científica mundial. Os relatos sobre pesquisas brasileiras apresentam quase exclusivamente a ciência produzida na região Sudeste, uma expressão da desigualdade regional na produção científica nacional e, possivelmente, das preferências dos leitores. Constatamos também que a *Folha* informa mais sobre a C&T de países desenvolvidos do que de países com contextos, necessidades e interesses semelhantes, como países da América Latina. Essas manifestações são decorrentes de um problema tecnoeconômico, configurado por modelos de acumulação centrados na importação de tecnologia.

A maioria absoluta dos artigos salienta a novidade da nanotecnologia e alguns artigos mencionam uma ruptura tecnológica. Estão presentes visões sobre a disponibilidade de *novos materiais ou dispositivos*, com a perspectiva de que serão mais eficientes que os já conhecidos; a *possível resolução de problemas a partir da visualização de nanoestruturas*; a visão de que no futuro *nanomáquinas* poderão monitorar o corpo humano e agir curando ou matando células doentes, a mais

radical de todas as apresentadas; a *visão de melhoramento de produtos* pela incorporação de novos materiais, novas propriedades ou funções e; a *visão de que a nanotecnologia envolve riscos* para a saúde humana e o meio ambiente.

As quatro primeiras categorias de visões fundamentam os argumentos de que a nanotecnologia gerará um conjunto de benefícios, com efeitos positivos sobre a qualidade de vida; o desenvolvimento de materiais e produtos mais eficientes com oportunidades de novos mercados; o desenvolvimento de novos instrumentos ou pesquisas sobre propriedades de novos materiais para o desenvolvimento científico-tecnológico e; preservação do meio ambiente. A maior parte dessas visões reproduz os modelos lineares da C&T, segundo os quais a boa ciência se converterá em inovação, que trará desenvolvimento e benefício social. Na medida em que busca evitar questionamentos dessa visão, a maior parte dos artigos do jornal se aproxima do modelo de déficit e educa para a conservação da C&T nos moldes atuais.

As principais áreas de aplicação da nanotecnologia enfatizadas na *Folha* são a área da saúde, incluindo aplicações na indústria farmacêutica e na medicina, com novas possibilidades para pesquisa, diagnóstico e tratamento de doenças; novos materiais; indústria eletrônica; dispositivos como transistores, sensores, semicondutores; e informática. A maior parte dos artigos aponta um futuro indefinido e inespecífico para a disponibilidade dessas aplicações. Outros projetam realizações em médio e longo prazo, em mais de dez anos. Outros ainda, indicam que estamos adentrando a sociedade nanotecnológica, com alguns protótipos nanotecnológicos que podem ser usados pela indústria, outros pelos laboratórios de pesquisa, e alguns artefatos disponíveis no mercado. A visão de que já contamos com resultados concretos foi identificada em pesquisas anteriores, inclusive na análise de seções de C&T do *Bom Dia Brasil*.

Sobressai claramente do conjunto de matérias um tom otimista em relação ao desenvolvimento da nanotecnologia, associado com desenvolvimento econômico, tecnológico e social. Visões menos otimistas, como a de que o novo campo de conhecimento abre caminho para as chamadas *tecnologias disruptivas*, não são comentadas. Por fim, amiúde a ciência é apresentada como uma atividade neutra e alheia ao contexto social, como se fosse desvinculada de qualquer interesse político, ideológico ou econômico.

Nesse contexto, a discussão de riscos e implicações éticas, legais e sociais da nanotecnologia está pouco presente no conjunto dos 19 artigos analisados.

Como possíveis explicações para esse fenômeno da informação jornalística temos que: a) prevalece entre cientistas e jornalistas a visão de neutralidade da ciência e tecnologia e de que todo conhecimento científico e toda aplicação tecnológica conduz invariavelmente ao desenvolvimento econômico e bem-estar social; b) nas situações em que aparecem interesses pessoais de um pesquisador ou grupos de pesquisadores, elas são tidas como caminhos necessários para o desenvolvimento tecnológico; c) os riscos, como expressão de antecipações para o futuro, ao mesmo tempo em que são reais pela sua iminência, não parecem ser prioridade na agenda de pesquisa e de participação pública; d) os riscos, como projeções de futuro, não causam o mesmo efeito sobre as vendas que projeções concorrentes para o futuro, como o anúncio de novidades que prometem facilitar e prolongar a vida; e e) a direção da *Folha* vem apostando na tendência do jornalismo *commodity*, indiferenciado e de massa, privilegiando textos sintéticos sobre assuntos que despertem o interesse dos clientes, agravando a histórica restrição de espaço para a informação.

Os riscos e implicações éticas, legais e sociais da nanotecnologia foram assunto central em apenas três artigos, todos de autoria de Marcelo Leite, o que certamente se explica pela sua trajetória de formação acadêmica e profissional. Os artigos se situavam no *Caderno Mais*, extinto em maio de 2010 que, muito provavelmente, era parte das leituras destinadas ao público mais informado e exigente e, portanto, seus objetivos se afastavam do jornalismo “*commodity*”. Esses artigos enfatizaram em primeiro lugar os riscos para a saúde humana e em segundo lugar os riscos para o meio ambiente. Ao ponderarem benefícios e riscos, estes textos se aproximam do modelo dialógico e cumprem a função de educar para a participação.

Com relação às implicações éticas da nanotecnologia, discute-se o reconhecimento da necessidade de popularizar a ciência e, contraditoriamente, a desigualdade na democratização das decisões sobre a agenda de pesquisa. Dentre as questões éticas discutidas estão a necessidade de regulamentação das nanopartículas e dos novos processos de diagnóstico e tratamento de doenças, em nome do princípio da precaução. Dentre as implicações sociais da nanotecnologia, destaca-se a premência da informação pública a respeito das diversas nuances da nanotecnologia e da participação cidadã na definição de prioridades de pesquisa na área, especialmente das que são financiadas com recursos públicos.

6. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM WEBTV: O PROGRAMA NANOTECNOLOGIA DO AVESSE, 2009-2010

Neste capítulo analisamos o conteúdo de uma amostra de 17 programas *Nanotecnologia do Avesse* veiculados pela AITV, TV pela internet, e disponibilizados no blog <<http://nanotecnologiadoavesso.org/>>, sítio da Renanosoma, no período de 2009 a 2010. Estes foram os primeiros anos do programa, período que coincide com os analisados em outras mídias. Uma amostra não aleatória foi definida com base em vários critérios, entre eles a variedade de temas, de áreas de conhecimento e a diversidade de fontes institucionais, nacionais e estrangeiras, com o intuito de representar, da forma mais balanceada possível, a proporcionalidade em relação ao conjunto de 86 programas do período disponibilizados no blog, mas dando um peso relevante à representação da diversidade de atores entrevistados.

A escolha desse programa como objeto de análise da tese se justifica por pelo menos duas razões. A primeira é incorporar uma forma de divulgação da nanotecnologia em “novas mídias”. Transitamos para novas formas de acesso aos meios de comunicação, em que cada vez mais se usa a internet para acessar o jornal, a televisão e o rádio e qualquer outra forma de produto informativo ou cultural digitalizado, como filmes, bases de dados, músicas, livros e outros. A tendência é de uma preferência dos usuários mais jovens em acessar as diferentes mídias pelo computador, transformando a plataforma de difusão das informações, os processos de recepção da informação e a relação entre os emissores e receptores, que passa a incorporar mais possibilidades de interatividade (CASTELLS, 2012).

O acesso e uso da internet estão em grande crescimento no Brasil, acompanhados pela melhoria na qualidade da conexão representada pelo crescimento do acesso à banda larga. Isso interfere diretamente na capacidade de transferência de informações, sendo que quanto mais larga a banda, mais extenso pode ser o conteúdo acessado. De acordo com estudo *Net Speed Report*, do IBOPE Nielsen Online¹²⁶, o número de usuários ativos de conexões de mais de 2 MB em junho de 2012 foi 91% maior que em junho de 2011. Já o número de usuários que

¹²⁶ *Joint venture* entre o IBOPE Media – unidade de negócios do Grupo IBOPE especializada em pesquisa de mídia na América Latina – e a Nielsen Online.

utilizam conexão de até 512 KB caiu 39% no mesmo período. Segundo o IBOPE Nielsen Online, o total de pessoas com acesso em casa ou no local de trabalho no mês de junho de 2012 era de 68 milhões e dessas pessoas com acesso, 50,5 milhões foram usuários ativos. Esse número aumentava para 82,4 milhões de usuários se considerado o acesso à internet em qualquer ambiente (IBOPE, 2012).

A segunda razão é diversificar os grupos de opinião que adquirem voz na divulgação científica. As mídias anteriormente analisadas, do *Grupo Folha* e das *Organizações Globo*, integram um mesmo grupo de intelectuais da *sociedade civil*, articulados indiretamente ou diretamente com o *Instituto Millenium*, que compreende o grupo economicamente dominante na comunicação social de massa no país. Assim, dado que se discute no nível internacional a regulamentação (e diversificação) da mídia, consideramos essencial analisar um programa que não tem ligação com este grupo, pela possibilidade de maior heterogeneidade do conteúdo que, por sua vez, reflita a veiculação dos valores, perspectivas e interesses de outros grupos sociais, ausentes ou pouco presentes nas outras mídias estudadas.

A propósito, é relevante considerar que as questões que se valoriza e institucionaliza na sociedade são definidas por relações de poder e “o poder na sociedade em rede é o poder da comunicação” (CASTELLS, 2012, p. 85). Castells define o poder como a capacidade de um ator social influir de forma assimétrica nas decisões de outros atores sociais, pela coação ou pela construção de significados a partir dos discursos pelos quais atores sociais guiam suas ações. Na perspectiva de expor essa assimetria, selecionamos o programa *Nanotecnologia do Avesso*, que persegue propósitos distintos do grupo que engloba as outras mídias analisadas.

Este capítulo está estruturado em três partes. Iniciamos com uma revisão das características da divulgação em mídia virtual, em especial na Web TV, e das ações do projeto “Engajamento Público em Nanotecnologia”, contexto em que foi concebido o programa *Nanotecnologia do Avesso*. Em seguida analisamos os programas do período de 2009 e 2010 em duas seções principais: na primeira diagnosticamos aspectos gerais do total de programas, como o perfil dos entrevistados e os temas abordados; e na segunda analisamos o conteúdo de programas selecionados.

6.1. CARACTERÍSTICAS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA MÍDIA VIRTUAL E A EXPERIÊNCIA DO PROJETO *ENGAJAMENTO PÚBLICO EM NANOTECNOLOGIA*

A comunicação mediada por computadores chega a ser considerada a quarta revolução na comunicação humana, na cognição humana e nos meios de produção do conhecimento, sendo uma mudança tecnológica significativa comparável às três revoluções anteriores na área da comunicação: língua (fala), escrita e impressão, conforme explicam Warschauer (2006) e Kenski (2007). Desse modo, favorece também a difusão e divulgação do conhecimento.

A linguagem digital supera a separação entre linguagem oral e escrita, englobando-as em novos contextos. Essa linguagem possibilita a interação rápida, à distância, com o uso da escrita, junto com a troca de ideias, o registro e a reflexão sobre as mesmas. Na multimídia, também conhecida como hipermídia e baseada em computadores – por exemplo, na *World Wide Web* – é que mais se misturam elementos textuais e audiovisuais, ou seja, é onde mais se combina os elementos interpretativos e analíticos do texto escrito com os elementos ilustrativos do texto visual e com os sons e a voz (WARSCHAUER, 2006; KENSKI, 2007). Desse modo, as novas TIC, sobretudo o computador, possibilitam novas mediações no processo de socialização do conhecimento, favorecendo um maior grau de cooperação, interatividade e colaboração, características do novo momento cultural.

O desenvolvimento das novas TIC tem possibilitado uma renovação das mídias que afeta a interação da sociedade com os meios de comunicação de massa, criando novas formas de sociabilidade, conforme destaca Ribeiro (2009). Segundo a autora, nesse contexto se situa o surgimento da WebTV, baseada nos pilares de convergência, fluxos informacionais e construções colaborativas, possibilitando a conversão do conteúdo televisivo para a internet, a construção social de informação com a participação do usuário como produtor de conteúdo e não mais como mero receptor de mensagens e programação segmentada em função de audiências com interesses específicos.

A WebTV possibilita que o usuário assista a programas com formato televisivo a partir do computador, bem como viabiliza uma maior interatividade. O sistema deve crescer nos próximos anos impulsionado pela ampliação do acesso a internet, que alicerça a sua infra-estrutura. Em países como Japão e Inglaterra, onde já está

bem difundida a TV Digital, que está em fase inicial de implantação no Brasil, tem-se observado que a WebTV possibilita maior interação com o usuário que a TV Digital, na medida em que o usuário pode contribuir com a construção do conteúdo. Nas palavras de Ribeiro (2009, p. 8): “A WebTV e os novos meios de comunicação surgidos a partir do desenvolvimento de tecnologia Internet, alteram as estruturas vigentes por quase um século e transformam o tradicional receptor em potencial produtor e emissor de informações”. Esse processo de mudança pode alterar a produção e distribuição de conteúdo na sociedade, contribuindo para a diversificação de organizações dedicadas à televisão.

No Brasil já temos diversos exemplos de canais de WebTV, tais como: 1) o *AllTV* (<<http://www.alltv.com.br/>>), criado em 2004, tem conteúdo e programação próprios e transmitiu o programa *Nanotecnologia do Avesso* nos primeiros anos de sua realização e afirma ser o primeiro canal brasileiro com conteúdo produzido exclusivamente para a internet; 2) o *Terra TV* (no Portal de Informação <www.terra.com.br>), que conta com programação fixa, com programas de entretenimento, telejornal, transmissão de conteúdo ao vivo, além de vídeos, notícias postadas por usuários, entre outros; 3) webTVs de universidades públicas, como a Universidade de São Paulo.

O programa *Nanotecnologia do Avesso*, programa de TV pela internet, integrou o projeto “Engajamento Público em Nanotecnologia”, aprovado pelo edital CNPq nº 12/2006 e que foi até abril de 2009, e continua sendo realizado pela Renanosoma (MARTINS; FERNANDES, 2009). Segundo o coordenador do programa, Paulo Roberto Martins, que em 2013 respondeu a um questionário que lhe enviamos via correio eletrônico, com os recursos do projeto foram pagos os programas transmitidos pela AllTV por um ano e depois disto não houve mais recursos. Todavia, o programa continuou a ser exibido pela AllTV em 2010 e 2011.

Em janeiro de 2012 o programa passou a ser transmitido pela IPTV (canal de WebTV e canal de televisão fechado) da Universidade de São Paulo (<www.iptv.usp.br/>), sendo que no período de transição os programas eram gravados semanalmente, mas por motivos técnicos não eram divulgados ao vivo. Isto foi possível a partir de um trabalho conjunto com o Professor Dr. Ruy Braga do Departamento de Sociologia da Universidade de São Paulo, membro da Renanosoma. O programa passou a ser o responsável por constituir um banco de dados sobre nanotecnologia, no âmbito de projeto de pesquisa do Prof. Braga.

Martins declara que as condições técnicas da IPTV desta Universidade são melhores que da AllTV, mas a audiência é muito menor.

Antes de começar com os programas de TV pela internet, o projeto *Engajamento Público* realizou *chats* entre abril de 2007 e novembro de 2008, contando com entrevistas de pesquisadores ou outras pessoas que desenvolvessem trabalho relacionado com a nanotecnologia. Conforme Martins e Fernandes (2011), os bate-papos eram divulgados por e-mail, notícias e convites pessoais, obtendo uma média de participantes muito baixa: 8,3 participantes por evento. Em enquete realizada em março de 2008 com cerca de 30 internautas para avaliar a divulgação da nanotecnologia por meio de *chats* foi constatado que estes eram bem avaliados, mas que os internautas tinham preferência por reportagens, vídeos ou outros meios. A partir dessa avaliação os coordenadores do projeto buscaram novas estratégias para popularizar a nanotecnologia, em especial a WebTV.

Nanotecnologia do Avesso é um programa de entrevistas que discute aspectos gerais ou específicos de nanotecnologia. O programa é dirigido pelo sociólogo Paulo Roberto Martins, coordenador da Renanosoma. Eventualmente o programa reúne dois ou mais entrevistados em uma mesma edição e alguns convidados concedem mais de uma entrevista, em edições não consecutivas. A transmissão é ao vivo a partir do estúdio, por meio do *skype* ou videoconferência. Um *chat* vinculado ao programa possibilita a interação dos internautas que podem enviar comentários ou perguntas (MARTINS; FERNANDES, 2011).

Um primeiro estudo dos programas foi realizado por Martins e Fernandes (2011), que analisaram os perfis dos entrevistados e a audiência do programa em suas cem primeiras edições, de 12 de janeiro de 2009 a 01 de fevereiro de 2011, mas devido a problemas técnicos obtiveram dados de audiência de apenas 94 edições.

A análise dos índices de audiência, a partir de dados registrados no servidor, revela que a estratégia da WebTV permitiu atingir um público significativo de pessoas interessadas no tema da nanotecnologia:

Em média, cada edição foi acompanhada por 1.089 internautas. Considerando-se apenas os programas de 2009, essa média foi 1.240 e caiu para 922, ao longo do ano de 2010. [...] De forma resumida, observa-se que a audiência começa elevada, sofre uma queda e, depois, volta a crescer (MARTINS; FERNANDES, 2011, p. 114).

O crescimento é retomado especialmente a partir de setembro de 2010. No conjunto das estratégias de divulgação científica experimentadas no âmbito do Projeto de *Engajamento Público em Nanotecnologia*, o programa *Nanotecnologia do Avesso* representou um salto quantitativo na audiência, passando da média de menos de 10 internautas por *chat* para mais de 1000 na WebTV e um salto qualitativo no conjunto de experiências de divulgação científica sobre nanotecnologia no Brasil, dada a diversificação de vozes, notável pela diversidade de entrevistados.

No que se refere ao perfil dos entrevistados, os autores constataram que houve maior frequência de pesquisadores das ciências humanas, seguidos pelos das ciências exatas e da saúde, numa tendência inversa à da mídia tradicional. Em proporções menores, também foram entrevistados não pesquisadores, como representantes de assessoria ao movimento sindical e ONGs, que poucas vezes participam na imprensa convencional.

Cruzando os dados da audiência com o perfil dos entrevistados, constataram que a audiência média de todas as categorias ficou entre 1000 e 1200 internautas, aproximando-se da média geral por programa no período analisado, com uma tendência a audiências maiores para entrevistas com assessorias ao movimento sindical. Essa tendência demonstra, segundo os autores, o engajamento dos trabalhadores, um dos públicos mais expostos a potenciais riscos da nanotecnologia, nos debates sobre nanotecnologia.

Martins e Fernandes (2011) justificam a baixa participação de gestores de políticas públicas no programa, que por motivos diversos teriam declinado dos convites, bem como a baixa participação de representantes de ONGs, pois há poucas organizações desse tipo que discutem a nanotecnologia no Brasil. Quanto à origem geográfica dos entrevistados, constataram que a grande maioria é do Brasil, da região Sudeste e em especial do estado de São Paulo.

Os autores percebem dois grandes desafios do programa *Nanotecnologia do Avesso*, quais sejam: 1) a necessidade de diversificar ainda mais as vozes sobre a nanotecnologia, desenvolvendo entrevistas com convidados de diversas regiões e estados do país e; 2) aumentar a interatividade do programa com os internautas, na perspectiva da participação e colaboração ativa dos usuários na produção e emissão de conteúdos informativos, de modo articulado à proposta inovadora da WebTV. Também recomendam pesquisas sobre o perfil da audiência do programa, sobre o processo de recepção das mensagens e sobre o conteúdo dos programas, entre

outros. A nossa pesquisa está alinhada com essa proposta e centra-se no conteúdo dos programas.

O coordenador do programa ressalta as facilidades técnicas proporcionadas pela IPTV da USP e aponta a dificuldade de continuar os programas sem recursos financeiros. Ele enfatiza que com recursos seria possível melhorar significativamente o programa e a divulgação do mesmo, o que certamente redundaria em maior audiência. Também considera necessária uma apropriação mais ampla de todo material já produzido, em termos de disponibilizá-lo ao público de forma mais fácil, interativa e com melhor qualidade para a realização de pesquisas, ou seja, de melhorar a sua disponibilização, bem como em termos de produção de conhecimentos sobre o impacto, a recepção e a percepção do público que vê o programa para, a partir destes resultados, repensá-lo (MARTINS, 2013).

6.2. ESTUDO DE CASO – NANOTECNOLOGIA DO AVESSE

O *Nanotecnologia do Avesse*, programa de entrevistas sobre aspectos gerais ou específicos relacionados com a nanotecnologia, iniciado em 2009, completa em 26 de fevereiro de 2013, em pouco mais de quatro anos de existência, um total de 200 entrevistas. Até o final de fevereiro de 2013 estavam disponibilizados os vídeos até a edição n. 177 no sítio da Renanosoma.

A duração das entrevistas é de aproximadamente 50 minutos, acrescida de tempo para as propagandas no intervalo e ao final do programa. Não há um roteiro de questionamentos preestabelecido pelo entrevistador, mas observamos que são recorrentes indagações sobre: o conceito de nanotecnologia; as implicações da nanotecnologia para os pesquisadores, os trabalhadores e os consumidores; riscos da nanotecnologia para a saúde e o meio ambiente; aspectos regulatórios; papel da divulgação científica para o engajamento público e percepções sobre a política de CT&I na área de nanotecnologia. Desse modo, o entrevistador direciona o programa para os aspectos pouco expostos em outras mídias.

Realizamos a análise dos programas do período de 2009 e 2010 em duas partes: na primeira verificamos aspectos gerais da totalidade de programas, como

perfil dos entrevistados e temas abordados e; na segunda, analisamos o conteúdo de programas selecionados. Encerramos com as conclusões.

6.2.1 Caracterização do total de programas *Nanotecnologia do Avesso* do período de 2009 a 2010

Nessa seção caracterizamos o conjunto dos programas *Nanotecnologia do Avesso* realizados nos anos de 2009 a 2010. Acessamos os programas a partir do sítio na internet (supracitado) da Renanosoma e encontramos 86 dos 95 programas estimados para o período, conforme mostra a Tabela 6:

Tabela 6 - Programas *Nanotecnologia do Avesso*, 2009 e 2010

	Programas estimados	Programas indisponíveis	Programas disponíveis
2009	47	1	46
2010	48	8	40
Total	95	9	86

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas disponíveis em <<http://nanotecnologiadoavesso.org/>>, 2013.

Um programa pode contar com mais de um entrevistado. Observamos uma média de 39 entrevistados por ano, somando 78 entrevistados, dos quais sete concederam entrevistas em 2009 e em 2010 (Tabela 7). Conforme a tabela, do total de entrevistados, 40 atuam em Universidades, Institutos ou Redes de Pesquisa Nacionais, dos quais a maior parte na região Sudeste, dois no Sul e um no Norte; 11 estão vinculados a Universidades ou Institutos de Pesquisa do exterior, dos quais oito a instituições europeias e três a instituições norteamericanas; 16 integram Organizações da Sociedade Civil, como as brasileiras – sindicatos de trabalhadores, em especial os de indústrias químicas, Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE), Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho (DIESAT), Informação, Intercâmbio, Estudos e Projetos – ONG de São Paulo (IIEP) – ou internacionais,

como Amigos da Terra (*Friends of Earth*) e Marcha Mundial das Mulheres; dois entrevistados são pesquisadores de empresas (Nanox e Oxiteno do Brasil) e dois são professores em escolas de Educação Básica.

Tabela 7 - Entrevistados no programa *Nanotecnologia do Avesso*, 2009-2010, por ano e nacionalidade

	Brasileiros	Estrangeiros	Total
2009	36	3	39
2010	29	10	39
Subtotal	65	13	78
Repetidos	7	0	71
Total	58	13	71

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas disponíveis em <<http://nanotecnologiadoavesso.org/>>, 2013.

Nota: Definimos a nacionalidade de acordo com a vinculação institucional dos entrevistados e não de seus dados pessoais.

Portanto, no conjunto desses programas foram entrevistadas ao todo 71 pessoas diferentes nos dois anos. Desses entrevistados, 58 são brasileiros, o que equivale a 81,7% do total, e 13 são estrangeiros, somando 18,3%. Na Tabela 8 podemos identificar a vinculação institucional desses entrevistados.

Tabela 8 - Vinculação institucional dos entrevistados do programa *Nanotecnologia do Avesso*, 2009-2010

Vinculação institucional	Entrevistados
Universidades, Institutos ou Redes de Pesquisa Nacionais	40
Organizações da Sociedade Civil	16
Universidades ou Institutos de Pesquisa Estrangeiros	11
Empresas	2
Escolas de Educação Básica	2
Total	71

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas disponíveis em <<http://nanotecnologiadoavesso.org/>>, 2013.

Participam dos programas uma importante variedade de atores, de diferentes instituições, que podem representar distintos interesses em relação à nanotecnologia, questão a ser diagnosticada na análise de conteúdo dos programas. Outros três aspectos principais chamam a atenção: 1) a valorização da produção científica nacional, sem deixar de lado a produção estrangeira; 2) a expressiva participação de atores direta ou indiretamente ligados a movimentos da sociedade civil organizada e; 3) a expressão de atores pouco presentes nos demais espaços de divulgação científica analisados nessa tese, como os dirigentes de organizações sindicais e os docentes da educação básica. Desse modo, contempla *expertises* variadas e diferentes formas de entender a nanotecnologia, fazendo sentido as reflexões de Jasanoff (2003), de que não há um ponto objetivo que determine quem pertence ou não ao anel mágico da *expertise*, pois essa é uma construção histórica, política e cultural e que se relaciona com a construção de políticas públicas de CT&I.

A variedade de atores participantes dos programas é ainda mais expressiva se considerarmos as áreas de conhecimento dos entrevistados, predominando as Ciências Humanas sobre as Exatas, Engenharias, de Saúde e outras. Considerando a Tabela de Áreas de conhecimento da CAPES, publicada na web em 11 de julho de 2012, foram entrevistados no período em questão 23 profissionais das Ciências Humanas, 13 das Ciências Exatas e da Terra, oito das Ciências Sociais Aplicadas, oito da área Multidisciplinar, quatro de Engenharias, dois das Ciências da Saúde, um de Linguística, Letras e Artes, um de Ciências Biológicas e não foi possível identificar a formação de outros 11 entrevistados (Tabela 9).

Dentre as grandes áreas do conhecimento, algumas disciplinas se destacam no perfil dos entrevistados, como Sociologia, das Ciências Humanas; Física e Química, das Ciências Exatas; Engenharia de Materiais e de Produção, das Engenharias; Economia e Comunicação, das Ciências Sociais Aplicadas; e Ensino de Ciências, da área Multidisciplinar. Não foi possível identificar as áreas de formação de todos os entrevistados. Dentre todas as disciplinas destaca-se a Sociologia, área de conhecimento do coordenador do programa. Os detalhes que podemos observar na Tabela 10 indicam uma importante diferença em relação aos meios anteriormente analisados quanto aos grupos sociais representados na comunicação sobre nanotecnologia.

Tabela 9 - Formação dos entrevistados do programa *Nanotecnologia do Avesso*, 2009-2010, segundo áreas de conhecimento.

Área de Conhecimento	Número de entrevistados
• Ciências Humanas	23
• Ciências Exatas e da Terra	13
• Ciências Sociais Aplicadas	8
• Multidisciplinar	8
• Engenharias	4
• Ciências da Saúde	2
• Linguística, Letras e Artes	1
• Ciências Biológicas	1
• Não informado	11
Total	71

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas disponíveis em <<http://nanotecnologiadoavesso.org/>>, 2013.

Nota: A classificação foi realizada conforme a Tabela de Áreas de conhecimento da CAPES, publicada na web em 11 de julho de 2012.

Tabela 10 - Formação dos entrevistados do programa *Nanotecnologia do Avesso*, 2009-2010, segundo disciplinas

(Continua)

Área de Conhecimento e Disciplinas	Entrevistados
Ciências Exatas e da Terra	
• Física	9
• Química	4
Ciências Biológicas	
• Genética e Bioquímica (biologia molecular)	1
Engenharias	
• Engenharia de Materiais e Metalúrgica	2
• Engenharia de Produção (inclui Ergonomia)	2
Ciências da Saúde	
• Medicina	1
• Saúde Coletiva: Saúde Pública	1
Ciências Sociais Aplicadas	
• Direito	1
• Administração	1
• Economia	3
• Comunicação	3
Ciências Humanas	
• Filosofia	3
• Sociologia	11
• Antropologia	1
• História (inclui história da ciência)	4
• Educação	1

(Conclusão)

Área de Conhecimento e Disciplinas	Entrevistados
Ciências Humanas	
• Ciência Política (inclui relações internacionais)	3
Linguística, Letras e Artes	
• Literatura (Germânica)	1
Multidisciplinar	
• Ensino de Ciências	4
• Materiais	2
• Meio Ambiente e Desenvolvimento	1
• Ciências Ambientais	1
Não informado	11
Total	71

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas disponíveis em <<http://nanotecnologiadoavesso.org/>>, 2013.

Esses dados sugerem certa superação de um dualismo segundo o qual a Sociologia deveria se ocupar das coisas humanas e as áreas de ciência e tecnologia das coisas materiais ou dos objetos técnicos, questão analisada por Pinch (2008). A noção de tecnologia também se constitui frequentemente a partir desse dualismo. Assim, a tecnologia é trivialmente associada com artefatos, processos e máquinas, desenhados a partir de conhecimentos das engenharias. Entretanto, a tecnologia não é só isso, visto que provoca transformações na experiência humana que não podem ser ignoradas; basta pensarmos em alguns poucos exemplos, como as transformações associadas com a máquina a vapor, o automóvel, as guerras mecanizadas, as armas nucleares, o rádio, a televisão, a engenharia genética, a internet e a própria nanotecnologia.

A tecnologia, então, “trata de toda uma questão” e para evitar “o velho dualismo de tecnologia e sociedade”, a Sociologia da Tecnologia teria que abrir as “caixas-pretas¹²⁷” da tecnologia. Abrir as “caixas-pretas” representa compreender a integração da tecnologia com a sociedade. Os dados coligidos permitem afirmar que os programas *Nanotecnologia do Avesso* buscam mostrar dimensões da nanotecnologia pouco abordadas em práticas de divulgação científica orientadas pelo dualismo e, portanto, superá-lo. Desse modo, os conteúdos divulgados e a

¹²⁷ Segundo Rosenberg (2006), a economia convencional considera os fenômenos tecnológicos como eventos que acontecem no interior de uma caixa-preta. O autor mostra que diversos aspectos ignorados pela economia convencional são importantes para compreender o que ocorre dentro da caixa-preta, como o processo de aprendizagem subjacente à própria tecnologia, a transferência tecnológica, a eficácia das políticas governamentais, entre outros aspectos.

função educativa da divulgação científica nesta mídia respondem a objetivos, interesses e valores de determinados grupos sociais. Desenvolveremos esta questão através da análise de conteúdo.

Cabe destacar que, se a ciência e a tecnologia são produtos das relações sociais, se materializam interesses e valores, se existem possibilidades de trajetórias de desenvolvimento alternativas e se há possibilidades de novas reapropriações e sentidos da tecnologia; ou seja, se a ciência e a tecnologia são marcadas pelas relações sociais que as originam e reproduzem e se existem controvérsias e contradições no seu desenvolvimento (PINCH, 2008; PINCH; BIJKER, 2008), é possível e desejável a participação ativa de diversos grupos sociais na discussão da nanotecnologia, para nutri-la com os seus interesses. Os programas analisados, ao contarem com as vozes de integrantes de variados grupos sociais, viabilizam a explicitação de interesses relacionados à construção social da nanotecnologia.

O perfil diversificado dos entrevistados possibilita também a abordagem de diversos temas. As principais temáticas abordadas explicitam que os programas *Nanotecnologia do Avesso* discutem os assuntos que costumam receber pouca atenção nos programas dos meios de comunicação de massa convencionais, como o jornal e a televisão. Por exemplo, a informação sobre riscos e implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia, que tem presença central em 25 programas, o que representa mais de um quarto do total. Também se relacionam com essa temática, os 15 programas que discutem mais diretamente as relações entre nanotecnologia e trabalho, contemplando, entre outras dimensões, as preocupações de alguns grupos de trabalhadores com a segurança no manuseio de materiais com nanopartículas.

Uma vez que o programa integra o projeto de “Engajamento Público”, um dos aspectos que não poderia faltar é a discussão das iniciativas promovidas no Brasil para potencializar esse engajamento. Nesse sentido, 11 programas versam sobre formas de educação não-escolar, mais especificamente iniciativas de divulgação científica e novos espaços de informação e participação popular abertos pelas novas tecnologias. Os eventos internacionais promovidos para discussão de pesquisas sobre nanotecnologia também são objeto de 11 programas. A produção de novos materiais, dispositivos e produtos, que teve amplo destaque no *Bom Dia Brasil* e na *Folha de S. Paulo*, aqui aparece em quinto lugar, com oito programas dedicados especificamente ao assunto.

Um aspecto que não foi contemplado nas demais mídias analisadas são as experiências de ensino aprendizagem de conteúdos sobre nanotecnologia na educação escolar, o que constituiu tema para sete programas *Nanotecnologia do Avesso*. A discussão sobre políticas públicas de ciência e tecnologia com foco em nanotecnologia foi contemplada em seis programas, discutindo-se elementos já presentes nas políticas e outros que constituem desafios para a sociedade brasileira. Por fim, três programas focalizaram as relações entre a nanotecnologia e a agricultura, assunto igualmente importante visto que a agricultura é uma atividade econômica largamente difundida no Brasil (Vide Tabela 11).

Tabela 11 - Principais temas abordados nos programas *Nanotecnologia do Avesso*, 2009-2010

	2009	2010	Total
Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas	9	16	25
Nanotecnologia e trabalho	4	11	15
Nanotecnologia e educação não-escolar	7	4	11
Eventos internacionais sobre nanotecnologia	6	5	11
Novos materiais, dispositivos e produtos	8	0	8
Nanotecnologia e educação escolar	7	0	7
Políticas públicas de ciência e tecnologia	4	2	6
Nanotecnologia e agricultura	1	2	3

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas disponíveis em <<http://nanotecnologiadoavesso.org/>>, 2013.

A partir desses levantamentos iniciais selecionamos uma amostra não aleatória de 20% dos programas, ou seja, 17 deles, para a análise de conteúdo apresentada na próxima seção. A seleção considerou como critérios a variedade de temas, a diversidade de fontes institucionais, nacionais e estrangeiras, e a diversidade de áreas de conhecimento. Tentamos, do modo mais ajustado possível, respeitar em cada critério a proporcionalidade da amostra em relação ao conjunto de programas; contudo um peso singular foi dado à representação de atores variados.

6.2.2 Análise de conteúdo dos programas *Nanotecnologia do Avesso* do período de 2009 a 2010 selecionados para análise

Antes de qualquer coisa é importante olharmos a visão dos idealizadores do programa *Nanotecnologia do Avesso*, pois ela nos informa sobre o posicionamento político de quem o realiza, questão que nem sempre fica clara em outros espaços de divulgação científica. O programa é caracterizado pelo seu coordenador e apresentador Dr. Paulo Roberto Martins, sociólogo, como:

Programa dedicado ao público não especialista porque é este público que paga as pesquisas sobre nanotecnologia realizadas no Brasil. Nosso programa procura sempre discutir os impactos da nanotecnologia na sociedade, no meio ambiente, na economia, na ética, porque são justamente esses temas que não são discutidos nos locais aonde a nanotecnologia tem sido produzida no Brasil. Nós também produzimos esse programa porque acreditamos que ser livre é ser bem informado, e a divulgação científica colabora para aprofundar a democracia e a cidadania no Brasil. Portanto, nós vamos fazer este programa justamente com esses princípios que eu acabo de aqui anunciar mais uma vez, sempre o faço no início do programa (MARTINS, 2009, programa 13).

Pelas palavras de Martins observamos uma perspectiva sobre a razão e finalidade da divulgação científica, no sentido de que ela representa um compromisso com o exercício da cidadania e da democracia e constitui uma responsabilidade ética dos cientistas, o que vai ao encontro da afirmação de Bourdieu: “Há uma missão dos pesquisadores, dos cientistas em particular – e talvez ela seja particularmente urgente no que se refere às ciências da sociedade –, que é a de restituir a todos as contribuições da pesquisa” (BOURDIEU, 1997, p. 18).

O Quadro 5 exhibe em detalhes os programas da amostra que será analisada e a Tabela 12 caracteriza esta amostra sinteticamente. A amostra é constituída de nove programas do ano de 2009 e oito programas de 2010. Os entrevistados possuem vinculação com diversas instituições, sendo nove pesquisadores de universidades, institutos ou redes de pesquisa nacionais, três de universidades ou institutos de pesquisa estrangeiros, três associados a movimentos da sociedade civil, dois pesquisadores de empresas (um deles acionista) e um de escola de educação básica. No caso das empresas, a amostra inclui a totalidade das que participaram do programa. O motivo é diversificar a amostra de instituições nos respectivos temas, a saber: no que se refere ao tema “novos materiais, dispositivos

e produtos”, os entrevistados representam a universidade e a empresa; no tema “nanotecnologia e trabalho”, a amostra inclui atores de organizações da sociedade civil, empresa e universidade.

A amostra conta com a participação de pessoas de oito grandes áreas de conhecimento, de acordo com a tabela da CAPES. São sete entrevistados da área de Ciências Humanas, com formação em Educação, Filosofia, História, Sociologia e Antropologia; quatro das Ciências Exatas, das disciplinas de Física e Química; dois das Ciências Sociais Aplicadas, das subáreas de Economia e Economia Política; três da área Multidisciplinar, subáreas de Tecnologia de Materiais, Meio Ambiente e Desenvolvimento, e Ciências Ambientais; dois das Engenharias, Engenharia de Materiais e da Produção; um das Ciências da Saúde, subárea Medicina e um de formação não identificada, mas que atua na área da indústria química.

Diversos internautas participaram dos programas. Houve programas com participação de até cinco pessoas, dos quais pelo menos três se identificaram.

Das 17 entrevistas selecionadas, três abordam os riscos ou implicações sociais, legais ou éticas da nanotecnologia; três debatem as relações entre a nanotecnologia e o trabalho; duas apresentam experiências de educação não-formal, especificamente a divulgação científica sobre nanotecnologia; duas avaliam eventos internacionais sobre nanotecnologia; duas explicam o desenvolvimento de novos materiais, novos dispositivos ou produtos que utilizam a escala nanométrica; duas relatam possibilidades de educação escolar sobre nanotecnologia; duas discutem as políticas públicas em ciência e tecnologia, notadamente em nanotecnologia e; uma trata da nanotecnologia na agricultura.

Os programas foram analisados com base no mesmo roteiro aplicado às reportagens do *Bom Dia Brasil* e às matérias da *Folha de S. Paulo* (Quadro 1), com pequenas adaptações relacionadas à natureza dos programas de TV virtuais. Os resultados da análise de conteúdo são apresentados na sequência, sendo o texto dividido em três subseções que articulam os grandes temas trabalhados. Inicialmente examinamos as definições de nanotecnologia expressadas nos programas. Na sequência as políticas públicas e as visões sobre a nanotecnologia e a sociedade do futuro. Depois sistematizamos os conteúdos sobre riscos, incertezas e implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia. Por último nos referimos aos processos de educação e de participação cidadã ou controle social da nanotecnologia.

Quadro 5 - Programas *Nanotecnologia do Averso* do período de 2009-2010 selecionados para análise de conteúdo

(continua)

Nº	Data	Entrevistado	Vinculação Institucional	Área de Conhecimento	Tema
7	02/03/2009	Henrique Rattner	Universidade Nacional: USP	Ciências Sociais Aplicadas: Economia Política	Políticas públicas de ciência e tecnologia
13	13/04/2009	Cátia Fernandes Gama	Escola de Educação Básica: Escola Técnica Estadual Martin Luther King	Ciências Exatas: Física	Nanotecnologia e educação escolar
14	20/04/2009	Peter Schulz	Universidade Nacional: Unicamp	Ciências Exatas: Física	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
17	11/05/2009	Amaury Cesar Moraes	Universidade Nacional: USP	Ciências Humanas: Educação	Nanotecnologia e educação escolar
18	18/05/2009	Judith Blau	Universidade Estrangeira: Universidade de Carolina do Norte, EUA	Ciências Humanas: Sociologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
23	22/06/2009	Rafael di Falco Cossiello	Empresa: Oxiteno do Brasil	Ciências Exatas: Química	Novos materiais, dispositivos e produtos
24	29/06/2009	Rafael Salomão	Universidade Nacional: UFABC	Engenharias: Engenharia de Materiais	Novos materiais, dispositivos e produtos
32	24/08/2009	Ubiratan de Paula Santos	Universidade e Instituto de Pesquisa Nacional: USP e Instituto do Coração	Ciências da Saúde: Medicina	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
43	16/11/2009	Fernando Rogério Jardim	Universidade Nacional: USP	Ciências Humanas: Sociologia	Nanotecnologia e trabalho
66	25/05/2010	Sérgio Luís Marcondes Carasso	Organização da Sociedade Civil: Rede de trabalhadores da AkzoNobel e Sindicato dos Químicos do ABC	Não informado	Nanotecnologia e trabalho
68	31/05/2010	Arline Arcuri e Valéria Pinto	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro– SP	Ciências Exatas: Química e Engenharias: Engenharia da produção	Eventos internacionais sobre nanotecnologia

Quadro 5 – Programas *Nanotecnologia do Avesso* do período de 2009-2010 selecionados para análise de conteúdo

(conclusão)

Nº	Data	Entrevistado	Vinculação Institucional	Área de Conhecimento	Tema
70	22/06/2010	Manoel Baltasar Baptista da Costa e Richard Domingues Dulley	Universidade e Instituto de Pesquisa Nacional: UFSCar e IEA/SAA-SP	Multidisciplinar: Meio Ambiente e Desenvolvimento e Ciências Humanas: Ciências Sociais	Nanotecnologia e agricultura
71	29/06/2010	Thomaz F. Jensen e Antonio Gracias Vieira Filho	Organizações da Sociedade Civil: DIEESE, sub-seção do Sindicato Químicos do ABC e IIEP	Ciências Sociais Aplicadas: Economia; e Ciências Humanas: Antropologia	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
72	06/07/2010	Georgia Miller	Organização da Sociedade Civil: <i>Friends of Earth</i> , Austrália	Multidisciplinar: Ciências Ambientais	Eventos internacionais sobre nanotecnologia
75	27/07/2010	Daniel Tamassia Minozzi	Empresa: Nanox	Multidisciplinar: Ciência e Tecnologia de Materiais	Nanotecnologia e trabalho
81	07/09/2010	Alfred Nordmann	Universidade Estrangeira: Universidade de Darmstadt, Alemanha	Ciências Humanas: Filosofia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
82	14/09/2010	Bernadette Bensaude-Vincent	Universidade Estrangeira: Universidade Paris 1	Ciências Humanas: História da Ciência	Políticas públicas de ciência e tecnologia

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas *Nanotecnologia do Avesso*, 2009 a 2010, selecionados para análise de conteúdo (2013).

Nota 1: De acordo com a proposta do programa *Nanotecnologia do Avesso*, em alguma medida todos os programas abordam implicações legais, sociais ou éticas da nanotecnologia.

Nota 2: O pesquisador Richard Domingues Dulley encontra-se atualmente aposentado.

Tabela 12 - Caracterização resumida e numérica dos programas *Nanotecnologia do Avesso* do período de 2009 a 2010 selecionados para a análise de conteúdo

Ano	Nº	Área de Conhecimento	Nº	Tema	Nº
Ano 2009	9	Ciências Humanas	7	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas	3
Ano 2010	8	Ciências Exatas e da Terra	4	Nanotecnologia e trabalho	3
Vinculação institucional		Multidisciplinar	3	Nanotecnologia e educação não-escolar	2
Universidades, Institutos ou Redes de Pesquisa Nacionais	8	Engenharias	2	Eventos internacionais sobre nanotecnologia	2
Organizações da Sociedade Civil	3	Ciências Sociais Aplicadas	2	Novos materiais, dispositivos e produtos	2
Universidades ou Institutos de Pesquisa Estrangeiros	3	Ciências da Saúde	1	Nanotecnologia e educação escolar	2
Empresas	2	Não informado	1	Políticas públicas de ciência e tecnologia	2
Escolas de Educação Básica	1			Nanotecnologia e agricultura	1

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas *Nanotecnologia do Avesso*, 2009 a 2010, selecionados para análise de conteúdo, 2013.

6.2.2.1 Definição de nanotecnologia

Nos programas Nanotecnologia do Avesso há uma diversidade maior de definições de nanotecnologia que nos outros meios analisados – caracterizados por definições mais técnicas –, em especial com uma maior incorporação de análise sociológica, filosófica e econômica.

As definições técnicas seguem presentes, por exemplo, pelo menos nove dos 17 entrevistados mencionam a manipulação de átomos na escala nanométrica, na dimensão de um bilionésimo do metro (COSSIELLO, 2009; GAMA, 2009; JARDIM, 2009; MILLER, 2010; SANTOS, 2009; RATTNER, 2009; SALOMÃO, 2009; SCHULZ, 2009; CARASSO, 2010). Há comparações da escala do nanômetro (10^{-9} m) com a escala do metro, milímetro e do micrômetro (10^{-6} m). Uma definição seguidamente associada a essa é a de que na nanoescala as partículas apresentam novas propriedades e/ou novas funções que se diferenciam das propriedades dos materiais em outras escalas (GAMA, 2009; JARDIM, 2009; SALOMÃO, 2009; RATTNER, 2009; MILLER, 2010). A título de elucidação, a entrevistada Cátia Fernandes Gama, professora, apresentou um comparativo entre escalas em resposta à pergunta de um internauta: as propriedades do grafeno (nanopartícula de carbono) diferem totalmente das propriedades do grafite (estrutura macroscópica do carbono), pois o grafite é quebradiço e conduz mal a eletricidade, enquanto o grafeno tem alta resistência e condutividade, sendo utilizado para construir telas de celulares e chips.

Por conta de suas novas propriedades, as nanopartículas (invisíveis) são imprevisíveis e invasivas, podendo contaminar o ser humano e outros seres vivos, ao mesmo tempo em que são o elo de nova cadeia de inovação tecnológica (RATTNER, 2009). Dois entrevistados caracterizam a nanotecnologia como um processo de manufatura molecular, ou seja, de construção de objetos e novos materiais a partir de átomos e moléculas (GAMA, 2009; MINOZZI, 2010).

Ainda que frequentemente se utilize o termo nanotecnologia para referência a todo tipo de pesquisa e uso de partículas na escala nanométrica, há diferenciação entre nanociência e nanotecnologia e até mesmo distinções entre nanotecnologias. Em relação ao primeiro aspecto, Salomão (2009) define que a nanociência é a parte que explica os fenômenos envolvidos nas mudanças de propriedades em

nanoescala e a nanotecnologia vem do que se aproveita disso para gerar tecnologia e desenvolvimento tecnológico. No que se refere ao segundo aspecto, Minozzi (2010) manifesta sua preferência pela noção de “nanotecnologias”, pois cada empresa trabalha com um ramo da nanotecnologia e nem todas as nanotecnologias causam as mesmas implicações. Sobre esse mesmo ponto, Schulz (2009) considera que “não existe uma nanotecnologia, existem muitas nanotecnologias”, que refletem diversas frentes de pesquisa e maneiras de olhar a matéria (a partir da física, química, biologia). Ele destaca que as diversas nanociências e nanotecnologias se articulam entre si, configurando a nanotecnologia, na ótica interdisciplinar.

A perspectiva interdisciplinar também está na base das considerações de Moraes (2009) a respeito do ensino sobre nanotecnologia no ensino médio que, de acordo com o pesquisador, deveria articular as áreas de conhecimento. Para além da interdisciplinaridade internamente à área da nanotecnologia, quando esta se articula com outros blocos de conhecimentos, como a biotecnologia, a tecnologia da informação e comunicação e a neurociência, entre outras, temos a chamada convergência tecnológica, conceito a que se referiram Costa e Dulley (2010). A perspectiva de interdisciplinaridade é uma novidade na definição de nanotecnologia em relação às outras mídias analisadas. Ainda que as outras mídias tenham apresentado trabalhos de equipes interdisciplinares, não salientaram esse aspecto como algo que define a nanotecnologia.

Sob diferentes perspectivas, vários entrevistados reconhecem que a nanotecnologia tem potencial inovativo, ou seja, cria nova fronteira para a indústria em diversos ramos e, aliado a isso, novas soluções ou novos problemas para a sociedade (GAMA, 2009; JARDIM, 2009; JENSEN; VIEIRA, 2010; RATTNER, 2009; SALOMÃO, 2009; MINOZZI, 2010, NORDMANN, 2010; BENSUADE-VINCENT, 2010). Essas perspectivas são mais amplas que aquelas presentes nas outras mídias analisadas. Uma das perspectivas, assumida pela maioria destes entrevistados, contesta o modelo linear de inovação. Para exemplificar, Rattner (2009) deixa claro que este modelo não funciona e argumenta que a nanotecnologia é revolucionária em certo sentido, transformando uma série de cenários dentro da nossa sociedade; por outro lado, concebe que ela é apenas o último elo em uma cadeia de inovações. Defende que as nanopartículas terão que ser acompanhadas, avaliadas, fiscalizadas e eventualmente impedidas de serem introduzidas em diversos processos produtivos ou em diferentes produtos. Também para Nordmann

(2010), a nanotecnologia é um projeto da sociedade para inovação, para todo tipo de produção. Assumindo-se esse potencial, o pesquisador teria a responsabilidade de discutir as potenciais consequências do processo inovativo e a regulação, junto com o governo. Para Blau (2009), a nanotecnologia é algo que está sendo imposto ao público através de suplementos alimentares ou produtos que não estão sendo rotulados, resultados de pesquisas que não necessariamente representam os interesses do público em geral.

Com base em uma experiência de introdução da nanotecnologia no Ensino Médio, a professora Gama (2009) apresentou em sua entrevista a sequência didática utilizada com seus alunos, que põe em evidência uma definição ampliada de nanotecnologia, sucintamente descrita a seguir: 1) introdução sobre os modelos na ciência, para que os alunos entendam que as imagens são construções; 2) explicação das nanopartículas e mais especificamente das nanopartículas de carbono que facilitam uma construção mais didática; 3) abordagem da noção de miniaturização a partir de uma imagem que mostra uma agulha e um boneco dentro do buraco da agulha; 4) sistematização das escalas, mostrando a escala de vários elementos da natureza, desde 10^{-2}m a 10^{-10}m e referência à necessidade de auxílio de instrumentos sofisticados para a visualização desses elementos; 5) análise da imagem de um ângstron (10^{-10}m) na forma de nuvem, introduzindo noções da física quântica, que indicam que o átomo não está localizado de forma precisa; 6) discussão de alguns elementos da física moderna; 7) considerações sobre a relação da nanotecnologia com o contexto social capitalista, em que para obter lucro busca-se produzir um produto melhor com menos gastos, no caso, utilizar uma quantidade muito menor de material (nanoestruturado) com efeitos muito superiores; 8) análise da imagem de um átomo artificial para perceber que a nanotecnologia envolve a construção de objetos e novos materiais a partir de átomos e moléculas; 9) retomada histórica do estudo do átomo, com referência a diversos pesquisadores e teorias, entre eles Richard Feynman e Eric Drexler; 10) informação sobre a escrita com átomos a partir de imagens que mostram a visualização dos mesmos com o microscópio de tunelamento; 11) discussão do paradigma da nanotecnologia – a manipulação dos átomos utilizando a natureza como inspiradora – em especial as preocupações do ponto de vista social no conjunto de diversos interesses possíveis. Cabe sublinhar com base na observação dessa sequência didática que a nanotecnologia não foi ensinada estritamente em seus aspectos físicos, mas

também com a consideração do processo social em que é construída. Essa prática pode ser caracterizada como um adendo Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) aos temas tradicionais do ensino de ciências, conforme caracterização de López-Cerezo (1998).

Considerando esse conjunto de definições concluímos que a nanotecnologia pode ser interpretada de diferentes maneiras e que diferentes grupos sociais relevantes atribuem a ela diferentes sentidos, situados social e culturalmente. A interpretação e o sentido atribuído dependem dos problemas para os quais a nanotecnologia poderia ser considerada uma solução e também dos novos problemas que poderiam ser originados com o seu desenvolvimento. Desse modo notamos que as definições de nanotecnologia trazem diversas implicações, como já discutimos em capítulos anteriores com base em Lacour e Vinck (2011). Cabe notar, com base nestes autores, que grande parte das definições apresentadas nas entrevistas enfatiza as excepcionalidades no comportamento das nanopartículas em relação aos mesmos materiais em maior escala e isso pode ser a manifestação de uma escolha em prol do controle de riscos.

As interpretações variam ainda mais se considerarmos a existência de várias nanotecnologias, de artefatos nanotecnológicos com diferentes graus de incerteza em relação aos seus efeitos sobre a saúde humana e o meio ambiente. Assim, observamos que os artefatos possuem flexibilidade interpretativa e que sujeitos que participam de um mesmo contexto, como de movimentos sociais, possuem orientações similares sobre os artefatos e atribuem a eles sentidos semelhantes, aspecto que Bijker (1995) denomina de marco tecnológico (*technological frame*). Nas próximas seções aprofundaremos essas interpretações.

6.2.2.2 Políticas públicas e visões sobre a nanotecnologia e a sociedade do futuro

A política de ciência e tecnologia deve ser colocada como fundo de referência para discutir o papel da nanotecnologia, afirma Rattner em entrevista ao programa *Nanotecnologia do Avesso* no ano de 2009. Segundo o entrevistado, a política científica e tecnológica enfrenta problemas de financiamento e funcionamento nos países em desenvolvimento:

Ainda umas décadas atrás, nós discutimos com o então decano de política científica tecnológica, o argentino Jorge Sábato, o famoso triângulo segundo o qual o Estado fornece recursos para as universidades e centros de pesquisas que desenvolvem novos conhecimentos e novas tecnologias. Esses conhecimentos e tecnologias alimentam as empresas em seu processo de inovação e em seu processo de crescimento, de aumento do produto bruto, e que permite às empresas recolher impostos, tributos e alimentar os cofres do Estado. Então seria uma espécie de circuito triangular [...]. Infelizmente, já décadas atrás, o próprio Sábato reconhece que as empresas não recolhem sempre seus impostos e tributos devidos. Eu não vou entrar, no momento, nesse problema. O Estado é muito parcimonioso na alocação de recursos para a pesquisa científica e tecnológica, e as universidades e centros de pesquisa, que deveriam produzir o conhecimento geralmente estão orientados para um conhecimento que eu diria livresco, que [...] não é canalizado para a inovação empresarial. Então esse circuito não funciona. O resultado disto é que a política de ciência e tecnologia nos países emergentes ou em desenvolvimento tem sempre sido parente pobre quando na alocação de recursos orçamentários. Isto me parece importante quando enfocamos a questão da nanotecnologia [...].

Trata-se, como podemos perceber, de uma crítica ao modelo linear de inovação. Este panorama pode ajudar a entender o fato de que os padrões brasileiros de investimento em nanotecnologia não são comparáveis aos padrões de investimentos norteamericanos, europeus e japoneses, aspecto destacado pelo entrevistador, Martins, em diversos programas. Ele reitera que os recursos investidos são significativos se considerados os padrões brasileiros e que estes têm sido direcionados especialmente para dez redes de pesquisa com diversas universidades participantes que realizam pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos. Todavia, a diferença das políticas dos países mais industrializados, a brasileira não tem abarcado estudos sobre nanotoxicologia, implicações na economia e outros “aspectos ELSI”. Martins destaca que cerca de 98% dos investimentos brasileiros em nanotecnologia são públicos e a maior parte das pesquisas é realizada em universidades e centros de pesquisa.

Neste contexto dominado pela iniciativa pública, os entrevistados de empresas têm uma visão otimista da política e das possibilidades abertas pela nanotecnologia (COSSIELLO, 2009; MINOZZI, 2010). Salomão (2009) informa que a Magnesita é uma das poucas empresas no país com um centro dedicado à pesquisa nessa área. Ele evidencia, portanto, o caráter público da pesquisa. O acionista da Nanox Tecnologia S. A., Minozzi (2010), ressalta que a nanotecnologia é considerada área estratégica para o desenvolvimento do Brasil, como se pode comprovar visitando o site da ABDI. Ele afirma que existe muito incentivo para o

desenvolvimento dessa indústria. Integrantes da Nanox participam de Grupos de Trabalho, assim como outras indústrias, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), ministérios e universidades, a fim de trocar informações sobre os rumos da nanotecnologia e seus impactos sobre a sociedade, o que considera vantajoso para a empresa. Há um grupo de trabalho na Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) que está avaliando os potenciais efeitos da nanotecnologia e como trabalhar com ela. Ele acredita que o conhecimento brasileiro nessa área está em pé de igualdade com o de outros países, talvez com menos recursos para a área empresarial. Referindo-se à sua empresa, salientou que as TIC são uma facilidade para atuar no mercado externo, sendo que 40% da base de faturamento é advinda da exportação de materiais, principalmente ao México e EUA, mostrando que a tecnologia tem viabilidade econômica e vantagem mercadológica.

Portanto, os principais incentivos voltam-se à inovação tecnológica para fomentar a competitividade da indústria brasileira. Segundo o entrevistado Nordmann (2010), por um lado precisamos de inovação tecnológica para desenvolver a economia e, por outro lado, é importante ter a inovação social para realizar o potencial da tecnologia. Nesse aspecto defende que há uma questão política importante: a inovação social deve vir antes da inovação tecnológica. Se acreditarmos que a inovação tecnológica é mais importante, vamos parar o processo, afirma. Fazer a inovação social¹²⁸ por primeiro é um grande problema, porque é preciso perguntar qual é o problema social para então definir a inovação tecnológica (NORDMANN, 2010).

Em diversos programas foi enfatizada a necessidade de um maior investimento em estudos de riscos, toxicologia e aspectos ELSI da nanotecnologia. A entrevistada Arline Arcuri relata que no I Simpósio Internacional sobre os impactos da nanotecnologia na saúde e no meio ambiente houve uma mesa sobre “ações governamentais relacionadas aos novos desafios das nanotecnologias para a saúde, o meio ambiente e a sociedade”, com participação de representante do Ministério da Saúde, que demonstrou grande preocupação com a nanotecnologia, mesmo não havendo ainda muitas ações concretas. A Fundacentro, vinculada ao Ministério do

¹²⁸O slogan inovação social e desenvolvimento tecnológico vem da empresa holandesa Philips que tem outro modelo de geração de lucros, onde trabalham antropólogos, psicólogos sociais para discutir a inovação social e tecnológica, sendo um projeto capitalista (NORDMANN, 2010).

Trabalho, deseja trabalhar junto com o Ministério da Saúde nessas questões. Segundo Valéria Pinto, que esteve na mesma entrevista, nos EUA o investimento na pesquisa desses aspectos corresponde a 3% de todos os recursos destinados ao desenvolvimento da nanotecnologia, algo na ordem de pouco mais de 400 milhões de dólares, o que ela considera que é muito pouco (ARCURI; PINTO, 2010).

O evento da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) contou com a participação da entrevistada Georgia Miller (2010). Ela declara que os presentes concluíram que há necessidade de maiores investimentos na temática das implicações da nanotecnologia para a saúde. De acordo com a entrevistada, o problema é que se têm vários produtos no mercado e os governos não têm demonstrado ações para seu controle. Ela considera também que durante o evento houve pouca discussão sobre as implicações econômicas da nanotecnologia para os diferentes tipos de produção rural: a voltada à produção de *commodities* (agronegócio, com grandes produtores) e a produção dos camponeses, pequenos produtores (agricultura familiar), esta última produtora da maior parte dos alimentos que consumimos. Diante das várias possibilidades que a nanotecnologia oferece como aplicação em sementes, agrotóxicos e alimentos, cabe definir quais seriam as prioridades de pesquisas e para quais produtores. Assim, ressalta que falta avaliação das tecnologias anteriores e da sua contribuição para o desenvolvimento social, e levanta alguns questionamentos: há milhões de pessoas no mundo que passam fome, desse modo, como fica a discussão sobre nanotecnologia e pobreza? Qual o papel dos cientistas e das políticas públicas em relação a isso? Trata-se de uma questão técnica ou política? (MILLER, 2010).

Apesar de todo ufanismo, segundo Costa, do ponto de vista econômico a agricultura é uma atividade ineficiente. Os países da OCDE, os 30 mais ricos, gastam 360 bilhões de dólares por ano em subsídios aos agricultores para que permaneçam na propriedade porque a renda está tão baixa que não conseguem subsistir. Esse é um problema no Brasil, com exclusão de muitos produtores do campo. Nesse sentido, sugere que é necessário controle social e do Estado sobre o uso das novas tecnologias, entre elas a nanotecnologia (COSTA; DULLEY, 2010).

Observamos a partir dessas reflexões veiculadas nos programas analisados, que nas políticas de nanotecnologia, assim como nas críticas a tais políticas, se evidenciam diferentes visões sobre a nanotecnologia e sua relação com a

sociedade. Dito de outra forma, a política não apenas propõe um encaminhamento numa área científico-técnica, mas uma visão de como essa tecnologia estará inserida na sociedade futura. Por sua vez os críticos argumentam sobre aspectos de concepção dessa visão ou sobre aspectos e implicações não considerados.

Utilizamos o termo visões para nos referir às expectativas (positivas ou negativas) de médio e longo prazo que têm adquirido importância crescente nos debates científicos, públicos e de política pública sobre o futuro em áreas de pesquisa científica e inovação tecnológica de fronteira, como a nanotecnologia. Essas visões são denominadas por Grundwald (2004) de *visões intermediárias*, já explicadas no capítulo anterior.

A nanotecnologia é geralmente caracterizada como nova tecnologia, tecnologia emergente, tecnologia de ponta ou nova fronteira da inovação tecnológica. No entanto, visões mais radicais de ruptura tecnológica também estão presentes. Segundo Dulley (2010), a manufatura molecular (nanotecnologia) é uma nova natureza, “uma natureza sintética” (COSTA; DULLEY, 2010). Para Rattner (2009), a nanotecnologia pode ser considerada revolucionária porque as nanopartículas são extremamente invasivas e, ao mesmo tempo em que podem revolucionar o sistema de transmissão de informações, por exemplo, têm o potencial de contaminar os seres vivos e gerar efeitos desastrosos se aplicados no setor militar.

Essa nova forma de inovar exige, de acordo com Nordmann (2010), uma forma totalmente diferente de regulação. Na visão da entrevistada Bensaude-Vincent (2010), no momento a nanotecnologia é aplicada em inovações incrementais, mas já há indicações de que o próximo passo será o desenvolvimento de nanorrobôs, nanossistemas autônomos, e nesse caso poderia haver uma ruptura na noção de ecossistema, mas não sabemos se é efetivamente possível. Na análise de Minozzi (2010), a nanotecnologia é uma ferramenta para aprimorar diversas indústrias, melhorar a eficiência e reduzir a quantidade de utilização de material, por exemplo, usar 10g em vez de 100g de metais pesados em um catalisador de carro.

Com relação às quatro categorias de visões sobre nanotecnologia relatadas por Fiedeler, Grundwald e Coenen (2005) e explicadas no capítulo anterior, observamos que algumas dessas visões foram expressas por entrevistados do *Nanotecnologia do Avesso*.

A visão de manufatura molecular (*assembler based visions*) foi trabalhada pela professora Cátia Gama (2010) com seus alunos. Ela declarou que fez referência a Eric Drexler, que tem uma visão futurista da engenharia voltada para a nanotecnologia. Ela explicou que Drexler idealizou uma nanomáquina em que se poderia colocar a amostra de um material (carbono, por exemplo) e, como se fosse um microondas, seria possível digitar o que se gostaria de obter e a máquina já teria um programa para rearranjar os átomos e realizar o produto desejado. Segundo a professora, Drexler comentou sobre uma possível gosma cinzenta (*grey goo*) que poderia se autorreplicar e destruir o planeta, posteriormente se dedicou a questões práticas e hoje não discute muito essa questão.

Em outra ocasião, durante entrevista com o cientista, professor e divulgador da ciência Peter Schulz (2010), um internauta escreveu ao programa, informou que assistiu “*A Liga da Justiça*”, em que havia um nanomonstro, e questionou se isso já foi inventado. Schulz respondeu que não, que a ideia de nanomonstros vem da concepção de nanotecnologia de Drexler segundo a qual teríamos condições de fabricar máquinas moleculares (nanomonstros). Indicou que há livros, novelas e romances que usam isso como um mote no enredo. O entrevistado acredita que é bastante duvidoso que essas nanomáquinas sejam possíveis, do ponto de vista físico, pois colocariam átomos enfileirados marchando ordenadamente e fazendo algo que monstros costumam fazer, como destruir¹²⁹. Segundo Schulz, de alguma forma isso viola a segunda lei da termodinâmica, o que constitui um obstáculo bastante grande. No entanto, pesquisas que estão sendo feitas nessa direção tratam de interfaces entre seres vivos e matéria inanimada via nanotecnologia (biônica).

Em outro programa, novamente a questão das nanomáquinas autorreplicantes foi comentada por força do questionamento de um internauta. Na ocasião, Jardim (2009) considerou que a teoria da gosma cinzenta é tecnicamente problemática e que é utilizada para ridicularizar e desqualificar críticas que sociólogos e ambientalistas fazem à nanotecnologia.

A visão de melhoramento de produtos (*visions of product improvement*) aparece bastante associada com a ideia de inovação de produtos, que na visão de boa parte dos entrevistados é uma das motivações principais da pesquisa com nanotecnologia. Por exemplo, um pesquisador da Oxiteno do Brasil descreveu em

¹²⁹ A matéria de Mito (2010a) na Folha de S. Paulo abordou a construção de uma nanomáquina (nanorrobô) em construção e os poucos movimentos que realiza.

sua entrevista a criação do semicondutor OLED (*light-emitting diode* – diodo orgânico emissor de luz), dispositivo que possui a propriedade de operar em baixas voltagens (3 volts), tornando-o econômico em termos de utilização e de fabricação (consumo e produção), diferentemente do LED inorgânico, usado em luzes de *standby*, por exemplo, e que é mais caro.

Também na perspectiva de promover inovações incrementais, a Nanox já desenvolveu mais de 15 produtos com proteção antibacteriana à base de nanopartículas de prata, conforme informou Minozzi (2010). São linhas de produtos para aplicação em pó, em líquido e para tratamento de superfícies. São produtos destinados a fabricantes de outros produtos, de diversos mercados no Brasil e exterior, por exemplo, fabricante de teclado antimicrobiano, maca de hospital ou produto odontológico. Para a agricultura convencional ou agronegócio, segundo Costa e Dulley (2010), discute-se o desenvolvimento de sensores que poderiam ser usados para diagnosticar e atacar patógenos que afetassem plantas ou animais, evitando doenças, mas esses aspectos talvez não sejam aceitos na agroecologia.

As visões sobre novos materiais (*material based visions*) também estão presentes nas entrevistas. Entre os materiais citados nos programas as nanopartículas de prata estão entre as mais referenciadas. A Nanox Tecnologia S. A., segundo um de seus acionistas, trabalha com partículas, resinas e soluções que são antimicrobianos naturais à base de prata, por exemplo, um antimicrobiano inorgânico composto por sal, cerâmica e prata que confere à prata uma propriedade bactericida. Segundo Minozzi (2010), a prata foi muito utilizada como antibiótico e a Nanox decidiu trabalhar isso ao nível atômico para tentar melhorar a aplicação da prata. Ele destaca que na verdade queriam desenvolver uma linha de antimicrobianos que pudesse utilizar o mínimo de prata possível pra conseguir a eficiência antimicrobiana.

Uma representante da ONG *Friends of Earth* (Amigos da Terra), da Austrália, que participou do Seminário Internacional organizado pela FAO em conjunto com a Embrapa sobre nanotecnologia e agricultura, informou em entrevista ao programa sobre uma aplicação que está sendo desenvolvida por pesquisadores indianos, o uso de nanopartículas de prata com efeito bactericida em morangos e maçãs com o objetivo de que as frutas possam permanecer na prateleira do supermercado por 12 dias (MILLER, 2010), aspecto lembrado também por Salomão (2009). Miller (2010) relatou que há um comércio de frutas e vegetais com revestimento de

nanopartículas de prata da América do Sul e América Central para os Estados Unidos e Canadá, com o detalhe de que as nanopartículas são manufaturadas na Ásia e colocadas nesses alimentos nos países exportadores dos mesmos. Segundo a entrevistada, essas tentativas estão sendo feitas com outros tipos de alimentos e com outras nanopartículas. Outras coisas que estariam sendo pensadas pelos cientistas são: alteração de cores e sabores dos alimentos; a possibilidade de ter em uma garrafa um líquido, como leite, que contém bilhões de nanocápsulas e em que o consumidor escolhe a bebida que deseja tomar, ou seja, um líquido que pode ser n líquidos (MILLER, 2010). Segundo Salomão (2009) estão sendo usadas nanopartículas de prata em pisos antibacterianos e em alguns tênis.

Outro novo material são os nanotubos de carbono. No Brasil, a Embrapa está desenvolvendo nanotubos de carbono para serem aplicados em agrotóxicos que possam ser usados no cultivo da soja para tratar a ferrugem e outras doenças (MILLER, 2010). Na construção civil os nanotubos de carbono são misturados ao concreto para que se torne mais resistente (JENSEN; VIEIRA FILHO, 2010).

A pesquisa de nanocompósitos e polímeros foi comentada por Salomão (2009), professor-pesquisador da Universidade Federal do ABC. Ele explica que compósito é uma mistura de materiais diferentes, como o concreto, que é uma mistura de pedras, areia, cimento, água e aço, a mistura sólida caracterizada como compósito convencional. Quando materiais são reduzidos à escala nanométrica, as propriedades mudam completamente. Por exemplo, na mistura de um polímero (conhecido como plástico, embora nem todo plástico seja um polímero e vice-versa) com nanotecnologia, os materiais podem se tornar mais resistentes, podem se tornar quase condutores de eletricidade e ainda manter suas características de brilho e transparência. Não há limites para a imaginação dos tipos de materiais que podem ser misturados com polímeros, como relatos na literatura de resíduos de estação de tratamento de esgoto, restos de corantes para tecidos, etc..

Para um bom resultado há algumas partículas chave, como as nanoargilas, com que se alcança os melhores resultados, segundo o pesquisador. Ele explica que se obtém nanoargilas a partir da argila convencional, mediante uma série de tratamentos químicos para individualizar as partículas de argila¹³⁰, e quando essas partículas são misturadas com polímeros aumenta muito a resistência do material.

¹³⁰ Esse processo é conhecido como método *top-down*.

Os polímeros carregados com nanoargilas são usados principalmente na indústria automobilística, nas peças externas dos carros e nos tanques de gasolina, um material muito agressivo à maioria dos polímeros. O pesquisador indica que há muitos estudos com polímeros contendo nanotubos de carbono ou nanopartículas de prata, mas que não desenvolve materiais com esse tipo de nanopartículas porque elas têm uma série de consequências além dos aspectos técnicos. Expõe que as nanopartículas de prata podem ser incorporadas aos materiais poliméricos para alcançar duas propriedades diferentes: para aumentar sua condutividade elétrica e; pelo potencial bactericida, material que se auto-esteriliza (SALOMÃO, 2009).

Outra pesquisa na área de polímeros foi apresentada por Cossello (2009), pesquisador da Oxiteno do Brasil formado pela Universidade Estadual de Campinas. Ele pesquisou polímeros condutores, aplicados em semicondutor de telas LED, processo que descrevemos anteriormente. O grupo de pesquisa de que participa já tinha um conhecimento acumulado em polímeros convencionais ou *commodities*, sendo possível traçar um paralelo entre as propriedades termomecânicas dos polímeros em estudo com os já caracterizados.

A sílica coloidal, segundo o entrevistado Carasso (2010), é um componente nanoestruturado fabricado na Akzo Nobel em Jundiaí/SP e que está entrando na composição de tintas, produtos de limpeza e plásticos. Porém, de acordo com o sindicalista, a empresa informa que são componentes na escala micrôn.

Outros nanomateriais ou diferentes tipos de nanopartículas estão sendo usados em nanocosméticos em diversas partes do mundo, como de óxido de alumínio, óxido de zinco, dióxido de titânio, fulerenos e prata (MILLER, 2010). O dióxido de titânio é usado em protetores solares¹³¹ e o óxido de zinco em pomadas contra assaduras (SALOMÃO, 2009). O dióxido de titânio, também usado em vidros autolimpantes, tem duas funções principais: a) nos compósitos é usado para tornar as cores brancas, como eletrodomésticos e equipamentos de informática, dando o aspecto de um branco muito bonito. Quanto menor a partícula, mais brilhante é o material; b) efeito catalizador, na escala nanométrica, com poder de destruir elementos orgânicos (SALOMÃO, 2009).

¹³¹O dióxido de titânio tem a capacidade de absorver luz e ajuda a decompor a luz UV, então as nanopartículas desse material tornam o creme solar mais fácil de ser usado e mais eficiente, pois aumenta a absorção (SALOMÃO, 2009).

No conjunto das entrevistas, as áreas de aplicação da nanotecnologia mais destacadas foram o desenvolvimento de novos materiais; inovações incrementais na indústria química, como embalagens de alimentos e plásticos com ação bactericida, resinas, tintas, vernizes e produtos de limpeza; aplicações na indústria alimentícia, como suplementos alimentares, nutracêuticos ¹³², e cobertura de alimentos (revestimentos) com nanopartículas de prata; na indústria cosmética aplica-se a nanotecnologia em cremes para a face, em cremes contra assaduras e em protetores solares; estuda-se o uso da nanotecnologia para pesquisa, diagnóstico e tratamento de doenças; na indústria têxtil são relatados usos em corantes e tecidos; na indústria calçadista, alguns tênis vêm com nanopartículas de prata; na construção civil, em vidros autolimpantes e em concretos; na indústria automobilística, em polímeros para tanques de combustível e peças externas; na indústria eletrônica; na indústria informática e; na indústria bélica ¹³³ (detalhes na Tabela 13).

Tabela 13 - Áreas de aplicação da nanotecnologia segundo os programas Nanotecnologia do Avesso selecionados, do período de 2009 a 2010

Áreas de aplicação	Entrevistas
• Novosmateriais	7
• Indústria química (embalagens para alimentos, resinas, plásticos, tintas e vernizes, produtos de limpeza)	4
• Indústria alimentícia (suplementos, nutracêuticos, revestimentos)	4
• Indústria cosmética (cremes, protetores solares)	3
• Medicina (pesquisa e diagnóstico de doenças)	3
• Indústria têxtil (corantes, tecidos)	2
• Construção civil (janelas autolimpantes, concretos)	2
• Outros*	7

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas Nanotecnologia do Avesso, 2009 a 2010, selecionados para análise.

* Inclui uma citação de cada área: indústria automobilística, calçadista, eletrônica, informática, farmacêutica, bélica, dispositivos.

¹³²Produtos que cumprem simultaneamente funções de alimento, estéticas e medicinais, ou seja, são multifuncionais e suprem funções que antes eram exercidas por diferentes produtos (INVERNIZZI; FOLADORI, 2011).

¹³³De acordo com Rattner (2009), os americanos já estão usando armas à base de nanotecnologia, capazes de imobilizar, paralisar indivíduos a uma distância de 50 a 100m sem que se perceba qualquer sintoma, mas o indivíduo atingido cai por terra, fica paralisado e incapaz de manifestar qualquer reação.

Esse conjunto de visões e aplicações evidencia as potencialidades da nanotecnologia em um contexto marcado pela busca incessante de competitividade e desenvolvimento industrial, por um lado, e pela incerteza e controvérsia, por outro lado, aspectos que podem ser observados na maioria das entrevistas em si mesmas e mais ainda se consideradas todas juntas. Assim, potenciais benefícios e malefícios são vistos como duas faces de uma mesma moeda.

Para fins didáticos, todavia, apresentamos essas duas faces ou dimensões separadamente. Com relação ao aspecto dos benefícios, os programas fazem referência ao potencial inovativo da nanotecnologia, ou seja, a sua utilização real ou potencial pelas empresas para gerar novos materiais e produtos mais eficientes para novos mercados, reconhecendo-se a nanotecnologia como elemento estratégico da competitividade industrial e fator de poder econômico e/ou do desenvolvimento econômico (Tabela 14). Entre os 13 entrevistados que reconhecem a aplicação da nanotecnologia com fins econômicos, alguns defendem esse direcionamento, outros criticam a forma como ele tem se dado e alguns questionam essa orientação política da nanotecnologia.

Tabela 14 - Potenciais benefícios da nanotecnologia segundo os programas *Nanotecnologia do Avesso*, entrevistas selecionadas do período 2009-2010

Potenciais benefícios da nanotecnologia, por entrevista	Entrevistas
• Materiais e produtos mais eficientes para novos mercados, competitividade industrial e poder/desenvolvimento econômico	13
• Qualidade de vida e preservação do meio ambiente	1
• Entrevistas que não abordam o assunto	3

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas Nanotecnologia do Avesso, 2009 a 2010, selecionados para análise.

A qualidade de vida e a preservação do meio ambiente foram mencionadas por Miller (2010) como potencial benefício na ótica da FAO e Embrapa, pois segundo a entrevistada, a discussão central do Seminário Internacional sobre Nanotecnologia e Agricultura foi a possibilidade de aplicar a nanotecnologia na agricultura (com utilização de menos agrotóxicos) e em alimentos, em especial para ajudar comunidades e países pobres.

Todas as entrevistas *Nanotecnologia do Avesso* apontam que o desenvolvimento da nanotecnologia já começou. Diversos processos de pesquisa, inovação, industrialização e comercialização de novos materiais ou produtos já são realidade, outras pesquisas e aplicações tecnológicas ainda estão em fase de desenvolvimento e há ainda especulações para o futuro, em prazos indefinidos. Aqui, a narrativa do tipo antes-e-depois (MARX; SMITH, 1996) não é utilizada para reforçar os benefícios das nanotecnologias, como ocorre nas outras mídias analisadas, mas sim para uma análise crítica da utilização dessas narrativas:

Os produtos, tão logo aparecem ao alcance das empresas estão sendo aproveitados para ser lançados como inovações no mercado, e como nosso mercado funciona à base do marketing, **os novos produtos são colocados como superiores a tudo anterior, o que não é verdade obviamente**, mas está sendo utilizado esse argumento para incitar, instigar o consumidor a fazer uso desses produtos, cuja segurança obviamente não está comprovada (RATTNER, 2009, grifos nossos).

Em todos os programas houve a afirmação de que já existem produtos com nanotecnologia no mercado, principalmente nos países desenvolvidos, mas também no Brasil. Os novos materiais e produtos satisfazem desejos de consumidores e, o que sobressai nas entrevistas, é que correspondem, sobretudo, às expectativas econômicas do empresariado industrial. Vários entrevistados afirmam que nem sempre os consumidores são informados de que os produtos contêm nanomateriais porque não há rotulagem e regulação referente à industrialização e comercialização de produtos nanotecnológicos, salvo raras exceções.

Como diferencial em relação às mídias analisadas nos capítulos 4 e 5, essas visões sobre aplicações, benefícios e expectativas relacionadas ao desenvolvimento da nanotecnologia costumam ser abordadas no programa *Nanotecnologia do Avesso* na sua articulação com as incertezas, potenciais riscos e implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia, conteúdos que sistematizaremos nas próximas seções. Esse tratamento do objeto expressa a proposta do programa de informar sobre a nanotecnologia “do avesso”, ou seja, comunicar pontos de vista comumente marginais ou ausentes em outros meios de comunicação.

6.2.2.3 Incertezas e riscos da nanotecnologia

O tema dos riscos, incertezas e implicações sociais, legais e éticas da nanotecnologia é muito caro ao programa *Nanotecnologia do Avesso* e por essa razão ocupa posição saliente nas entrevistas realizadas. O desenvolvimento da nanotecnologia se realiza no contexto de uma pluralidade de interesses que o programa procura explicitar.

Dos 17 programas analisados, 16 abordaram a questão dos riscos, 13 de modo mais ou menos tangencial e três com uma discussão centralizada na questão¹³⁴. Três riscos principais são debatidos nos programas analisados: 1) os *riscos para a saúde* de pesquisadores da área de nanotecnologia, de trabalhadores que manufaturam ou usam produtos contendo nanotecnologia no trabalho e de consumidores; 2) os *riscos para o meio ambiente* e as diversas formas de vida e; 3) os *riscos econômicos* de investimento em uma tecnologia emergente e, por outro lado, as possibilidades de concentração de capital¹³⁵. Paralelamente, o programa discute as políticas públicas de CT&I inter-relacionadas com essa problemática.

O aspecto central para a análise de riscos da nanotecnologia é a mudança de propriedades dos materiais na escala nanométrica. Segundo Salomão (2009), na escala nanométrica as nanopartículas mudam de propriedades muito facilmente, têm tendência de se aglomerar e formar partículas secundárias, um pouco diferentes, que podem ser mais problemáticas. Também Santos (2009) ressalta em sua entrevista que as partículas menores são mais agressivas e reativas. Ele explica que substâncias recém-fabricadas são mais prejudiciais. Utilizando-se de comparações entre objetos conhecidos e estranhos o médico explica que quanto menor uma partícula, mais reativa ela é:

Um tijolo que pese um quilo, quando quebrado continua com um quilo, mas tem muito mais pedaços e a superfície reativa se torna bem maior. Assim, estudos mostram que quando se reduz uma partícula de dióxido de titânio à escala nanométrica e se injeta a nanopartícula no pulmão, na mesma quantidade que de partícula maior, a nanopartícula provoca uma inflamação no pulmão, joga-se um soro e percebe-se ao retirá-lo a quantidade de células inflamatórias (SANTOS, 2009).

O entrevistado esclarece também que as principais portas de entrada das nanopartículas no organismo são a alimentação e a respiração, e uma vez que estejam no organismo, têm a facilidade de cair na corrente sanguínea. Outro ponto é que, na medida em que as nanopartículas produzem radicais livres, alteram o DNA

¹³⁴Apenas na entrevista com Moraes (2009) não houve discussão de riscos da nanotecnologia.

¹³⁵Diversos aspectos aqui abordados poderiam ser tratados também como implicação social.

do gene e facilitam o surgimento de câncer, de modo semelhante aos asbestos. Nesse caso, na opinião médico, não sabemos se estamos produzindo um novo asbesto, mas estudos experimentais indicam que os nanotubos de carbono provocam reação inflamatória muito parecida com a fibra de amianto (longa e fina) quando inalados em animais. A sílica e o asbesto são conhecidos como causas de fibrose, câncer no pulmão e câncer na pleura (mesoteliona) (SANTOS, 2009).

Esse mesmo pesquisador elucida que um dos componentes mais agressivos da poluição do ar é o material particulado ultrafino, que pode ter dimensões de 100 nanômetros, pois tem mais facilidade de se depositar no fundo do pulmão. Lá causa inflamações, que podem provocar doenças pulmonares como bronquite e asma e também liberar no sangue substâncias que podem alterar: 1) o sistema cardiovascular – altera a parede dos vasos sanguíneos, acelerando a ocorrência de arterosclerose, formando placas que podem contribuir para um derrame ou infarto do miocárdio e; 2) o sistema nervoso central – pessoas mais expostas a nanopartículas podem ter maior presença de substância amilóide, uma proteína muito associada à doença de Alzheimer, eventualmente mais precoce. Em pesquisas com trabalhadores expostos à queima de cana de açúcar foram observados distúrbios de cognição e comportamento, que cessavam em períodos sem exposição aos agentes poluidores (SANTOS, 2009).

A notoriedade da análise das mudanças de propriedades em nanoescala no programa *Nanotecnologia do Avesso* realça interesses de determinados grupos sociais relevantes, especialmente os engajados na regulamentação da nanotecnologia. Fazemos essa interpretação de acordo com Lacour e Vinck (2011), que indicam que as definições de nanotecnologia são frequentemente construídas em grupos de trabalho, organizações de normalização ou por consultores e *experts* de distintos grupos sociais relevantes. Nesse sentido, nas entrevistas de Salomão (2009) e Santos (2009) foi informado que ambos participam de linhas de pesquisa científica de riscos, espaço em que são produzidas as definições que adotam.

Com relação às nanopartículas de carbono, Salomão (2009) explica que há muito tempo elas são emitidas diariamente na atmosfera e podem penetrar na pele. Nosso corpo oferece alguma resistência aos seus efeitos maléficos, mas não se sabe o que pode acontecer numa concentração muito grande desse material em contato com o organismo.

Jensen e Vieira Filho (2010) indicam que a mistura de cimento com nanotubos de carbono tem potencial cancerígeno. A representante da ONG *Amigos da Terra* na Austrália, Georgia Miller (2010), aponta que os nanotubos de carbono são associados com câncer e que os fulerenos (um dos tipos de nanotubos de carbono), por exemplo, podem atravessar a pele, sendo alguns tóxicos e outros não. Com relação à pesquisa da Embrapa sobre a aplicação de nanotubos de carbono em agrotóxicos, Miller destaca que um dos argumentos favoráveis é que seriam utilizados menos agrotóxicos com a incorporação da nanotecnologia, algo ambientalmente correto. Por outro lado, alguns aspectos precisam ser ponderados: 1) com relação ao argumento de que agride menos a natureza porque é mais eficiente, lembra que também é mais tóxico por causa da natureza das nanopartículas, requerendo cuidado maior na sua aplicação; 2) a segunda questão é quem desenvolve a pesquisa e quem é proprietário da pesquisa, o que terá implicações sobre o custo e acesso às aplicações e; 3) o custo de oportunidade do setor público em investir em agrotóxicos, comparado a outras opções, como sistemas agroecológicos.

No caso das nanopartículas de prata, poucos *pesquisadores* de laboratórios de universidades e centros de pesquisa do Brasil sabem lidar com esse tipo de rejeito, armazená-lo e descartá-lo, algo que “não só não se faz como também não há questionamento sobre isso” (SALOMÃO, 2009). Numa planta industrial, o *trabalhador* que faz a incorporação de nanopartículas de prata aos polímeros, por exemplo, está exposto às substâncias, pois os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) convencionais não são adequados para se trabalhar com isso, ressalta o pesquisador. No final da linha de suscetibilidade ao risco está o *consumidor*, que terá um produto com novas qualidades, mas não se sabe os possíveis danos que a exposição à nova tecnologia pode causar.

Salomão (2009) sugere que a exposição diária a nanopartículas de prata seja imaginada como a injeção diária de antibióticos, como se todo dia as pessoas levassem uma injeção de penicilina. Como consequência, quando precisarem da ação efetiva da penicilina, ela não funcionará mais, pois as bactérias criarão resistência, ou seja, na suposição do entrevistado: “Estamos criando super bactérias expondo a população a esse tipo de material, por isso felizmente isso ainda não entrou no Brasil com velocidade [...]” (SALOMÃO, 2009). Diante desse efeito adverso que as nanopartículas de prata podem ter, os Amigos da Terra manifestam

a preocupação com a falta de informações aos consumidores sobre a presença delas no revestimento de alimentos e os possíveis efeitos dessas aplicações foram discutidos, de acordo com Miller (2010), no evento internacional sobre nanotecnologia e agricultura, organizado pela FAO e Embrapa.

Segundo o empreendedor Minozzi (2010), os produtos com ação antibacteriana são incorporados internamente em artefatos e por ser inorgânicos não são liberados no ambiente, posição que contrasta com o posicionamento de outros entrevistados. Citaremos alguns exemplos de posições divergentes. O engenheiro Salomão (2009) considera que a comercialização de pisos com proteção antibacteriana, sob os quais as crianças podem engatinhar, é um exemplo cruel de irresponsabilidade de quem vende esses produtos. Também no caso das nanopartículas de prata adicionadas em um polímero, como os polímeros não são sistemas totalmente fechados, aos poucos as nanopartículas migram para a superfície e saem, podendo cair na pele ou no meio ambiente e causar estragos. Ele explica que um dos atrativos dos materiais que contém nanopartículas é o fato de se usar uma quantidade muito pequena de nanopartículas para ter o efeito desejado na propriedade e isso dá uma sensação de segurança. Uma questão técnica que precisa ser observada, no entanto, é que as nanopartículas têm uma área de superfície muitas vezes maior que um material convencional, então mesmo pequenas quantidades podem gerar grande impacto ambiental (SALOMÃO, 2009). Com relação a isso, o coordenador do programa e um internauta assinalaram que as nanopartículas de prata, relatadas na literatura como as mais prejudiciais ao meio ambiente, são as mais utilizadas em processos industriais.

O físico Schulz (2009) considera que as implicações das nanopartículas de prata para o meio ambiente já são pesquisadas, mas ainda desconhecidas. Ele acha desnecessária a fabricação de *mouse* com ação antibacteriana e perigoso o descarte, pois o bactericida destrói bactérias e muitas delas são benéficas para a vida. O entrevistado também destaca que alguns produtos foram descontinuados, como a linha NanoSilver da Samsung (ar condicionado, máquina de lavar, geladeira, aspirador de pó com ação bactericida baseada em nanopartículas de prata). Depois de grande campanha publicitária no Brasil relacionada à comercialização desses produtos, a questão ficou na penumbra, porque estes tipos de produto motivaram as campanhas de regulamentação de produtos incluindo nanopartículas, pelo menos nos EUA e outros países, discussão mais atrasada no Brasil (SCHULZ, 2009).

Na visão de Salomão (2009), a prata tem mais potencial de causar danos ambientais que as argilas. Ele afirma que não há muita pesquisa sendo feita sobre o impacto ambiental das nanoargilas e que se espera que não seja algo terrível porque sempre se conviveu com a argila. Até onde se sabe não há grande problema em descartá-las no meio ambiente, mas não há pesquisas adequadas sobre isso, afirma o entrevistado, que pesquisa compósitos com nanoargila. A nanoargila tem um apelo ecológico porque quando se gera materiais mais resistentes, uma sacolinha de supermercado, por exemplo, se o filme fosse duas ou três vezes mais forte, poderia ser mais fino, então se gastaria menos material para fazer a mesma sacolinha, e nesse ponto de vista seria um material ambientalmente mais correto, defende. Martins, coordenador do programa, comenta que o argumento de que as nanoargilas são de certa forma naturais, é genérico para outras áreas da nanotecnologia, como nanotubos de carbono, pois em cada fogo produzido se produziria carbono. Também durante a entrevista com Carasso (2010), Martins salienta que, do ponto de vista ambiental, se por um lado se necessita menos matéria-prima e energia para produzir um produto, por outro lado, o capital tem a necessidade de produzir quantidades maiores de produtos, então no final das contas a vantagem não se realiza.

Na visão do entrevistado Jardim (2009), de modo geral, os cientistas não sabem e não querem saber sobre os riscos porque espantariam investidores, empreendedores e consumidores, aspectos necessários para transformar a nanotecnologia em mercadoria, conferir prestígio ao cientista e realizar o lucro econômico do empresário. Todavia, ele identifica outros grupos que não querem que aconteça o mesmo que ocorreu com a biotecnologia e a engenharia genética.

Com relação às nanopartículas de dióxido de titânio, Salomão (2009) orienta que vidros revestidos com esse material para ser tornar autolimpantes, ficarão assim por um tempo; posteriormente, na limpeza dos mesmos, supondo que se use uma esponja, um pouco do material pode ser removido, contaminando a água. A combinação do poder catalítico do material com a fauna ou flora aquática levará à destruição dessa matéria orgânica. Quanto aos protetores solares, entende que o maior problema é que os frascos de protetor solar nacionais não citam se a partícula é ou não é nanométrica, ou seja, não fornecem informação ao consumidor, preocupação manifestada também pelos Amigos da Terra. Com relação ao óxido de zinco, usado em cremes contra assaduras, Salomão não sabe se é um problema.

Além das preocupações com a contaminação do meio ambiente, diversos entrevistados expressam inquietude em relação aos riscos para a saúde humana. A nanotecnologia já é utilizada pela empresa Akzo Nobel, segundo Carasso (2010), com base em informações obtidas junto a engenheiros da empresa, mas esta estaria escondendo essa informação. Uma das preocupações dos trabalhadores é a possibilidade de riscos para a sua saúde e a inadequação dos EPIs, preocupação apontada também em outras entrevistas. Segundo o sindicalista, os solventes das tintas têm componentes da escala nanométrica que preocupam os trabalhadores.

A Rede de Trabalhadores da Akzo Nobel, empresa que atua nos segmentos de tintas e solventes (fabricante das marcas Wanda, Coral e Ipiranga)¹³⁶ e no segmento químico (clareamento de papel, em ilhas localizadas em indústrias de papel como Votorantin, Suzano e Veracel), está discutindo a questão da nanotecnologia e preparando material para trabalhar com os cipeiros (integrantes da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) das onze unidades brasileiras para inserir uma cláusula social sobre nanotecnologia na Convenção Coletiva de Trabalho, contemplando EPIs adequados e cuidados com o meio ambiente. Carasso (2010) destaca a potencial contaminação com a incineração de restos de tintas e o seu descarte. Informa que a Bayer, no Espírito Santo, faz a incineração dos descartes da Akzo Nobel.

O professor Ubiratan de Paula Santos, da Faculdade de Medicina da USP e médico do Instituto do Coração do Hospital das Clínicas (INCOR), afirma que há riscos para os trabalhadores envolvidos no processo de fabricação de nanopartículas usadas em novas tecnologias, bem como riscos no uso do produto. Ele citou um estudo publicado no mês de agosto de 2009 no jornal da Associação Europeia de Doenças Respiratórias sobre as doenças de sete mulheres de uma empresa na China que faziam pintura decorativa em uma sala pouco ventilada. O que incomodou os cientistas procurados para comentar o estudo foi que todas as sete mulheres tiveram derrame na pleura (água no pulmão), cinco sofreram derrame no pericárdio (membrana que envolve o coração), todas padeceram de redução da função pulmonar, das quais duas morreram. Segundo o entrevistado, não se sabe se eram usadas na pintura nanopartículas ou outras substâncias; o tempo de exposição não foi longo, então supõe que a concentração de nanopartículas deve ter

¹³⁶ Segundo Carasso (2010), dirigentes da Rede de Trabalhadores da BASF teriam informado a utilização de nanotecnologia nas tintas Suvinil também, fabricadas pela empresa.

sido alta ou que as nanopartículas tenham atuado em sinergismo com outras substâncias da tinta, multiplicando seus efeitos maléficos. A nanopartícula pode funcionar como carreador de substâncias quando inalada, absorvendo outras substâncias gasosas a que está misturada. O professor relata outras situações, de outras atividades, que geraram problemas de saúde (SANTOS, 2009).

Por outro lado, segundo Cossiello (2009), pesquisador da Oxiteno do Brasil, o *trabalhador* não entra em contato direto com a nanotecnologia na fabricação de *displays*, como telas de TV OLED. Ainda que não trabalhe em empresa de produção de *displays*, afirma que eles não podem ser produzidos com contato humano, porque o material biológico pode estragar toda estática e deteriorar o *display*, a tela. Assim, o *display* precisa ser montado em sala de altíssima pureza, com todo processo em linha, em caixas de luva (*glowes box*), onde tudo estaria preparado e o trabalhador só teria a função de transferir o *display* em construção de uma estação para outra, por isso acha que não há contato com a nanotecnologia.

Já no processo de pesquisa, no laboratório, afirma que os *pesquisadores* primam bastante pela segurança, que há muito cuidado com o risco de contaminação durante o procedimento de pesquisa, por exemplo, com solventes de alta toxicidade. Destaca que sempre é evitado o contato direto com os nanomateriais, mas não dá para dizer que não ocorra contato. Usam óculos, tênis fechado, jaleco e pipeta; lavam a pipeta direcionando a água como resíduo para tratamento e outras vezes direcionam o material para incineração; trabalham em “capela” com exaustão de risco quase zero, isolados dos materiais, evitando a sua inalação, a menos que não se tomem os cuidados mencionados. Os polímeros não evaporam porque é material sólido. Os solventes são separados uns dos outros para o armazenamento em lugares específicos e descarte (COSSIELLO, 2009).

A terceira possibilidade de contato com os materiais é no *pós-consumo*, inclusive no descarte; ainda não há avaliação dessa fase, mas considera necessário um estudo sobre a segurança em todo ciclo de vida do produto. Sugere estudos sobre o impacto ambiental de utilização de tecnologias em massa, como TVs LCDs e OLEDs, para minimizar os impactos sobre o ambiente. Os polímeros em dispositivo eletroluminescente (como telas OLED) não podem ser reciclados porque fazem parte de um sistema sanduíche, seria economicamente inviável desmontar o sanduíche, mas esses polímeros podem ser submetidos à oxidação desativar suas cargas elétricas. O vidro e o alumínio poderiam ser reutilizados (COSSIELLO, 2009).

O apresentador do programa destaca que na Alemanha as empresas fabricantes precisam recolher os produtos descartados para dar o destino adequado, questão que não acontece no Brasil, onde resulta custo social. Cossiello (2009) indica que as empresas podem ser responsabilizadas pelos seus produtos como ativos poluidores, como as empresas de bebidas. Esta informação foi reforçada pelo professor de Direito da Unisinos, Dr. Wilson Elgelmann, durante audiência pública sobre nanotecnologia na Câmara dos Deputados, em 2012. Ele mencionou que pode ser aplicado à nanotecnologia o artigo 931 do Novo Código Civil, “[...] os empresários individuais e as empresas respondem independentemente de culpa pelos danos causados pelos produtos postos em circulação”, e o artigo da lei sobre resíduo sólido (Lei nº 12.305/10) que trata de resíduos perigosos (BLOG NANOTECNOLOGIA DO AVESSO, 2012).

A entrevista Arline Arcuri comentou durante sua entrevista ao programa *Nanotecnologia do Avesso* como foi o I Simpósio Internacional sobre os impactos da nanotecnologia na saúde e no meio ambiente, realizado no Conselho Regional de Química de São Paulo, em maio de 2010. Segundo a entrevistada, o evento oportunizou o debate entre representante da empresa Magnesita S.A., que começa a estabelecer processo produtivo com nanotecnologia, e de trabalhadores. Diferentemente de eventos similares anteriores, em que estes atores participavam de mesas separadas, nessa edição compuseram uma mesma mesa redonda. Outras mesas de discussão e conferências apresentaram inúmeros aspectos de interesse dos trabalhadores, embora em alguns momentos parte dos participantes tenha enfrentado dificuldades em compreender os conteúdos apresentados em linguagem muito técnica. Segundo Arcuri, parece que o grande problema é a falta de recursos humanos, financeiros e tecnológicos para pesquisar o impacto das nanopartículas, mas o problema maior é a reatividade das partículas. Caracteriza-se o nanomaterial, mas quando se faz o experimento suas propriedades mudam, porque ele já reagiu com outras partículas, conforme discussões presenciadas no evento (ARCURI; PINTO, 2010).

O simpósio foi coordenado por uma equipe multidisciplinar, multiinstitucional, composta por membros da Fundacentro, da Renanosoma, do DIESAT, do DIEESE, do IIEP, do Instituto Observatório Social da Central Única dos Trabalhadores, da FIOCRUZ, da USP, da UFABC, entre outras instituições. O propósito era atender as expectativas de um público diverso, como pesquisadores, trabalhadores, membros

de Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA, adiante) e público em geral, para discutir implicações para a saúde do trabalhador e para as diferentes formas de vida do meio ambiente (ARCURI; PINTO, 2010). Os entrevistados Jensen e Vieira Filho (2010) destacaram a existência, desde 2007, do grupo de pesquisa “Impactos das Nanotecnologias na Saúde dos Trabalhadores e Meio Ambiente”, coordenado pela Fundacentro, ligada ao Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). O grupo é coordenado pela Dra Arline Arcuri da Fundacentro e tem participação do DIEESE, DIESAT, IIEP, Sindicato dos Químicos do ABC, Sindicato dos Metalúrgicos de Osasco, Instituto Observatório Social do Trabalho, Fiocruz e Renanosoma.

Como podemos observar, há uma grande demanda por parte dos grupos relevantes representados no programa *Nanotecnologia do Avesso* pela avaliação de riscos. Para realizá-la precisamos de equipamentos mais sofisticados e técnicos altamente capacitados (SALOMÃO, 2009). Segundo Santos (2009), os profissionais de universidades e indústrias que trabalham na fabricação de nanopartículas ou no uso aplicado da nanotecnologia, que são grupos ou pessoas de risco, deveriam ser monitorados pelo acompanhamento dos marcadores inflamatórios no sangue e no líquido pulmonar. O professor pesquisador salienta que as empresas são obrigadas a realizar exames médicos em seus trabalhadores, mas os exames que realizam não servem para monitorar os referidos marcadores. Assim, seria importante um protocolo de pesquisa que especifique quais exames são capazes de detectar essas informações e a partir desses estudos seria possível obter recomendações para proteger a saúde e até mesmo prescrever medicamentos. O cientista opina que já é viável estabelecer um protocolo de segurança para trabalhadores da área de nanotecnologia, com parâmetros como marcadores utilizados para poluentes (inclusive nanopartículas), que são marcadores inflamatórios para pulmão, para problemas cardiovasculares e neurológicos. Assume que os novos estudos poderão indicar novos marcadores. Em sua opinião, o foco principal de estudo deveriam ser as nanopartículas mais utilizadas, como as de prata. Ele torna notável que as nanopartículas que contêm metais em sua composição costumam ser mais agressivas, por isso, entre as fibras de amianto, as que contêm ferro são as mais perigosas. Portanto, nanopartículas com metais devem receber maior atenção nas pesquisas. Outro aspecto relevante para pesquisa é se nanopartículas de 1nm são mais agressivas que as de 100nm e se o formato delas interfere na toxicidade. Por fim, sugere estudo caso a caso para cada tipo de nanopartículas.

Santos (2009) afirma que não conhece estudos de toxicologia realizados no Brasil na área de nanotecnologia, mas conhece pesquisas de algumas universidades americanas, de Edimburgo, na Escócia, Alemanha e Inglaterra, em geral experimentais e poucas em humanos (SANTOS, 2009). O apresentador do programa, por sua vez, ressalta que o orçamento público não tem contemplado estudos sobre nanotoxicologia, pesquisa que considera fundamental. Ele informa que o Dr. Marcos Assunção Pimenta, da rede de pesquisa de nanotubos de carbono, teria solicitado ao professor Daniel Alves de Melo, da UFPR, um documento¹³⁷ sobre o estado da arte da pesquisa sobre nanotoxicologia em nanotubos, e esse documento indica, segundo Martins (2009), que existem algumas pesquisas em andamento, mas sem edital que contempla essa temática.

A palavra risco tem muitos significados e se a sociedade se propõe a avaliar riscos, é importante avaliar as diferentes formas de riscos, argumenta Nordmann (2010). Assim, ele acrescenta o risco econômico. Segundo o filósofo, a nanotecnologia é uma grande promessa, investimos muito dinheiro para produzir inovação, mas ninguém sabe exatamente se ela é um grande negócio. Outro risco é a mudança do processo de trabalho, podendo gerar desemprego, e concentração de capital (este último aspecto foi notado por outros entrevistados também, como Jardim e Costa e Dulley). Desse modo, vivemos um experimento coletivo e temos necessidade de nova forma de regular, levando em consideração questões políticas e econômicas e evitando a redução do risco a algo quantificável, porque ele não pode ser quantificado. Na opinião de Nordmann, a indústria e a economia não podem decidir sozinhos os aspectos regulatórios.

As entrevistas apresentam evidências de que a nanotecnologia oferece riscos para a saúde, para o meio ambiente e a sociedade, com desafios sociais, econômicos e éticos agravados pelo acelerado processo de criação e comercialização de nanomateriais e nanoprodutos sem estudos de toxicidade e segurança, sem mecanismos de supervisão regulatória e nem equipamentos e procedimentos de segurança apropriada no trabalho de laboratório e de manufatura.

Em atividades de pesquisa e inovação tecnológica com potencial disruptivo, um aspecto chave é a adoção do princípio da precaução, uma vez que os riscos,

¹³⁷ Rede Nacional de Nanotubos de Carbono CNPq/MCT. **Abordagens para um Trabalho Seguro com Nanotubos de Carbono**. Monografia de distribuição pública. Daniel Alves de Melo. Curitiba, UFPR, Departamento de Química, 2008. Disponível em: <<http://nanocarbono.ufmg.br/elgg/>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

pelo menos parte deles, são inesperados. Schulz (2009) considera que esse princípio deveria ser mais utilizado para nortear a pesquisa e as aplicações em nanotecnologia. Sinaliza que a passagem dos projetos de pesquisa por comitês de ética, onde pode ser contemplada a análise deste princípio, é algo muito recentemente discutido e mal visto por boa parte da comunidade científica, pois seria “um formulário a mais para preencher”, mas em sua opinião, é um aprendizado que tem que acontecer.

Essa é uma questão discutida internacionalmente no projeto NanoAction do *International Center for Technology Assessment* (Centro Internacional para a Avaliação da Tecnologia), que elencou, em 2007, um conjunto de oito princípios fundamentais para a avaliação e supervisão da nanotecnologia, em um trabalho conjunto com representantes de diferentes entidades da sociedade civil, como organizações de trabalhadores, de consumidores e ambientalistas. O primeiro desses princípios é o da precaução, que compreende medidas que devem ser tomadas quando alguma atividade ameaça a saúde ou o meio ambiente, mesmo quando as relações de causa e efeito ainda não estão totalmente estabelecidas pela ciência, com vistas a prevenir danos. Para tanto, essa avaliação deveria ser feita antes da comercialização dos nanomateriais e ser aplicada aos que já estão sendo comercializados e que não passaram pelo processo de avaliação de risco. A adoção desse princípio se justifica pelas novas propriedades e níveis de toxicidade desconhecidos que podem apresentar os nanomateriais engenheirados, gerando ameaças já sugeridas por pesquisas científicas (NANO ACTION, 2007). Os demais princípios sugeridos são: princípio sobre a regulamentação mandatória nanoespecífica; princípio da proteção à saúde e segurança para o público e trabalhadores; princípio da sustentabilidade ambiental; princípio da transparência; princípio da participação do público; princípio da inclusão de amplos impactos e; princípio da responsabilidade do produtor (*ibid*).

O sentimento prevaiente sobre a relação entre riscos e benefícios, análise realizada a partir das contribuições de Stephens (2005), é de que os riscos e os benefícios devem ser considerados (COSSIELLO, 2009; GAMA, 2009; RATTNER, 2009; SALOMÃO, 2009; SCHULZ, 2009; ARCURI; PINTO, 2010; BENSUADE-VINCENT, 2010; CARASSO, 2010; MILLER, 2010; MINOZZI, 2010). Dentre as dez entrevistas que expressam essa percepção, está a de Rattner (2009):

É possível que uma inovação traga benefícios econômicos, novos produtos lançados no mercado, o consumidor ávido de possuir esses produtos pelo efeito de demonstração e a empresa auferindo lucros porque é a primeira que inova, que lança esse produto. Portanto, pode-se dizer que um benefício econômico é bem provável que surja da inovação, mas obviamente, o benefício econômico não esgota em si toda problemática. A questão é: Quem é que se apropria desse benefício? Normalmente pensaríamos ou estaríamos inclinados a postular que deveria haver uma distribuição equitativa, justa, do esforço realizado para inovar, desde o pesquisador até o tecnólogo, até o engenheiro do desenvolvimento industrial e sobretudo os operários que estão expostos eventualmente aos efeitos dessa nova tecnologia. Então o que se verifica é que os benefícios são apropriados individualmente ou corporativamente pelas grandes empresas. Os riscos, os prejuízos eventualmente são socializados, quer dizer, a empresa não assume e, portanto, aí é uma fonte da chamada desigualdade ou da injustiça social porque além de não ser beneficiado pelo esforço dispendido na produção desses novos conhecimentos e tecnologia, o trabalhador está exposto aos riscos que repercutem no meio ambiente, seja no chão da fábrica, seja no ambiente ou território onde a fábrica está inserida, ou seja no sentido mais amplo, no ar, na poluição das águas, na poluição do solo, como tem acontecido com essas tecnologias que eu mencionei [transgênicos].

Outra posição similar é a de Schulz (2009), que percebe uma polarização em que predomina na mídia a visão dos defensores incontestes da nanotecnologia ou outras pretensas inovações tecnológicas anunciando que tudo é maravilhoso, exagerando e fazendo propaganda enganosa e, no outro extremo, há pessoas que só comentam os riscos. Assim, entende que a “encruzilhada da nanotecnologia” está mal colocada, que não se deve optar por um ou outro pólo, mas por um caminho alternativo, que passa pelo engajamento público. Engajado em ações sindicais, Carasso (2010) observa que as tintas obtêm durabilidade maior com aplicação de nanopartículas, mas que é preciso cuidar da saúde dos trabalhadores que manipulam esses componentes e dos consumidores, ponderando, portanto, benefícios e riscos.

Em outras seis entrevistas o sentimento é de que os riscos superam os benefícios (BLAU, 2009; JARDIM, 2009; SANTOS, 2009; COSTA; DULLEY, 2010; JENSEN; VIEIRA FILHO, 2010; NORDMANN, 2010). A entrevista de Santos (2009) só abordou os riscos, por isso evidencia essa percepção. A visão de que a nanotecnologia está sendo imposta sem controle e regulação, gerando riscos à sociedade, foi expressa por Blau (2009). Jardim (2009) compara as pesquisas sobre riscos e aplicações como corrida de tartaruga e lebre, em que a pesquisa sobre aplicações “está lá na frente e a sobre riscos lá atrás”, por isso uma análise de editais do CNPQ e FINEP, que desde 2001 direcionam dinheiro público para pesquisa em nanotecnologia, revelaria que o recurso destinado a pesquisa de

impactos é de 0,0017%, quase nulo, mostrando os interesses que direcionam as pesquisas. Através de história em quadrinhos, Jensen e Vieira Filho (2010) tentam mostrar aos trabalhadores as possíveis implicações da nanotecnologia à saúde e ao meio ambiente e apresentar as maravilhas como um fetiche, na acepção marxista.

Cabe pontuar que no programa *Nanotecnologia do Avesso* há o peso do direcionamento para esse tipo de percepção da relação entre riscos e benefícios e esse encaminhamento está balizado por demandas de regulação obrigatória por parte do grupo relevante responsável pelo programa (Renanosoma) e dos grupos a que se destina prioritariamente esse programa, os grupos dos trabalhadores e consumidores. Nessa perspectiva, os riscos podem ser vistos como maiores que benefícios porque não se está aplicando o princípio de precaução e não se está caminhando decisivamente (ou só muito lentamente) para regulação. Além disso, falta o cumprimento de outros princípios relevantes, como a transparência. Ambos os princípios levariam a reduzir os riscos, e inclusive a coibir algumas atividades.

O fato de algumas entrevistas sublinharem os riscos não significa que defendam a inibição da ciência. A posição de Costa (2010) vai nessa direção, admitindo que o desenvolvimento da ciência e tecnologia pode trazer benefícios, mas é necessário viabilizar uma apropriação social mais ampla e democrática destes e ter maior segurança sobre a prevenção de efeitos adversos sobre a natureza e a sociedade. Sob essa perspectiva, acredita que os novos conhecimentos da bio e nanotecnologia são interessantes se avaliado em que podem contribuir para a eficiência produtiva e a satisfação humana. Demonstra preocupação quanto a reduzida divulgação dos efeitos adversos das tecnologias e à apropriação privada dos recursos genéticos aliada à socialização dos efeitos perversos, por pressão do poder econômico.

Ele cita o exemplo de que há cerca de 10 a 15 anos uma pesquisa realizada pelo pesquisador Pusztai na Escócia, que alimentou ratos em laboratório com alimentos transgênicos, descobriu uma série de disfunções no organismo desses animais, como diabetes, cirrose hepática, engrossamento da parede intestinal (sintoma precursor de câncer), e quando publicou seus estudos, as indústrias desenvolvedoras de transgênicos realizaram grande pressão sobre esse pesquisador que chegou a ser dispensado (senão execrado) de seu instituto de pesquisa. Diversos pesquisadores realizaram abaixo-assinado em favor do cientista, mas isso não foi levado em conta pelo poder econômico que fez valer seus

interesses privados. Todavia, há dois ou três anos veio a público um estudo secreto da Monsanto, uma das empresas que domina o mercado dos transgênicos e que participou da ação contra o pesquisador escocês, comprovando os mesmos sintomas identificados pelo cientista anos antes. Costa não soube informar os desdobramentos do caso, mas a justiça da Alemanha estava cobrando da Monsanto a publicação dessas informações que não tinha sido realizada devidamente, ou seja, estava exigindo transparência (COSTA; DULLEY, 2010). Por fim, essa análise não se aplica na entrevista de Moraes (2009), que discute as relações entre nanotecnologia e educação e não abordou riscos ou benefícios.

No conjunto dos programas analisados é construída a visão da concretude dos riscos associados à nanotecnologia, articulados a conflitos existentes entre aqueles que lucram com os riscos e os que estão mais expostos a eles. Nesse sentido, afirma Beck:

É justamente ao lidar com os riscos que se origina uma multiplicidade de novos conflitos e diferenciações. Estes não se atêm mais ao esquema da sociedade de classes. Eles surgem sobretudo da ambivalência dos riscos na sociedade de mercado desenvolvida: os riscos não são nesse caso apenas riscos, são também *oportunidades de mercado*. É precisamente com o avanço da sociedade de risco que se desenvolvem como decorrência as oposições entre aqueles que são *afetados* pelos riscos e aqueles que *lucram* com eles. Da mesma forma, aumenta a importância social e política do *conhecimento*, e conseqüentemente do acesso aos meios de forjar o conhecimento (ciência e pesquisa) e disseminá-lo (meios de comunicação de massa). A sociedade do risco é, nesse sentido, também a sociedade *da ciência, da mídia e da informação*. Nela, escancaram-se assim novas oposições entre aqueles que *produzem* definições de risco e aqueles que as *consomem* (BECK, 2010, p. 56).

Portanto, essas tensões atravessam todos os âmbitos da atuação social e estão na origem das disputas em torno da extensão, do grau e da urgência dos riscos, que podem ser reconhecidos socialmente como ameaças e dissolver as vantagens oferecidas pelas novas tecnologias. No processo de velamento e desvelamento de riscos, diante da suscetibilidade ao risco e apesar da divergência de posições, emergem iniciativas da sociedade civil que podem congregiar distintas classes, partidos, grupos profissionais e faixas etárias (BECK, 2010), ou mesmo ser representativas de uma determinada classe social, como veremos na análise das formas de participação pública no debate sobre a nanotecnologia. Todavia, como lembra o próprio Beck, as situações de ameaça não devem camuflar as desigualdades sociais, pois a desigualdade de classe e a desigualdade na exposição ao risco se sobrepõem. Não por acaso, as indústrias de risco são

transferidas para países que oferecem mão de obra barata, formando contingentes populacionais nas áreas próximas dos centros industriais e assim distribuindo desigualmente os riscos.

6.2.2.4 Implicações sociais da nanotecnologia

A compreensão pública da ciência depende crucialmente do contexto social em que é discutida, e estas diferentes situações levam a julgamentos sobre quais informações são necessárias, quem as necessita e para que propósitos (LEWENSTEIN, 2001). Assim, o programa *Nanotecnologia do Avesso* prioriza informações sobre riscos e aspectos ELSI da nanotecnologia para atender, sobretudo, aos interesses de trabalhadores e consumidores potencialmente afetados pelas nanopartículas, para muni-los de conhecimentos necessários para exercer o controle social das nanotecnologias.

Organizamos as principais implicações sociais destacadas nos programas em categorias, que são as seguintes: questões ambientais e de saúde (é a dimensão mais discutida nos programas e já foi analisada, em grande medida, na seção anterior junto com riscos para o meio ambiente e saúde); questões econômicas e problemas sociais (uma parte também foi discutida como risco econômico, na seção anterior); processos de organização e formação dos trabalhadores; outras questões educacionais e de controle social.

Com relação às questões ambientais e de saúde, além dos aspectos já examinados, Costa e Dulley (2010) indicam o necessário debate sobre dois padrões ou modelos de agricultura que envolvem produção de C&T de acordo com diferentes concepções: agricultura convencional ou agronegócio e agroecologia, que expressam diferentes relações do homem com a natureza. Esta não é apenas uma questão ambiental, como também uma questão econômica e problema social.

Segundo Dulley, a agroecologia se relaciona com mais elementos da natureza que a convencional, por exemplo, no caso dos transgênicos. De acordo com Costa, a partir de um olhar histórico não se pode negar alguns avanços da agricultura convencional, mas percebe-se que deixou um passivo ecológico grande: ela se baseia na mecanização intensiva, nas monoculturas e no uso pesado de

agroquímicos, gerando grandes problemas sanitários no campo, como pragas, doenças, uso intensivo de agrotóxicos (que nos elevou ao patamar de país do mundo que mais consumiu agrotóxicos em 2009), degradação do solo, alteração no regime de chuvas, entre outros. No contraponto à agricultura convencional, desde os anos 1930 surgiram movimentos para uma agricultura alternativa, cujo conhecimento científico evoluiu para o que chamamos hoje de agroecologia, como uma contracultura à agricultura convencional (COSTA; DULLEY, 2010).

A partir das entrevistas de Miller (2010) e Costa e Dulley (2010) percebemos que não há consenso sobre a pertinência de aplicar a nanotecnologia na agricultura e em alimentos da forma como tem sido feito. Percebemos que alguns grupos sociais, como grupos de pesquisadores, de agricultores e de cidadãos, estão insatisfeitos em relação a alguns aspectos do modelo de agricultura dominante. Refletindo sobre a necessidade de investir em nanotecnologia para o desenvolvimento do país, Bensaude-Vincent (2010) comenta em sua entrevista que essa é uma decisão política e que não há apenas um caminho possível para a modernização e o desenvolvimento, mas também outros olhares ou trajetórias.

Outra questão econômica e problema social é a possibilidade de substituição dos trabalhadores, o que representa uma preocupação dos trabalhadores em relação às novas tecnologias, entre elas a nanotecnologia (CARASSO, 2010). Sobre a organização do trabalho na empresa, Minozzi (2010) destaca que na Nanox, indústria química da qual é acionista, apenas três dos 25 trabalhadores atuam na produção, em relação inversa com a indústria tradicional. Segundo o pesquisador e empresário, o diferencial de áreas de fronteira como a nanotecnologia é um maior planejamento de mercado, de produto, certificação dos produtos, do que preocupação com a produção, que já está mais estruturada. Assim, o foco é o planejamento, pois não se sabe para onde vai a nanotecnologia. A nanotecnologia já tem muitas aplicações, mas é preciso identificar as aplicações em que não se sente dúvida sobre a segurança e saúde do trabalhador e direcionar para esses mercados que são pontos de interesse da sociedade, afirma.

De fato, pesquisas indicam que a nanotecnologia está vulnerável à maior instabilidade social, o que pode impedir ou dificultar seu desenvolvimento, e nesse sentido o conhecimento das percepções sociais pode ser essencial para seu sucesso (RONTELTAP; FISCHER; TOBI, 2011). Isso aconteceu, por exemplo, na resistência de europeus aos Alimentos Geneticamente Modificados, o que poderia

ser explicado por preferências pelo processo de produção natural ou tradicional ou ainda pela divulgação de informações sobre esses alimentos, entre elas informações negativas divulgadas por ONGs como *Greenpeace* e Amigos da Terra, gerando ceticismo e dúvida a respeito dessa tecnologia (HUFFMAN et al, 2004).

Ainda em relação aos aspectos econômicos e problemas sociais, Invernizzi e Foladori (2011) assinalam que o tema do emprego ainda não integra as agendas de pesquisa sobre as implicações sociais da nanotecnologia, que a avaliação antecipada dessas questões é arriscada, mas importante para a formulação de políticas que preparem a sociedade para essas mudanças. Os autores apresentam considerações sobre o atual mercado de trabalho em nanotecnologia, algumas projeções para os próximos anos e antecipam que as perspectivas de compensação dos velhos empregos por novos é limitada, como já aconteceu com outras tecnologias, podendo aumentar os níveis de desemprego e subemprego. Os autores sugerem que não há soluções técnicas e de mercado para este problema e, portanto, requer soluções políticas (INVERNIZZI; FOLADORI, 2011).

Durante entrevista ao programa para a apresentação da história em quadrinhos n. 2 sobre nanotecnologia (aspecto que retomaremos na seção 6.2.2.7), Jensen e Vieira Filho (2010) destacaram que os trabalhadores da indústria química na região de São Paulo já propuseram aos diretores das empresas que utilizam a nanotecnologia o processo de negociação coletiva dos trabalhadores em relação à nanotecnologia. Nesse contexto, a participação de trabalhadores nas CIPAs é muito importante, pois conseguem acessar informações sobre os processos produtivos da empresa. A negociação coletiva do Sindicato dos Químicos da região de São Paulo em 2008 teve por finalidade a apresentação desses dados aos integrantes das CIPAs. Conseguiram um pequeno passo que foi incluir o tema da nanotecnologia nas Convenções Coletivas de Trabalho e a história em quadrinhos vem como ferramenta de trabalho pedagógico para os momentos de formação com os trabalhadores em geral e principalmente os envolvidos em CIPAs.

Essas iniciativas são relevantes, pois, como observa Carasso (2010), dirigente sindical, os trabalhadores têm pouco conhecimento sobre a nanotecnologia. Porém, ele ratifica a informação de Jensen e Vieira Filho (2010) de que os trabalhadores estão buscando informações e discutindo a questão com integrantes das CIPAs. A Rede dos Trabalhadores da Akzo Nobel luta para inserir

uma cláusula sobre nanotecnologia na Convenção Coletiva de Trabalho, contemplando EPIs adequados e cuidados com o meio ambiente.

Como parte dos processos de formação no trabalho e organização de trabalhadores, Carasso (2010) relata que a articulação dos trabalhadores da Akzo Nobel em rede teve início em 2004, seguindo a experiência da Rede BASF, existente no ABC paulista. A Akzo Nobel tem três unidades no Brasil e em conversa entre sindicatos, os dirigentes observaram que os trabalhadores das diferentes unidades não se conheciam entre si. A primeira questão discutida pelos dirigentes sindicais visou verificar se os trabalhadores brasileiros eram tratados pela multinacional da mesma forma que os trabalhadores de outros países. Da análise, constataram muitas diferenças, inclusive entre as unidades nacionais, quanto ao tratamento do trabalhador (tratamento médico após acidente de trabalho, carga horária), benefícios, remuneração, participação dos lucros (participação de R\$ 2000,00 em unidade de São Bernardo do Campo/SP e de R\$ 600,00 em São Gonçalo/RJ, por exemplo), entre outras. As direções das unidades brasileiras da Akzo Nobel se posicionavam como unidades desarticuladas, por isso a negociação dos trabalhadores era realizada por unidade. Os sindicalistas mapearam as diferenças, chamaram a direção da empresa para dialogar, a qual não reconheceu a Rede, e começaram a se organizar com assembleias na porta de fábrica. Entre os benefícios agora tratados nacionalmente estão a cesta básica e o convênio médico. Carasso (*ibid*) ressalta que a Rede não é a substituição do sindicato, mas uma ferramenta para alimentar com informações os sindicatos, que tem autonomia.

A Rede dos trabalhadores da Akzo Nobel conversou com a empresa para substituir os solventes da tinta, não substituídos até a ocasião da entrevista, pois sabem que na Europa já não existem tintas automotivas com solvente, sendo todas a base de água. A Rede fez denúncia à matriz holandesa, que achava que a substituição do solvente tinha sido feita mundialmente, e usa isso como motivo para a negociação local. Com base na argumentação e organização dos trabalhadores a empresa estuda equalizar os salários entre unidades nacionais. O entrevistado indicou que em julho de 2010 aconteceria a discussão da ampliação da Rede Brasileira para a América do Sul e maio de 2010 o debate sobre a constituição de uma rede mundial, em Amsterdã, com visita à unidade da Holanda e diálogo com seu presidente, tendo como pontos de pauta: 1) as fusões de empresas; 2) as

questões ambientais, em especial no caso de fechamento de unidades; e 3) a correspondência entre tintas “invisíveis” e doenças invisíveis (CARASSO, 2009).

Segundo as entrevistadas Arcuri e Pinto (2010), durante o I Simpósio Internacional sobre os impactos da nanotecnologia na saúde e no meio ambiente ocorreu a mesa redonda “Ações sindicais voltadas à segurança e saúde dos trabalhadores, em processos nanotecnológicos”, que contou com representantes do IIEP, da CUT, da ABIQUIM e da NANOX. Foi elogiada a alteração que a Nanox efetivou no processo de produção após visita da Fundacentro que alertou sobre potencial de risco de uma atividade de produção. Por outro lado, algumas empresas que supostamente trabalham com nanotecnologia, negam a informação quando a Fundacentro procura agendar visitas. Minozzi (2010), entrevistado do programa e participante do evento, considera que trabalhar em conjunto com os sindicatos, consumidores e outros *stakeholders* é uma política da Nanox.

Conforme depoimento de Bensaude-Vincent (2010) em sua entrevista ao programa, as *Trade Union* europeias, como a Confederação Geral do Trabalho (CGT) iniciaram debates para informar os trabalhadores sobre a nanotecnologia, havendo uma boa cobertura sobre segurança e prevenção de riscos na França. A razão é que as companhias de seguro não querem cobrir riscos das indústrias que não tomam as medidas para proteger os trabalhadores, ou seja, há um interesse financeiro envolvido. A entrevistada argumenta que a nanotecnologia nunca é considerada uma escolha política, mas deve ser assim pensada porque a tecnologia é parte integrante das escolhas sobre a sociedade em que queremos viver e a que desejamos para as futuras gerações e, nesse caso, a participação pública é legítima.

Por fim, as entrevistas indicaram também outras questões educacionais e de controle social. Segundo Rattner (2009), é preciso fomentar desde a educação básica o acesso ao conhecimento científico e o desenvolvimento de um posicionamento crítico diante das novas tecnologias. Já Moraes, professor e pesquisador na área de Educação, salienta a urgência de repensar a educação frente às novas tecnologias (MORAES, 2009). Dedicaremos a essas questões uma seção específica (vide 6.2.2.7).

6.2.2.5 Implicações legais da nanotecnologia

As implicações legais mais discutidas nos programas *Nanotecnologia do Avesso* foram: regulação e rotulagem de nanotecnologias; e propriedade intelectual. Em relação ao primeiro aspecto, é apresentado um diagnóstico da regulação e rotulagem de nanotecnologias no Brasil e no mundo e os princípios que deveriam orientar esse necessário processo. No que se refere ao segundo aspecto, discute-se as possíveis consequências do patenteamento de nanomateriais e nanoprodutos.

Com relação ao diagnóstico sobre a regulação e rotulagem de nanotecnologias, Rattner (2009) afirma que dada a lógica do capital, que procura maximizar os seus retornos, ao mesmo tempo minimizando os riscos para a empresa e distribuindo esses custos sob forma de riscos sociais, a nanotecnologia já está presente no dia a dia. Isso está sendo feito no Brasil, segundo Gama (2009), sem obrigação de rotulagem e sem fiscalização da rotulagem de produtos. Na mesma perspectiva, Salomão (2009) informa que potes de plástico para conservar alimentos usam nanotecnologia, mas é difícil identificar produtos que têm ou não nanopartículas de prata. Porém, o consumidor tem direito de saber a descrição dos componentes e os cuidados a tomar. Segundo Martins (2009), no caso da linha branca Sugar, trabalhadores souberam pelo jornal que produtos por eles fabricados tinham nanopartículas de prata. Rattner (2009) considera que a falta de regulação é uma demonstração de que o poder público parece estar à margem do que está acontecendo e por isso é importante a informação ao público, para o controle social.

Os programas revelam que, de modo geral, os governos têm tomado poucas medidas em relação à regulação de nanoprodutos presentes no mercado e nem sempre há informação de que o produto contém nanopartículas. Entretanto, segundo Miller (2010), na Austrália o governo está exigindo que as empresas apresentem informação sobre a presença de componentes *nano* e pesquisas sobre segurança para saúde. No país, alguns produtos foram retirados do mercado.

Recentemente o Parlamento Europeu destacou a necessidade de rotulagem dos nanoprodutos e de considerá-los como novos produtos, um processo que está sendo institucionalizado e que pode trazer resultados em alguns anos. Um documento da *Royal Society* recomenda medidas de segurança com nanopartículas: testes de segurança (para saúde humana e meio ambiente) prévios ao seu uso, rotulagem e segurança do trabalhador, segundo Miller (2010), em entrevista.

Nos Estados Unidos, segundo a entrevistada Judith Blau (2009), os nanoproductos não estão sendo rotulados. A *U.S. Food and Drug Administration* (FDA) retirou as avaliações que teriam que fazer com os produtos nanotecnológicos, como suplementos alimentares. Ela destaca que é imperativo que haja controle social dos produtos com nanotecnologia para atender aos direitos humanos.

Arcuri e Pinto (2010) narram em entrevista que a regulação foi um dos temas debatidos no I Simpósio Internacional sobre os impactos da nanotecnologia na saúde e no meio ambiente, em 2010. A OMS enviou um material para que fosse produzido um pôster e o mesmo foi exposto durante o evento, indicando que ainda não há ações concretas do ponto de vista prático, mas que a OMS está organizando estudos e guias com os centros colaboradores. A Dra. Ellen Silbergeld, da *Johns Hopkins University*, dos EUA, apresentou uma forte crítica ao reduzido avanço nos aspectos regulatórios durante a sua conferência (ARCURI; PINTO, 2010).

Segundo a entrevistada Blau (2009), alguns princípios devem orientar a regulação e rotulagem de nanomateriais. Depois da II Guerra Mundial, todos os países do mundo concordaram com os princípios de dois documentos na área de direitos humanos: 1) a Carta das Nações Unidas de 1925 e; 2) a Declaração Universal dos Direitos Humanos de 1948. O artigo 1º dessa última Declaração afirma que “todas as pessoas nascem livres e iguais em dignidade e direitos. São dotadas de razão e consciência e devem agir em relação umas às outras com espírito de fraternidade”. A partir desse primeiro artigo todos os outros direitos se seguem, direitos civis, à participação política e à alimentação. Assim, a ciência deve promover os direitos humanos e não os direitos corporativos ou pessoais de cientistas; e a ciência tem o papel de promover um sistema alimentar saudável.

Os órgãos públicos têm o dever de acompanhar as inovações em nanotecnologia, as pesquisas, seus resultados e aplicações na área de bens de consumo, de bens de produção e de serviços, considerando que as inovações devem ser socialmente justas, ambientalmente seguras e economicamente justificáveis (RATTNER, 2009). O entrevistado destaca que é a favor do desenvolvimento científico tecnológico em todas as áreas se adotadas as precauções indicadas para não prejudicar o consumidor e o trabalhador.

Para realizar a pesquisa e regulação de riscos, o Brasil enfrenta vários desafios. De acordo com Salomão (2009), poucos centros de pesquisa no país têm equipamentos adequados para trabalhar com nanopartículas. Os desafios continuam

nas indústrias. O pesquisador exemplifica que no polo petroquímico de Santo André/SP a maioria das empresas não tem equipamentos para quantificar a emissão de nanopartículas ou seu tamanho. O entrevistado destaca a importância de considerar riscos na atividade tecnológica, pois isso faz parte da responsabilidade dos pesquisadores, por exemplo, os editais de pesquisa solicitam destinação adequada de resíduos das pesquisas, mas falta fiscalização. Ele lembra que nas sociedades europeia e japonesa, muitas pessoas não compram certos produtos quando há desconfiança (SALOMÃO, 2009).

A esse respeito, a pesquisa de Huffman *et al* (2004) sobre o papel da informação em contexto de incerteza e a resistência ao consumo de alimentos geneticamente modificados, confirmou que quando os participantes da pesquisa se deparavam com alimentos transgênicos rotulados, estes eram significativamente mais propensos a ficar fora do mercado. Dada a vulnerabilidade do consumidor frente ao fornecedor, Cherutti e Engelmann (2012) argumentam que o direito à informação é uma das principais defesas que o ordenamento jurídico outorga ao consumidor e que já existem suportes suficientes para isso na Constituição Federal e no Código de Defesa do Consumidor. Não obstante, muitos fornecedores omitem essas informações. Os autores propõem a construção de um marco regulatório em que se definam as nanotecnologias, em linha com o que está sendo desenvolvido no GT Marco Regulatório do Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, bem como a fiscalização pelo Estado no que concerne à realização do direito e à aplicação de sanções para os que o desrespeitarem.

O empresário Minozzi (2010) revela em sua entrevista que o aumento do nível de consciência do consumidor influencia as práticas industriais no que se refere à observância da legislação e de níveis de certificação.

Martins argumenta que no Brasil a sociedade não participa da discussão sobre riscos, e quem toma as decisões a respeito desse assunto são a indústria e o governo. Uma forma de colocar regras seria a regulação, aspecto sobre o qual solicita o comentário de Nordmann. Segundo o filósofo alemão, no pensamento dos políticos a transição do velho ao novo processo ainda não está acabada e os pensamentos dos representantes de instituições governamentais ainda se situam na concepção antiga. Ele seria aderente a uma regulação se tivéssemos um conhecimento mais exato da questão e, no entanto, não o temos, não dá para estabelecer o que é seguro e o que não é seguro. Nessa situação, precisamos

aprender como regulamentar ao mesmo tempo em que se realiza o experimento, quase que em tempo real. Desse modo, pesquisadores, consumidores, igrejas, professores, todos deverão se engajar nisso. Ele defende que não se pode usar para os nanomateriais a mesma regulamentação usada para os produtos químicos, mas sim regulamentar cada produto, avaliar o seu processo de produção e funcionamento do nanomaterial, mas o produto só pode ser avaliado quando já existe e já é usado (NORDMANN, 2010). A discussão que está sendo realizada no GT Marco Regulatório do Fórum de Competitividade em Nanotecnologia segue nessa direção e recomenda uma avaliação caso a caso dos nanoprodutos, dada a variedade dos materiais utilizados (POHLMANN; GUTERRES, 2010).

Outro aspecto, analisado em entrevista de Jardim (2009) é a concepção de propriedade sobre o conhecimento em nanotecnologia e seus resultados. Questionado por um internauta sobre as nanomáquinas, o sociólogo refere-se à controvérsia fundante da nanotecnologia. Ele argumenta que cientistas e empresas não querem regulação, mas proteção patentária para o que desenvolvem. Afirma que o discurso dos cientistas se divide em dois argumentos. O primeiro deles é que fazem no laboratório o que a natureza sempre fez, por exemplo, a natureza transforma grafite em diamante e ambas as substâncias são carbono com diferenças na estrutura atômica. Nesse sentido, aquilo que estão fazendo a humanidade faz há milênios e, portanto, não haveria o que regular. O segundo argumento é que cientistas criam algo um pouco diferente do que acontece na natureza, então o trabalho feito em laboratório tem uma novidade, um trabalho criativo, que justifica o patenteamento. Jardim identifica uma ambiguidade entre os dois argumentos, percebida apenas quando se fala das duas dimensões. Se estruturas novas são criadas, não se sabe o que podem causar (JARDIM, 2009).

Ele identifica o avanço predatório do capitalismo sobre os últimos bens gratuitos, surgindo a nanotecnologia como a possibilidade de patentear átomos. Ressalta que quem tem a titularidade da patente, por exemplo, um pesquisador, lucra com a patente. Quem possui a propriedade da patente, uma empresa, por exemplo, também lucra, economizando em custos de produção, e se a inovação é uma exclusividade da empresa, ela detém o monopólio. Já o cidadão teria o gasto como contribuinte e como consumidor do produto. Ele destaca que é comum as empresas usarem a patente para a empresa concorrente não obter o mesmo

conhecimento ou mesmo usá-lo, mesmo que a empresa obtentora não aplique o conhecimento em novas mercadorias (JARDIM, 2009).

A proteção do conhecimento com base em patentes também foi comentada por Dulley, que observa uma retenção de saber pelas empresas e manutenção de um preço elevado dos produtos em práticas relacionadas à agricultura convencional. Ele indica que no modelo alternativo da agroecologia há muita produção e troca de conhecimentos entre agricultores (COSTA; DULLEY, 2010).

6.2.2.6 Implicações éticas da nanotecnologia

As principais implicações éticas debatidas durante as entrevistas no programa *Nanotecnologia do Avesso* são a desigualdade social e apropriação social dos benefícios da nanotecnologia, os abusos no uso da nova tecnologia, a decisão de usar ou não produtos contendo nanopartículas e a relação entre universidade e empresa, especificamente a criação de empresas do tipo *start-up*, visto que grande parte das empresas na área de nanotecnologia usufrui do conhecimento produzido nas universidades públicas.

A desigualdade social e apropriação social dos benefícios da nanotecnologia estão articuladas dialeticamente à desigualdade na distribuição dos riscos. Gama (2009) considera que do ponto de vista social, a manipulação de átomos é preocupante, dados os diversos interesses relacionados. Jardim (2009) avalia que a nanotecnologia provavelmente manterá ou aprofundará as injustiças sociais. Nesse contexto, percebe que o pesquisador é transformado em proletário, trabalhador assalariado a serviço da valorização do capital, pressionado a justificar seu trabalho com a produção de mercadorias tecnológicas. Costa indica, com base em análise histórica de pesquisas na agricultura, que em períodos nos quais a pesquisa científica foi feita predominantemente pelo Estado, havia uma apropriação social mais ampla dos benefícios da C&T (COSTA; DULLEY, 2010).

Diante das desigualdades sociais, Blau (2009) analisa que sociólogos e antropólogos podem se reunir com as comunidades, especialmente com os estratos sociais mais oprimidos (como foram os camponeses em relação aos organismos geneticamente modificados) e promover debates sobre como os produtos contendo

nanotecnologia podem afetar a saúde pública. Essas discussões empoderaram as pessoas e direitos a terra e ao conhecimento estão relacionados e dependentes desse tipo de debate. Isso pode ser feito no Fórum Social Mundial, como já aconteceu em outros casos citados pela entrevistada. Miller (2010) defende que se discuta a agenda de instituições públicas de pesquisa, definindo as prioridades em vista de qual público se beneficiará com os resultados da pesquisa.

Um segundo aspecto ético refere-se a abusos no uso da tecnologia. Para evitá-los, Rattner (2009) recomenda que nem tudo que é lucrativo é eticamente aceitável e para ser eticamente aceitável não pode fazer mal a ninguém. Outro aspecto são os exageros na avaliação de problemas que poderiam ser resolvidos pela nanotecnologia, como fome e falta de energia, como se fossem questões meramente técnicas (GAMA, 2009). Também são identificados abusos na criação de marcas com o prefixo nano, que nem sempre têm componentes nano, como o carro Tata Nano, da Tata Motos. São expectativas mercadológicas infladas que consideram que algo ser nano agrega valor ao produto. Às vezes existem auditorias para a mudança de nomes das marcas (SCHULZ, 2009).

A decisão de usar ou não produtos com componentes nanométricos é outra implicação ética essencial. Schulz (2009) menciona a existência de várias patentes na área da nanomedicina e de problemas associados aos novos medicamentos. Ele explica que algumas nanopartículas grudam nas células doentes e outras ficam circulando no corpo para serem eliminadas pelo organismo. Diante disso, questiona: quanto tempo as nanopartículas ficarão circulando no corpo? Elas poderiam ser absorvidas por outras partes do corpo, rompendo barreiras e acumulando-se em áreas não desejadas? Colocadas essas ponderações, afirma a necessidade de análise de riscos dos novos medicamentos e de definições éticas baseadas em estudos toxicológicos que ainda enfrentam limites no dimensionamento dos efeitos das nanopartículas no organismo porque as propriedades e ações dos nanomateriais são completamente diferentes das de partículas microscópicas.

Costa analisa o passivo deixado pela agricultura convencional e, em certo sentido, concorda com Martins que a pesquisa está trabalhando para o capital, mas se pergunta se deveria ser só isso. Nesse sentido, indica o viés da agroecologia, que se opõem à monocultura e busca uma adequação ecológica da prática agrícola, de modo a respeitar a rica biodiversidade característica de regiões tropicais e temperadas frias, criar sistemas menos dependentes da indústria química e reduzir

os custos monetários de produção, agregando valor na ótica do produtor e de suas organizações (COSTA; DULLEY, 2010).

Com relação ao uso da nanotecnologia propriamente dita na agricultura, Dulley acredita que potencializa avanços incrementais na agricultura e que nesse processo é essencial respeitar a biodiversidade e questões econômicas, sociais e ambientais. Concorde com Martins que a orientação é industrializar ao máximo a agricultura e usar o mínimo possível a relação com a natureza. Segundo Costa, os transgênicos podem estar produzindo menos que as variedades convencionais e exigem elevação do uso de agrotóxicos em três ou quatro anos de cultivo numa área¹³⁸. Esse exemplo mostra a importância de se discutir diferentes perspectivas de desenvolvimento da agricultura (COSTA; DULLEY, 2010).

A quarta implicação ética discutida nos programas analisados é a relação entre universidades públicas e empresas e a criação de empresas *spin-off* ou *start-up*. A Política Nacional de Nanotecnologia, assim como a política de CT&I em outras áreas, promove fortemente essa interação que, contudo, envolve implicações éticas na medida em que conhecimento público é monopolizado por usuários privados. Segundo Jardim (2009), o cientista, para justificar seu papel social e na falta de alguém que aplique a tecnologia no mercado, cria sua própria empresa para viabilizar o que idealizou no laboratório, geralmente com recursos públicos, mas a apropriação dos resultados é privada.

A Nanox Tecnologia S. A, cujo acionista foi entrevistado no programa, é um exemplo de empresa desse tipo. Até hoje os acionistas da empresa estão envolvidos fortemente com a Universidade, o que seria um aspecto da indústria em áreas tecnológicas de fronteira, considerado natural por Minozzi (2010). A FAPESP financiou o primeiro projeto de pesquisa em que três estudantes, hoje acionistas da empresa, tinham uma ideia de aplicação de um produto utilizando nanotecnologia e submeteram a empresa a uma base incubadora de São Carlos, chamada Parqtec (Parque Tecnológico de São Carlos), ligada a USP/São Carlos e UFSCar. Submeteram um plano de negócios à incubadora junto com uma proposta de trabalho à FAPESP. Assim, formaram uma aliança tríplice: financiamento pelo órgão

¹³⁸ Na perspectiva de se aprender com o passado, cita que no período da Revolução Verde os EUA tinham duas opções de pesquisa: sementes melhoradas ou variedades, e o ministro da agricultura optou por sementes melhoradas porque era dono de uma das maiores empresas do ramo. Pesquisas indicam que se tivessem investido na semente de variedades a produtividade estaria igual ou maior com muito menos danos e incidência de pragas.

do governo; gestão do projeto e desenvolvimento de tecnologia aplicada ao mercado pela Nanox; e a universidade forneceu respaldo de conhecimento e de análises para a tecnologia suportar o mercado. Para o acionista, trata-se de uma tecnologia nova e de um sistema de gestão novo, mais preocupado com a ética e sustentabilidade, para maior acesso ao mercado e alinhamento à “cobrança da sociedade”. A Nanox foi idealizada em 2004 e efetivada em 2005 (MINOZZI, 2010).

6.2.2.7 Nanotecnologia, educação e participação cidadã

A nanotecnologia já está presente na vida cotidiana, no trabalho e nos espaços de consumo e, nesse contexto, é essencial o seu conhecimento e a participação em processos de decisão sobre seu uso na sociedade. Como premissa, os entrevistados formulam a proposta de se fomentar, cultivar e instigar desde a educação básica e na educação continuada o acesso à informação, ao conhecimento científico e o desenvolvimento de um posicionamento crítico diante das novas tecnologias (RATTNER, 2009; GAMA, 2009; MORAES, 2009; SALOMÃO, 2009; MILLER, 2010). Para tanto, deveria haver um investimento maior na área educacional (GAMA, 2009; MORAES, 2009; RATTNER, 2009), na educação em espaços escolares e não escolares, na perspectiva de fortalecer o engajamento público em nanotecnologia e o controle social. Rattner (2009) avalia que essa é uma questão de política na sociedade.

Nas escolas pouco se discute a tecnologia de modo geral e é interessante trazer esse tema para a educação, afirma Moraes (2009), professor da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. O entrevistado destaca que o currículo do ensino médio está em revisão no Brasil e que o ensino médio tem um lugar estratégico na educação, por ser um momento de passagem entre a educação fundamental e superior e porque abrange a fase da juventude, em que o jovem está muito relacionado com o mundo familiar e público. Também no currículo do ensino médio aparecem mais definidamente as ciências.

O professor considera que a tecnologia está muito relacionada com as ciências naturais e exatas, mas que os debates sobre esse tema podem ser realizados nas disciplinas de ciências humanas para discutir a participação política e

a cidadania, questões oportunas para amadurecer com o jovem. Nessa perspectiva, o ensino sobre nanotecnologia no ensino médio deveria articular as áreas de conhecimento. O professor exemplifica que nas ciências naturais pode-se trabalhar o que é a nanotecnologia, seus usos, sua história e previsões. Nas ciências humanas é pertinente a análise crítica do papel político do homem diante das novas tecnologias e como elas interferem na vida e nos comportamentos humanos. No campo de Códigos e Linguagens pode-se analisar como as novas tecnologias interferem no imaginário dos alunos, na formação literária e na comunicação com os outros, por exemplo, analisar a linguagem sindical. Em termos metodológicos, frisa que é importante informar e possibilitar o debate.

Uma alternativa menos comum para a superação das fronteiras disciplinares tradicionais à indicada pelo entrevistado seria reconstruir ou reelaborar os conteúdos pelo viés do olhar CTS. Essa perspectiva consiste na fusão de conteúdos técnicos e CTS e na sua exposição e discussão de acordo com determinados problemas sociais, tomando como base os papéis que o estudante terá que desempenhar na sua vida, como cidadão ou profissional, conforme propõe López Cerezo (1998). O objetivo seria capacitar o estudante para o uso e compreensão de conceitos científicos, na medida em que se explica a utilidade e problemática social de determinado conhecimento da disciplina. Entretanto, isso exigiria um considerável esforço de formação de professores e mudanças no planejamento didático.

Em resposta ao questionamento de um internauta, o professor explica que para socializar a nanotecnologia na educação há necessidade de um investimento para a educação poder contemplar estes temas emergentes e parte do diagnóstico de que o currículo é muito marcado por conteúdos já consagrados, sobretudo porque voltado para o vestibular, requerendo saberes dentro de certa tradição. Sugere que esses novos elementos podem ser trazidos a partir da história da ciência e da tecnologia, possibilitando certas aberturas de atualização de currículo.

Moraes salienta que o currículo do Ensino Médio deveria tratar de questões do século XX, que dificilmente são trabalhadas, e deveria também abranger as questões emergentes. No campo das ciências humanas, a disciplina de Sociologia pode tratar de questões do passado, mas tem seu olhar voltado para o presente. Também a Geografia trabalha com os dois tempos, passado e presente; trata do presente, por exemplo, quando aborda a geografia política, humana, econômica e o mercado. Na escola média, um professor minimamente informado promoveria uma

socialização no sentido de distribuição do saber e de domínio de conhecimentos e modos de ver que a sociedade vai construindo.

No que tange à Reforma Curricular do Ensino Médio, o entrevistado constata que a tradição da escola brasileira é de um currículo enciclopédico, que segue uma tradição europeia marcada por uma dimensão científica e humana, mas nos últimos 30 anos tem havido preocupação com questões atuais e críticas à disciplinaridade. Houve embates sobre a abertura para a filosofia e sociologia, evidenciando a necessária discussão de um currículo mais consistente. A proposta de Reforma Curricular está marcada por quatro grandes áreas para a formação (Códigos e Linguagens, Matemática, Ciências Naturais e Ciências Humanas) e essas áreas deveriam estar ligadas entre si e as disciplinas dos eixos entre si, com certo apelo de modernidade. Isso pode ser apresentado sob forma de uma pesquisa elementar/básica e interdisciplinar, sendo que há alguns incentivos por parte da FAPESP e da CAPES para a participação de alunos de escolas técnicas de nível médio em pesquisas sobre nanotecnologia. Por outro lado, a formação do professor (disciplinar) também teria que passar por uma reforma, porém, “se nós temos tido muita dificuldade para formar professores em disciplinas específicas [...] ficamos com uma grande dúvida, por enquanto, se haveria possibilidade de alguém ser formado em ciências humanas e dar aulas de ciências humanas” (MORAES, 2009). O pesquisador aponta que falta discussão mais profunda e de longo prazo a esse respeito, mas não devemos achar que isso resolveria todos os nossos problemas, sob risco de novos problemas.

Com relação ao ensino superior, Martins afirma que alguns documentos que apontam para a introdução da nanotecnologia em cursos de graduação sugerem um ciclo básico seguido de formação específica em nanotecnologia, e pergunta ao entrevistado sua opinião a respeito. O entrevistado Moraes (2009) acredita que não há necessidade de reformas educacionais, mas a disposição de introduzir esses elementos nos campos já consolidados, isto é, não seria necessário um curso novo para tratar só de nanotecnologia, mas uma nova relação entre as disciplinas existentes, pois a ciência tem um caráter interdisciplinar.

A análise de Laureth e Invernizzi (2012) sobre três cursos na área de nanotecnologia criados entre 2009 e 2011 no Brasil evidencia diversos caminhos para a formação superior no campo da nanotecnologia, como o viés da engenharia, da multidisciplinaridade e da física. As autoras observaram certo consenso sobre a

necessidade de domínio de um núcleo duro de conhecimento que inclui as leis da matéria em nanoescala e as propriedades dos materiais nanoestruturados, além da competência de estabelecer diálogo com diversas especializações em uma equipe de trabalho.

No que se refere à educação não-formal, Moraes (2009) reconhece em sua entrevista um conjunto de meios com alguma formalização e com grande apelo entre os jovens, como a internet. Em sua opinião, deveria haver uma maior formalização e organização dos meios não-formais para se tornarem meios educacionais mais consistentes, o que passa em parte pelo papel da escola de orientar uma pesquisa sistemática em espaços não-formais, possibilitando concomitantemente a atualização da educação formal.

No que tange à imprensa, considera que ainda não temos um jornalismo científico bem estruturado no Brasil, por isso muitas vezes se aborda a ciência em um viés sensacionalista, voltado à dimensão de venda do jornal, ou em posições pendulares: ora uma posição de que as novas tecnologias serão prejudiciais, "vendem a tragédia"; ora uma ênfase no desenvolvimento tecnológico, "vendem as coisas como absolutamente maravilhosas". O campo da educação pode favorecer uma posição crítica em relação a isso, divulgando e sistematizando informações, pontos e contrapontos (*ibid*).

Nessa mesma perspectiva, Rattner (2009), ressalta a responsabilidade das universidades e centros de pesquisa em divulgar sistematicamente os resultados produzidos em suas atividades através da mídia, de modo que o cidadão comum possa aprender e eventualmente manifestar-se sobre a conveniência das inovações. A mídia deve divulgar as visões a favor e contra, mas como é subordinada às relações de mercado sua linha editorial nem sempre está a serviço da coletividade.

O livro de divulgação científica "A Encruzilhada da Nanotecnologia – Inovação, Tecnologia e Riscos", lançado em 2009, e de autoria de Peter Schulz, entrevistado em um dos programas analisados, é uma iniciativa voltada ao público em geral e alinhada com a ideia do autor e de alguns pesquisadores do Laboratório Nacional de Luz Síncroton de desenvolver um programa de engajamento público. A noção de encruzilhada está relacionada à ideia de que a nanotecnologia está entre as possibilidades das inovações¹³⁹ e dos riscos que com elas aparecem, então

¹³⁹Para o autor do livro, o termo inovação está relacionado com patentes, com o uso do artefato tecnológico na e pela sociedade, seus aprimoramentos e mudanças culturais associadas.

discute essa relação a partir de exemplos históricos de como inovações tecnológicas foram aceitas e disseminadas e como seus riscos foram trabalhados.

O autor do referido livro de divulgação científica argumenta que o engajamento público é a grande saída para o impasse entre o mundo científico, as esferas que propõem nanotecnologias e o público em geral. Por várias razões, há uma divergência crescente entre o grande público e a ciência, sendo que desde a escola a separação entre cultura humanística e tecnológica é tomada como algo natural. Porém, Schulz (2009) considera que isso é falso, assim como é falso achar que o público não pode discutir ciência com propriedade. Desse modo, concebe que engajamento público é uma expressão geral para uma série de experiências de discussão popular sobre ciência e tecnologia, em que é extremamente relevante que o público participe de debates junto com o governo e os empresários, pois sem essa visão de conjunto a nanotecnologia será um fracasso.

Outra iniciativa voltada ao público amplo, de modo especial aos trabalhadores, é uma série de Histórias em Quadrinhos que podem ser acessadas no Portal de Nanotecnologia da Fundacentro¹⁴⁰. A história em quadrinhos n. 1 que leva o título “Nanotecnologia: o transporte para um novo universo” foi publicada em 2008; e a história em quadrinhos n. 2 em 2010, intitulada “Nanotecnologias: maravilhas e incertezas no universo da química”. Os autores acreditam que é possível fortalecer o controle social da nanotecnologia. No primeiro livro o objetivo foi trabalhar conceitos essenciais da nanotecnologia, a possível toxicidade de algumas partículas e noções de física quântica. Para atingir com mais efetividade o público-alvo dos trabalhadores, decidiram vincular as edições seguintes a grupos específicos de trabalhadores de diferentes atividades econômicas. O segundo livro aborda a nanotecnologia no ramo químico, um terceiro livro deve tratar da área da construção civil (JENSEN; VIEIRA FILHO, 2010) e um quarto do setor agrícola (BLOG NANOTEKNOLOGIA DO AVESSO, 2012).

O roteirista Vieira Filho relata que no início da elaboração da história em quadrinhos n. 2 pensava muito no conceito de “fetichismo da mercadoria”, conceito abordado por Marx e Lukács e segundo o qual a mercadoria é a cristalização de uma série de relações sociais de exploração, mas que não são percebidas dessa

¹⁴⁰ Para desenvolver as histórias em quadrinhos há necessidade de três profissionais essenciais: a pessoa que cuida do argumento ou ideia geral da história; o responsável pela roteirização; e o artista que executa graficamente o trabalho. Na primeira história havia grande preocupação com o texto e na segunda projetaram algo mais animado (JENSEN; VIEIRA FILHO, 2010).

maneira. Então pensou em aproveitar essa ideia na história, não abordando o conceito diretamente, mas contrapondo as maravilhas da nanotecnologia expostas em uma feira e as relações sociais concretas na fábrica.¹⁴¹ Assim, a história em quadrinhos n. 2 foi estruturada em duas partes. Na primeira parte os trabalhadores participam de uma feira de produtos químicos com nanotecnologia desde resinas e plásticos, até o bem final, como recipientes plásticos para alimentos e insumos para a indústria farmacêutica. Na segunda parte do livro os trabalhadores tentam entender como é a produção em uma indústria química, os cuidados especiais necessários no transporte de produtos químicos, e a temática da negociação coletiva (já experimentada na prática). Nessa história trabalham com alguns conceitos mais complexos, como química supramolecular, e oferecem caminhos de busca do conhecimento na perspectiva de que o leitor possa pesquisar mais sobre o tema e se engajar nele, considerando-se também que em poucas páginas é viável apenas introduzir os temas (*ibid*). Esses encaminhamentos partem de uma concepção de engajamento público que não pretende simplesmente transmitir informação, mas promover o diálogo, a participação e a mobilização.

A elaboração desses meios de divulgação científica demonstra a preocupação do grupo de pesquisa antes mencionado com a formação de trabalhadores, sindicalistas, diretores de empresas e gestores públicos, sendo que as histórias podem servir também como material didático para as escolas. Segundo Vieira Filho, todo processo de formação, que inclui seminários de formação de professores e discussão de implicações para saúde com o público não especialista, visa informar e estimular a participação e o diálogo como parte de um processo mais amplo de construção da cidadania e democracia, superando o encantamento acrítico sobre o avanço das tecnologias que negligencia as relações sociais e econômicas (JENSEN; VIEIRA FILHO, 2010).

A informação ao público é considerada importante não só para tratar de novos produtos, mas também para estimular o envolvimento de trabalhadores e sociedade como um todo, no sentido de exercer pressão pública sobre as indústrias e o governo para o uso responsável da nanotecnologia (COSSIELLO, 2009; MILLER, 2010). Salomão (2009) sugere que os ouvintes liguem para o Serviço de Atendimento ao Consumidor de produtos que possam conter nanotecnologia, como

¹⁴¹Um internauta não identificado escreveu que quem não estuda Sociologia pode ter dificuldade para entender o conceito de fetiche da mercadoria.

protetores solares, para solicitar informações sobre o produto, pois a preocupação do consumidor pode gerar reações/ações por parte das indústrias. Isso ficou evidente na entrevista do empresário Minozzi (2010), que percebe um movimento de adequação da política de empresas às expectativas de consumidores informados.

A participação em sindicatos e redes de trabalhadores é um espaço importante de participação cidadã e na área de nanotecnologia há diversas iniciativas em andamento, fortalecidas pela articulação de organizações sindicais com o grupo de pesquisa da Fundacentro na área de aspectos ELSI da nanotecnologia. Outros importantes espaços para a participação cidadã na área de nanotecnologia estão sendo organizados.

Junto ao Fórum Social Mundial realizado em janeiro de 2009 no Brasil, ocorreu o primeiro Fórum Social Mundial de Ciência e Democracia e uma discussão central foi como colocar os pesquisadores em contato com o movimento social. Blau (2009) destaca que a associação de antropologia norteamericana acaba de começar uma sessão sobre direitos humanos e a associação americana para o progresso da ciência acaba de lançar uma iniciativa dos direitos humanos, com a tarefa primordial de oferecer maneiras de articular cientistas com os ativistas de direitos humanos. Se essa iniciativa for bem sucedida haverá uma mudança radical na epistemologia da profissão científica, que tomaria como referência os direitos humanos, pondera Blau, da Rede Sociólogos sem Fronteira.

Na visão de Blau (2009), o público deve exercer o controle social da C&T para que as universidades não usem o dinheiro público para desenvolver produtos de pouco interesse público. A democracia (a voz do povo) deve ser levada em conta para definir a agenda científica. As pessoas normalmente sabem os interesses dos grupos dos quais participam, das suas localidades e cidades e as corporações não têm a mesma relação com as comunidades. A entrevistada exemplifica que no Fórum Social Mundial em Nairobi, agricultores da Etiópia que estavam contra as plantações com sementes geneticamente modificadas decidiram se opor às pesquisas sobre as sementes e voltaram às técnicas antigas de cultivo.

Diante da constatação de que a sociedade é o laboratório da inovação, em que trabalhadores e consumidores são cobaias e participantes de um experimento coletivo sem clareza das possíveis consequências, o entrevistado Nordmann (2010) argumenta que é urgente repensar como participar. Na Europa a ideia de fazer tudo junto com os críticos, as ONGs, o *Greenpeace*, os *Amigos da Terra* não se revela

simples, pois todos querem participar, mas na hora de trabalhar, buscar soluções e assumir responsabilidade observam-se os problemas. Considera importante que os representantes dos trabalhadores entendam que a nanotecnologia é uma nova forma de processo de trabalho e de inovação. Para ele, o problema é que ver a nanotecnologia como algo totalmente novo pode estar paralisando.

A participação pública em debates sobre a nanotecnologia foi um dos assuntos abordados por Bensaude-Vincent (2010) em sua participação no *Nanotecnologia do Averso*. Ela salienta que na França há uma iniciativa do governo para constituir debates públicos, através de uma comissão que tem como pressuposto a ausência de controle do governo sobre quem pode ou quem não pode participar desses debates. Conforme ela expressa, é livre essa participação. O debate se constitui a partir de um documento base que apresenta as nanotecnologias, suas potenciais aplicações e seus possíveis riscos. Esse documento é disponibilizado na internet para livre acesso dos grupos interessados e a partir disso se organiza os debates em várias cidades francesas. A entrevistada relata que o debate começou pela cidade de Strasbourg (Estrasburgo), que é a cidade onde se encontra o parlamento europeu, que o debate foi bom, porém, na sequência das outras cidades os debates não ocorreram a contento e, em Grenoble, sequer ocorreu o debate. Algumas entidades envolvidas, por uma série de ações, acabaram por inviabilizar o debate, inclusive pelo barulho, pela interrupção ou pela monopolização, e então se continuou o debate pela internet. Ela atribui a esse processo o termo “fiasco”, também usado no francês, e considera importante que se procure entender as razões do debate francês ter se tornado um fiasco.

Não é possível realizar um debate sobre nanotecnologia sem pensar em valores, observa Bensaude-Vincent (2010). Ela levanta a possibilidade de o fiasco francês estar ligado à questão de valores, pois o debate partiu de uma visão eminentemente técnica, de certo modo impedindo a abertura para valores de outros atores interessados no debate. Portanto, o debate sobre C&T tem um componente ideológico. Segundo Martins, isso pode servir como aprendizagem para o Brasil que está aquém desse processo.

A esse respeito, Jardim (2009) identifica promessas, jargões técnicos e um fechamento autoritário do debate, como no caso da biotecnologia. Segundo o entrevistado, o cidadão comum é excluído do debate porque “é mantido numa certa ignorância” e, nesse sentido, a informação é importante. Ele também identifica uma

oposição acirrada entre cientistas e sociedade, alegando que cientistas da área de nanotecnologia afirmam que as melhores pessoas para definir um marco regulatório são os próprios nanotecnólogos, porque a sociedade para eles seria perpassada por fanatismo religioso, ludditas, fanáticos ambientalistas, sociólogos que querem parar o mundo, pessoas que tentam pegar verba pública para dizer que são do contra, razões pelas quais o objetivo seria não falar sobre riscos (JARDIM, 2009). Como contraponto, notamos que alguns cientistas da área de nanotecnologia, como Schulz (2009) e Salomão (2009) que estiveram presentes nos programas, não se posicionam contra a participação pública e a discussão de riscos, pelo contrário, a estimulam através de alguns dos seus trabalhos.

No ano de 2012 foi criado o Observatório de Nanotecnologia das Américas, que segundo Martins (2013) está relacionado ao Projeto Engajamento Público em Nanotecnologia. Ele declara que o princípio de que deve haver controle social sobre a C&T e em especial sobre a nanotecnologia é claro para todos os fundadores do Observatório. Um novo passo será dado no próximo Fórum Social Mundial, em Tunis, Tunisia, no mês de março de 2013, para o qual foram inscritas quatro oficinas e em que pretendem transformar o Observatório das Américas em um Observatório Mundial em que todos (ou pelo menos a maioria) dos continentes estejam presentes e que deverá se tornar o ponto de encontro dos nanoativistas. Também em dezembro de 2012 houve uma audiência pública sobre nanotecnologia na Câmara Federal dos Deputados em que participaram membros da Renanosoma em que se discutiu temas como o princípio da precaução e a aprovação de um marco regulatório para a nanotecnologia (BLOG NANOTECNOLOGIA DO AVESSE, 2012; CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2012).

Finalizando, notamos pelas entrevistas analisadas, que os processos de informação do público sobre nanotecnologia, por meio de ações educativas escolares e não escolares, em espaços como as escolas, as mídias, os movimentos sociais e as audiências públicas, são considerados direito fundamental do cidadão e elemento primordial para estimular a participação pública no debate político sobre as prioridades na área de C&T e o controle social de suas aplicações e possíveis riscos e aspectos ELSI. Os processos de controle social, por sua vez, estão sendo construídos, aprimorados e socializados.

CONCLUSÕES

Do período de 2009 a 2010 localizamos na internet 86 programas *Nanotecnologia do Avesso*. Desse total, selecionamos uma amostra não aleatória constituída de 17 programas. O programa conta com a participação de uma variedade de atores, de diferentes instituições, de *expertises* variadas, que se posicionam em prol de distintos interesses em relação à nanotecnologia. Chama a atenção uma expressiva participação de atores direta ou indiretamente ligados a movimentos da sociedade civil organizada; a presença de atores pouco presentes nos demais espaços de divulgação científica analisados nessa tese, como os dirigentes de organizações sindicais e docentes da educação básica; e a predominância de entrevistados das Ciências Humanas sobre as Exatas, Engenharias, de Saúde e outras, em relação inversa ao que ocorre nas demais mídias analisadas. Ocorre uma valorização da produção científica nacional, sem deixar de lado a estrangeira, aspecto de distinção frente à *Folha de S. Paulo*.

Esses dados sugerem certa superação de um dualismo que marca tradicionalmente a noção de tecnologia, segundo o qual a sociologia deveria se ocupar das coisas humanas e as áreas de C&T das coisas materiais ou dos objetos técnicos. Em decorrência disso os programas mostram dimensões da nanotecnologia pouco abordadas em práticas de divulgação científica orientadas pelo dualismo, como as contradições inerentes ao processo de construção de uma espécie de consenso e marco tecnológico. As principais temáticas abordadas explicitam que os assuntos mais discutidos nos programas são aqueles que costumam receber pouca atenção nos programas dos meios de comunicação de massa convencionais, com proeminência da discussão de riscos e aspectos ELSI. Aparecem também conteúdos que nenhum dos meios anteriormente analisados abordou, como as relações entre nanotecnologia e trabalho, contemplando, entre outras dimensões, as preocupações dos trabalhadores com a segurança no manuseio de nanopartículas, as iniciativas de divulgação científica e engajamento público em nanotecnologia e experiências de ensino-aprendizagem de conteúdos sobre nanotecnologia na educação escolar.

Nos programas há uma diversidade maior de definições de nanotecnologia que nas outras mídias analisadas. A definição de escala está presente nessa mídia,

de forma semelhante às outras duas mídias. São apresentadas diferenciações entre nanociência e nanotecnologia, algumas vezes presentes em outros meios, e entre nanotecnologias, algo que não sucedeu em outros meios, assim como o enfoque no seu caráter interdisciplinar. Uma novidade é a apresentação de uma sequência didática para ensino da nanotecnologia no ensino médio, que incorpora aspectos físicos e sociais, com viés histórico.

A nanotecnologia também é conceituada quanto às propriedades e/ou novas funções que as partículas apresentam em nanoescala, tornando-as imprevisíveis, invasivas e perigosas, ao mesmo tempo em que elo de nova cadeia de inovação tecnológica. Essas perspectivas são mais amplas que aquelas presentes nas outras mídias analisadas. Grande parte das definições apresentadas nas entrevistas enfatiza as excepcionalidades no comportamento das nanopartículas e isso pode ser a manifestação de uma escolha em prol do controle de riscos. A notoriedade da análise das mudanças de propriedades em nanoescala no programa *Nanotecnologia do Avesso* realça interesses de determinados grupos sociais relevantes, especialmente os engajados na regulamentação da nanotecnologia e evidencia que os artefatos possuem flexibilidade interpretativa.

A nanotecnologia é ainda caracterizada como manufatura molecular, ou seja, de construção de objetos e novos materiais a partir de átomos e moléculas, com algumas referências à controvérsia fundante da nanotecnologia.

As entrevistas elucidam que a política de CT&I brasileira é orientada à competitividade da indústria, expressão de uma posição política, dentre diversos caminhos possíveis para o desenvolvimento da nanotecnologia. Observamos a partir das reflexões veiculadas nos programas analisados, que a política não apenas propõe um encaminhamento numa área científico-técnica, mas uma visão de como essa tecnologia estará inserida na sociedade futura. Por sua vez os críticos argumentam sobre aspectos de concepção dessa visão (como o modelo linear de inovação) ou sobre implicações não consideradas, como estudos de toxicologia e aspectos ELSI da nanotecnologia, que permanecem marginais na política oficial.

Diversos processos de pesquisa, inovação, industrialização e comercialização de novos materiais ou produtos já são realidade, principalmente nos países desenvolvidos, mas também no Brasil; outras pesquisas e aplicações tecnológicas ainda estão em fase de desenvolvimento; e há ainda especulações para o futuro, como inovações radicais e de caráter disruptivo, em prazos indefinidos. O que

sobressai nas entrevistas é que os novos produtos correspondem, sobretudo, às expectativas econômicas do empresariado industrial.

Na amostra de entrevistas analisadas, as áreas de aplicação da nanotecnologia mais destacadas foram o desenvolvimento de novos materiais; inovações incrementais na indústria química; aplicações na indústria alimentícia; na indústria cosmética; o uso da nanotecnologia para pesquisa e diagnóstico de doenças, assim como seu uso na indústria farmacêutica, para o tratamento de doenças; na indústria têxtil; na indústria calçadista; na construção civil; na indústria automobilística; na indústria eletrônica; na indústria informática; e na indústria bélica.

Com relação ao aspecto dos benefícios, os programas destacam a utilização real ou potencial da nanotecnologia pelas empresas para gerar novos materiais e produtos mais eficientes para novos mercados. Com menor incidência, são indicados potenciais benefícios para a qualidade de vida e a preservação do meio ambiente. As narrativas do modelo antes-e-depois são utilizadas em novos sentidos, para a análise crítica da utilização das narrativas de progresso tecnológico.

Três riscos principais são debatidos nos programas analisados: *os riscos para a saúde* de trabalhadores e de consumidores; *os riscos para o meio ambiente* e as diversas formas de vida e; *os riscos econômicos* de investimento em uma tecnologia emergente e seus efeitos sobre o emprego. O aspecto central apontado para a análise de riscos da nanotecnologia é a mudança de propriedades dos materiais na escala nanométrica, pois as nanopartículas, sendo mais reativas, têm grande potencial de causar inflamações no organismo, especialmente nos casos de alta concentração do material. Como desdobramento é amplamente indicada a adoção do princípio da precaução, que compreende medidas que devem ser tomadas quando alguma atividade ameaça a saúde ou o meio ambiente, mesmo quando as relações de causa e efeito ainda não estão totalmente estabelecidas pela ciência, com vistas a prevenir danos, e uma nova forma de regular.

As entrevistas apresentam evidências de que a nanotecnologia oferece riscos agravados, por um lado, pelo acelerado processo de manufatura e comercialização de nanomateriais e nanoprodutos; e, por outro lado, pela falta de estudos de toxicidade e segurança, de mecanismos de supervisão regulatória e equipamentos e procedimentos de segurança apropriados no trabalho. Essa visão da concretude dos riscos associados à nanotecnologia gera conflitos entre aqueles que lucram com os riscos e os que estão mais expostos a eles, bem como disputas políticas na

construção das definições de riscos. As nanopartículas de prata são indicadas como as mais utilizadas e também as mais prejudiciais. São relatados cuidados tomados no processo de manufatura e de pesquisa, bem como problemas de falta de informação e equipamentos inadequados para trabalho com nanotecnologia. São sugeridos estudos sobre a segurança e ciclo de vida de produtos.

O sentimento prevalecente sobre a relação entre riscos e benefícios é de que os riscos e os benefícios devem ser considerados. A ênfase é na socialização de riscos em uma espécie de experimento coletivo, e apropriação privada ou corporativa dos benefícios. Em segundo lugar aparece o sentimento é de que os riscos superam os benefícios, mas o fato de algumas entrevistas sublinharem os riscos não significa que defendam a inibição da ciência, embora seja comum a defesa de apropriação social mais ampla e democrática dos benefícios e maior segurança sobre a prevenção de efeitos adversos.

Cabe pontuar que no programa *Nanotecnologia do Avesso* há o peso do direcionamento para esse tipo de percepção da relação entre riscos e benefícios e esse encaminhamento está balizado por demandas de regulação obrigatória por parte do grupo relevante responsável pelo programa e dos grupos a que se destina prioritariamente esse programa, os grupos dos trabalhadores e consumidores. Nessa perspectiva, os riscos podem ser vistos como maiores que benefícios em boa parte dos programas porque não se está aplicando o princípio de precaução e não se está caminhando decisivamente (ou só muito lentamente) para regulação.

As principais implicações sociais destacadas nos programas foram as questões ambientais e de saúde, as questões econômicas e problemas sociais, os processos de formação e organização dos trabalhadores, questões educacionais e de controle social. Diante dos desafios postos pela nanotecnologia, uma das premissas defendidas é a proposta de se fomentar desde a educação básica e na educação não-formal o acesso à informação, ao conhecimento científico e o desenvolvimento de um posicionamento crítico diante das novas tecnologias, na perspectiva de fortalecer o engajamento público em nanotecnologia.

Para o processo educativo nas escolas, identifica-se o Ensino Médio como etapa da educação básica em que o currículo mais se articula com o conhecimento das novas tecnologias em suas dimensões técnicas e sociopolíticas a partir de abordagem interdisciplinar que respeite os objetos de estudo das diferentes disciplinas. Estão em andamento algumas experiências de docência nesse nível de

ensino e de capacitação de professores, que constituem grande desafio na organização curricular e nas práticas de ensino-aprendizagem. Uma nova relação entre as disciplinas existentes também é indicada como opção para o Ensino Superior, mas outros caminhos possíveis são diagnosticados.

A responsabilidade das universidades e centros de pesquisa em divulgar sistematicamente os resultados produzidos em suas atividades através da mídia é constantemente reafirmada no programa. Existem diversas alternativas de informação ao público vinculadas ao projeto Engajamento Público em Nanotecnologia que partem de uma concepção de engajamento público que pretende promover o diálogo, a mobilização e a participação, ou seja, anseiam por desenvolver uma comunicação científica dialógica.

Isso tem implicações importantes para a educação, na medida em que a comunicação parte da percepção de interesses e valores do público-alvo, busca explicitá-los, abrange um leque significativo de conteúdos e trata a ciência e tecnologia como atividades controversas. Nesse sentido, a função educacional desse programa é informar, questionar as perspectivas lineares de ciência e tecnologia para estimular a participação e a cidadania sociotécnica.

Os programas apontam que estão em construção iniciativas populares de controle social da nanotecnologia, com processos de participação em sindicatos, redes de trabalhadores, ONGs, fóruns sociais mundiais e debates públicos. Dentre esse conjunto de experiências, houve êxitos e fracassos (ou “fiascos”), revelando que os processos de participação democrática na área de nanotecnologia estão em processo de criação, desenvolvimento e aprimoramento e constituem um desafio para o exercício da cidadania sociotécnica, especialmente diante da constatação de que está em curso um experimento em que todos somos cobaias.

As implicações legais mais discutidas nos programas *Nanotecnologia do Avesso* foram a regulação e rotulagem de nanotecnologias e a propriedade intelectual. Em relação ao primeiro aspecto, os programas revelam que de modo geral, os governos têm tomado poucas medidas em relação à regulação de nanoprodutos presentes no mercado e nem sempre há informação de que o produto contém nanopartículas, mas há algumas iniciativas esparsas em fase inicial. Também são enfatizados os princípios que deveriam orientar esse necessário processo, com destaque para o princípio da precaução e de direito à informação.

No que se refere ao segundo aspecto, discutem-se as possíveis consequências do patenteamento de nanomateriais e nanoprodutos e a concepção de propriedade privada sobre o conhecimento em nanotecnologia à luz da controvérsia fundante da nanotecnologia, em que se identificam ambiguidades nos discursos de cientistas: por um lado se salienta a não novidade na manipulação de estruturas atômicas e moleculares, justificando a desnecessidade de regular a nanotecnologia; e, por outro lado, a novidade, que justificaria o registro de patentes e a apropriação privada de seus benefícios ou a prática de preços elevados dos produtos.

As principais implicações éticas debatidas são a desigualdade na apropriação social dos benefícios da nanotecnologia, os abusos no uso da nova tecnologia, a decisão de usar ou não produtos contendo nanopartículas e a relação entre universidade e empresa, estimulada pela política de CT&I. Há preocupações quanto ao aprofundamento das injustiças sociais e é proposta a discussão da agenda de instituições públicas de pesquisa, a partir de prioridades definidas em vista de qual público se beneficiará com os resultados da pesquisa, aspecto amplamente salientado pelos ESCTL.

Percebemos efetivamente uma abordagem contra hegemônica em relação às mídias analisadas nos capítulos anteriores, ressaltando a importância da diversidade de mídias para a expressão dos grupos sociais relevantes na construção social da nanotecnologia, para a divulgação de informações aos grupos e a formação de opinião que pode influenciar a configuração dos grupos incidentes na política de nanotecnologia e o próprio redirecionamento da política pública na área.

REFLEXÕES FINAIS

O propósito desta tese foi discutir a educação não-formal em mídias, a partir da análise do conteúdo sobre nanotecnologia divulgado em três diferentes meios de comunicação de massa. Primordialmente, indagamos sobre os propósitos da educação não-formal para depois examinar como os diferentes meios se articulam com essas finalidades. Com base nas contribuições de Saviani (2009), entendemos que a riqueza da educação não-formal está na sua relação com as outras formas de educação e nossa busca pode tomar isso como parâmetro.

Traçada essa trajetória de investigação, encontramos nas reflexões do filósofo da educação Severino (1992) um rico ponto de partida. Este autor elucida que a educação como mediação da existência humana transcende a sua própria especificidade de prática simbólica visando à realização integrada de três planos da existência humana, a prática produtiva, a prática social e a prática simbolizadora. O primeiro plano compreende a produção e fruição de bens materiais, como a alimentação, o vestuário, a habitação e todos os bens de produção e consumo necessários para a vida humana. O segundo plano compreende a produção e fruição de bens sociais, como as relações de poder e de participação. O terceiro plano inclui as ideias, as representações, os valores e os conceitos. Com a realização integrada desses três planos a educação assume o efetivo compromisso com a cidadania.

A cidadania, nessa concepção, olhando novamente para a modalidade de educação mais desenvolvida, representa que a escola articula um projeto político de sociedade e um projeto de criação de uma segunda natureza (humanizadora) em cada pessoa particular que viabilize a realização dos projetos individuais. Em uma sociedade que oprime a maioria de seus sujeitos, o projeto educacional deveria se constituir em prática de resistência, assumindo uma co-responsabilidade por um projeto de sociedade que promova a efetiva inclusão social.

A Lei maior da educação brasileira, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional n. 9394, de 1996, que normatiza a educação escolar, mas reconhece no artigo 1º os espaços formativos extra-escolares, expressa perspectiva semelhante a de Severino, mas em outros termos, no artigo 2º: “A educação [...] tem por finalidade

o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”. Podemos inferir a presença, na lei, das categorias de prática simbolizadora, social e produtiva. Aplicamos esses princípios à divulgação científica como atividade que pode ser problematizada como educação não-formal.

A divulgação científica, também conhecida no Brasil como popularização da ciência e tecnologia, embora não seja uma atividade recente, começou a ser oficialmente assumida como política pública no país em 2003 com a criação do Departamento de Difusão e Popularização da Ciência e Tecnologia, vinculado a Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social. A inclusão social é concebida como o estabelecimento de condições de enfrentamento da desigualdade social para que todos os brasileiros possam usufruir dos bens que assegurem qualidade vida, se apropriar de conhecimentos e participar da política de forma fundamentada e consciente. Percebemos, portanto, que essa visão engloba os três planos da existência humana enunciados por Severino.

A inclusão social também é um dos fundamentos dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia em geral e de modo especial dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia Latinoamericanos, focados na realidade regional, e que consistem no referencial que norteou a nossa análise dos conteúdos divulgados pelas mídias. Esses estudos incluem a discussão das três práticas da existência humana anteriormente exprimidas: os estudos de comunicação da ciência, como é conhecida em nível internacional a popularização da ciência e tecnologia, ocupam-se da prática simbolizadora em espaços de educação não-formal, como as mídias; os estudos de engajamento público focalizam a prática social, preocupando-se com o desenvolvimento de espaços, teorias e metodologias para a participação pública; e estudos de política de ciência, tecnologia e inovação, além dos aspectos anteriores, discutem os processos de pesquisa, desenvolvimento e difusão da ciência, tecnologia e inovação.

Nesse contexto, a divulgação científica se situa como prática simbolizadora que ultrapassa sua finalidade imediata e principal de informar o público, vinculando-se com um projeto de sociedade que pode favorecer ou subestimar o engajamento público e projetar um desenvolvimento científico e tecnológico mais próximo ou mais distante das necessidades do país (e da América Latina), que historicamente acentuou um conjunto de desigualdades sociais e um desenvolvimento científico e tecnológico dependente. Como prática social que integra os três planos da

existência humana em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico, a divulgação científica deve se articular com um projeto político para a área de ciência e tecnologia na perspectiva da inclusão social, comprometendo-se com a cidadania sociotécnica.

O enfoque da cidadania sociotécnica considera que as tecnologias são socialmente construídas ao mesmo tempo em que configuram tecnologicamente as sociedades. Essa perspectiva busca superar as limitações do modelo linear de ciência, tecnologia e inovação, que assume ingenuamente que toda ciência e tecnologia geram desenvolvimento e bem estar social, e vincula-se com concepções de neutralidade e inexorabilidade da ciência e tecnologia. A concepção de cidadania sociotécnica pressupõe a democracia participativa, efetiva, substancial e deliberativa para construir sociedades tecnológicas mais justas, razão que justifica a discussão da agenda de pesquisa e desenvolvimento da ciência e tecnologia desde as fases iniciais.

Na área da divulgação da ciência e tecnologia a aproximação ou afastamento da perspectiva de cidadania sociotécnica está delimitada pelos modelos de comunicação adotados. Os modelos unidirecionais se conectam em diversas dimensões com os determinismos lineares, ao passo em que os modelos dialógicos estão empenhados na sua superação. Lewenstein (2003) destaca dois modelos unidirecionais: o modelo de déficit, segundo o qual caberia à divulgação preencher as lacunas de informação de um público passivo, monolítico e homogêneo; e o modelo contextual, que destaca a necessidade de elaborar mensagens sobre ciência que sejam relevantes para indivíduos em determinados contextos, pois concebe que os indivíduos processam as informações com base em seus esquemas sociais e psicológicos moldados pelas experiências anteriores. Da mesma forma destaca dois modelos dialógicos ou democráticos: o modelo de experiência leiga promove a interação entre os cientistas ou comunicadores e os povos locais, considerando a trajetória de comunidades reais e se comprometendo com o empoderamento da comunidade local; e o modelo de participação pública ou de engajamento público promove atividades como debates públicos, conferências de consenso e audiências públicas para fortalecer a democracia participativa em ciência e tecnologia.

Com base nesses conceitos essenciais defendemos ao longo desta tese que a mídia é um espaço educativo não-formal de grande relevância na sociedade e por

isso é preciso pesquisá-la não apenas como processo de comunicação, como também de educação, para problematizar os princípios adotados, suas finalidades, seu *modus operandi* e o viés que perpassa os seus conteúdos. Essas questões podem, por um lado, formar, emancipar, incluir e engajar o ser humano na construção científico-tecnológica da sociedade e na configuração social da ciência e tecnologia, ou, por outro lado, influenciar na sua alienação em relação a essa possibilidade.

Considerando que a educação desenvolvida por diversos meios de comunicação se articula com projetos distintos de sociedade, escolhemos para a análise três tipos de mídias que representam diferentes grupos sociais relevantes na sociedade. O telejornal *Bom Dia Brasil*, da *Rede Globo*, e a *Folha de S. Paulo*, pertencem a dois dos maiores grupos de mídias do Brasil, que são, respectivamente, as *Organizações Globo* e o *Grupo Folha*, ambos responsáveis por vários jornais, revistas, programas e publicações. Estes dois grupos de mídias, junto com outros dois grandes grupos, a *Editora Abril* e o *Grupo Estado*, compõem os grupos de mídia economicamente dominantes na comunicação social de massa no Brasil e, por conseguinte, têm o potencial de obter o domínio na formação de opinião, a liderança política e ideológica, fatores que, conjugados, favorecem a sua hegemonia, na acepção gramsciana, e podem se materializar na construção do Estado, no sentido ampliado proposto por Gramsci, de sociedade política e sociedade civil.

É possível afirmar, a partir da articulação desses quatro grandes grupos de empresas no *Instituto Millenium* e das pesquisas e críticas que têm sido feitas a esta composição, que estes grupos defendem um projeto conservador de sociedade. São expressão desse projeto os princípios orientadores do Instituto, como a economia de mercado, a propriedade privada, a meritocracia e a democracia representativa (que difere substancialmente da democracia participativa), explicitados no sítio da organização na internet, e outros apontados pela crítica, como o movimento contra a regulamentação das comunicações. Os jornalistas das mídias citadas não estão necessariamente comprometidos diretamente com o Instituto e seus propósitos, todavia, é certo que sofrem uma série de pressões dos grupos para os quais trabalham a fim de aderir aos seus princípios. Para disseminar suas ideias e valores o Instituto articula um conjunto de intelectuais da *sociedade política* (deputados, ministros e militares) e da *sociedade civil* (pesquisadores, jornalistas, comentaristas,

empresários), que aparecem para o público leigo com a identificação supostamente neutra de especialistas.

Nesse sentido, a identificação de uma mídia que não tem ligação com esse grupo abre a possibilidade de uma contra hegemonia ao grupo dominante, com exposição de ideias, práticas, valores e interesses de outros grupos sociais relevantes, pois a política, notadamente a política de ciência, tecnologia e inovação, é um terreno de conflitos e tensões que dizem respeito a projetos distintos de sociedade. Por essas razões, selecionamos para análise o programa *Nanotecnologia do Avesso*, programa de entrevistas com cerca de 50 minutos de duração, veiculado pela webTV AITV durante o período de análise e atualmente pela IPTV da Universidade de São Paulo, canal de webTV e de TV fechada, como expressão de um grupo potencialmente contra hegemônico.

Nossa investigação mostrou que no *Bom Dia Brasil* e na *Folha de S. Paulo* predominam as vozes de pesquisadores das áreas de Ciências Exatas e da Saúde e das Engenharias. Em relação inversa, no *Nanotecnologia do Avesso* predominam os entrevistados (pesquisadores e não pesquisadores) das Ciências Humanas sobre essas áreas, as Exatas aparecem em segundo lugar, seguidas pela área de Ciências Sociais Aplicadas e Multidisciplinar, em terceiro lugar. Neste programa chama particular atenção uma expressiva participação de atores direta ou indiretamente ligados a movimentos da sociedade civil organizada, como os dirigentes e as assessorias a organizações sindicais, e a participação de docentes da educação básica, ambos atores ausentes das outras mídias analisadas. Reconhecemos, assim, que cada mídia empodera alguns grupos (ou nós) da rede sociotécnica que constitui a nanotecnologia.

No *Nanotecnologia do Avesso* e no *Bom Dia Brasil* há o predomínio da divulgação da produção científica e tecnológica nacional, sem deixar de lado a estrangeira, ao passo em que na *Folha de S. Paulo* sobressai fortemente a estrangeira. Assim, a *Folha* informa mais sobre a ciência e tecnologia de países desenvolvidos do que do nosso país ou de países com contextos e necessidades semelhantes, como países da América Latina. Essas são manifestações do desenvolvimento científico-tecnológico dependente da região, decorrentes de um problema tecnoeconômico, configurado por modelos de acumulação centrados na importação de tecnologia, e da visão de que ciência e tecnologia desenvolvidas são as de fora.

As definições de nanotecnologia variam bastante entre os meios analisados, dependendo de quem as produz e das circunstâncias e dinâmicas que levam à sua promulgação e estabilização. No *Bom Dia Brasil* e na *Folha de S. Paulo* o conceito de nanotecnologia está bastante comprometido com a percepção do artefato material, com reduzida referência à sua configuração social por uma rede sociotécnica formada por grupos de atores relevantes que atuam nos planos da técnica, da ciência, das políticas públicas, do financiamento, da comunicação e outros. Já o *Nanotecnologia do Avesso* explicita de modo significativamente ampliado essas redes sociotécnicas.

Uma definição presente em todas as mídias é quanto à escala nanométrica, mas apenas a *Folha de S. Paulo*, em poucas matérias, e o *Nanotecnologia do Avesso*, em vários programas, colocam em discussão o marco dimensional da nanotecnologia. O jornal e o telejornal tendem a enfatizar a ideia neutra de escala.

Todas as mídias descrevem as propriedades e funções específicas dos materiais em nanoescala, mas diferem na forma de fazê-lo. O telejornal salienta o caráter natural dos nanoartefatos, ainda que projetados e construídos pelo homem, associando o natural como intrinsecamente benéfico e apresentando os princípios de funcionamento dos nanoartefatos como algo já provado, tanto pela natureza como pelo homem. Essa associação da nanotecnologia com os fenômenos naturais funciona como estratégia para afastar questionamentos de grupos relevantes que, preocupados com potenciais novos riscos derivados dessas novas propriedades e funções em nanoescala, demandam a aplicação do princípio de precaução e a regulamentação, o que poderia enlentecer ou obstaculizar a dinâmica competitividade industrial. Em termos discursivos, as ausências sugerem traços de uma percepção ideológica dominante.

Na *Folha de S. Paulo* é proeminente a noção de que as propriedades são próprias dos materiais, o que enfatiza a novidade da nanotecnologia e funciona como justificativa para o investimento em determinadas pesquisas. Raras vezes fica clara a mudança de comportamento da matéria em nanoescala e suas implicações, como, por exemplo, em relação à toxicidade, o que traria a tona uma discussão sobre a regulação para proteger trabalhadores, consumidores e o ambiente.

O *Nanotecnologia do Avesso*, pelo contrário, além de evidenciar que as novas propriedades são o trampolim para uma nova cadeia de inovação, explicita fortemente as novas propriedades físicas, químicas e toxicológicas que a matéria

exibe em nanoescala como resultado de efeitos de superfície e de efeitos quânticos. Em linha com essa definição alguns programas abordam as controvérsias suscitadas entre diferentes programas científicos para o desenvolvimento da nanotecnologia, aspectos pouco presentes nas outras mídias analisadas. No programa, a nanotecnologia também é definida como área interdisciplinar, não só pela inter-relação entre “áreas duras”, mas também de ciências humanas e sociais. Além disso, alguns programas mostram que a nanotecnologia como área interdisciplinar abrange várias nanotecnologias, e isso gera a necessidade de sua regulação e avaliação de risco caso a caso. Nesse sentido, o programa realça interesses de determinados grupos sociais relevantes, especialmente os que defendem uma regulamentação específica da nanotecnologia. Dessa forma, o programa evidencia que os nanoartefatos possuem *flexibilidade interpretativa* e, portanto, ainda não atingiram o estágio de estabilização.

Na análise de conteúdo observamos, tendo em vista o próprio estágio de desenvolvimento das pesquisas, que nos meios selecionados há mais informações sobre o desenvolvimento da nanociência e nanomateriais do que sobre sua aplicação em dispositivos, mas estes crescem ano a ano e já estão no mercado. Enquanto os primeiros tendem a retratar as promessas futuras num tom otimista de progresso, o último tende a problematizar o desenvolvimento futuro caso não se comece a pensar nas implicações e riscos da nanotecnologia neste estágio inicial.

Para reforçar visões futuristas, o telejornal e jornal utilizam narrativas ficcionais, futuristas, narrativas informativas do modelo antes-e-depois e imagens que combinam representações de objetos e cenários simultaneamente familiares e estranhos, reafirmando a inexorabilidade e a suposta autonomia e neutralidade do progresso científico-tecnológico. Diversos destes recursos também têm a função de recontextualizar o conhecimento especializado para torná-lo mais acessível ao público leigo. No programa virtual essas narrativas contam com análises críticas que as associam a estratégias usadas para incitar o consumo dos produtos.

As visões que sobressaem na *Folha de S. Paulo* e no *Bom Dia Brasil*, e que em menor medida também estão presentes no *Nanotecnologia do Avesso*, estão relacionadas à disponibilidade de *novos materiais ou dispositivos*, com a perspectiva de que serão mais eficientes tecnicamente que os já conhecidos; a *visão de melhoramento de produtos* pela incorporação de novos materiais, novas propriedades ou funções; a visão de que no futuro *nanomáquinas* poderão monitorar

o corpo humano e agir curando ou matando células doentes, a mais radical de todas as apresentadas; e a *possível resolução de problemas a partir da visualização de nanoestruturas*.

Essas perspectivas são associadas com benefícios ou promessas de produtos mais eficientes e multifuncionais para a abertura de novos mercados, a qualidade de vida e preservação do meio ambiente, mediante inovações nas mais diversas áreas industriais como a farmacêutica, a eletrônica e a informática. O jornal e telejornal deram grande destaque aos benefícios para a saúde, diferentemente do programa virtual, que ressaltou os riscos para a saúde. A maior parte das visões presentes no jornal e telejornal reproduz os modelos lineares da ciência e tecnologia, segundo os quais a boa ciência se converterá em inovação, que trará desenvolvimento e benefício social. No programa virtual, pelo contrário, se questionam esses modelos, com base em problematizações sobre conceitos de ciência, tecnologia e inovação e sua relação com os problemas concretos de sociedade desigual.

No *Bom Dia Brasil* as visões de progresso não são em momento algum questionadas. Aspectos como riscos e implicações sociais, legais e sociais estiveram completamente ausentes. Na *Folha de S. Paulo* um único jornalista, Marcelo Leite, abordou os assuntos em sua (extinta) coluna de ciência no *Caderno Mais* como tema central. Com relação às implicações éticas da nanotecnologia, discutiu a desigualdade na democratização da informação e das decisões sobre ciência e tecnologia. Dentre as questões éticas destacou a necessidade de regulamentação das nanopartículas e dos novos processos de diagnóstico e tratamento de doenças, em nome do princípio da precaução. Dentre as implicações sociais, destacou a importância da informação pública a respeito das diversas nuances da nanotecnologia e da participação cidadã na definição de prioridades de pesquisa na área, especialmente das que são financiadas com recursos públicos. Portanto, as visões sobre esses aspectos foram marginais no conjunto do material analisado e, no conjunto das matérias da *Folha de S. Paulo* analisadas, prevalece a visão de que benefícios superam os riscos, aspecto de uma percepção ideológica dominante, já presente há mais de 100 anos nas Exposições Universais.

No *Nanotecnologia do Avesso*, por sua vez, é eminente a visão de que benefícios e riscos devem ser considerados, seguida pela visão de que riscos superam benefícios. Essas visões podem ser qualificadas como distópicas, pois

discutem condições de vida adversas, como a opressão, a exclusão social e poluição ambiental. Destacam-se os *riscos para a saúde* de trabalhadores e de consumidores; os *riscos para o meio ambiente* e as diversas formas de vida e; os *riscos econômicos* de investimento em uma tecnologia emergente e seus efeitos sobre o emprego.

Desse modo, enquanto na mídia dominante os conteúdos sobre riscos estão pouco referenciados, a alternativa considera a existência de riscos e benefícios e acentua a discussão de riscos, porque é o que as empresas e o governo dificilmente abordam. Então, em certa medida, a discussão se polariza, evidenciando que interesses muito diversos estão em jogo na definição da trajetória da nanotecnologia.

No *Nanotecnologia do Avesso* o direcionamento para essa percepção da relação entre riscos e benefícios está demarcado por demandas de regulação obrigatória por parte do grupo relevante responsável pelo programa (Renanosoma) e dos aliados que busca elistar entre os destinatários prioritários do programa, os grupos dos trabalhadores, consumidores e ambientalistas. As razões em que sustentam seus argumentos é que não se está aplicando o princípio de precaução, o princípio da transparência, da participação do público, da proteção à saúde e segurança para o público e trabalhadores, da responsabilidade do produtor, entre outros, que poderiam reduzir a exposição a eventuais riscos e efeitos disruptivos, e não se está caminhando efetivamente (ou só muito vagarosamente) para a regulação.

As principais implicações sociais destacadas no programa foram as questões ambientais e de saúde, as questões econômicas e problemas sociais, os processos de formação e organização dos trabalhadores, questões educacionais e de participação pública. Dentre as implicações legais foram discutidas a regulação e rotulagem de nanotecnologias e a propriedade intelectual. A desigualdade na apropriação social dos benefícios da nanotecnologia, os abusos no uso da nova tecnologia, a decisão de usar ou não produtos contendo nanopartículas e a relação entre universidade e empresa são as implicações éticas mais discutidas no programa.

Os principais conteúdos abordados no *Nanotecnologia do Avesso* são, portanto, aqueles que costumam receber menor destaque nos demais meios analisados. Além destes, aparecem também conteúdos completamente ausentes

nos outros meios, como as relações entre nanotecnologia e trabalho e experiências de ensino-aprendizagem de conteúdos sobre nanotecnologia na educação escolar.

A forma de abordagem também é substancialmente diferente, não só pelas características de cada mídia específica, mas também da relação com o público. As mídias tradicionais privilegiam o envio unidirecional da informação, frequentemente com apelos sensacionalistas, e sustentam a ideia de que a nanociência e nanotecnologia são neutras e seguras, salvo algumas exceções. A mídia alternativa busca uma interação dialógica com o público. Parte de problemas concretos de grupos específicos expostos aos potenciais riscos, problematiza controvérsias, estimula o engajamento em nanociência e nanotecnologia, requisita a abertura de novos e diversificados espaços de divulgação científica, de participação pública e discute a incorporação da temática de novas tecnologias e das próprias mídias no currículo escolar.

Esse comparativo permite concluir que a divulgação promovida pelas mídias sobre nanotecnologia se caracteriza como um processo educativo repleto de tensões, em que grupos relevantes com projetos distintos de sociedade incidem com diferentes graus de poder econômico e ideológico e com metodologias distintas na formação da opinião pública e no direcionamento das políticas públicas de nanotecnologia. Em outros termos, coexistem projetos bem delimitados de disputa pela hegemonia, em que o grupo hegemônico sustenta a estabilização dessa tecnologia emergente, com vistas a atender interesses da comunidade científica e da economia de mercado, e o grupo contra hegemônico escancara a flexibilidade e instabilidade dessa tecnologia, na disputa pela regulação da ação do mercado e pelo desenvolvimento sustentável.

Os campos de tensão são justamente os três planos da existência humana anteriormente discutidos, a prática produtiva, social e simbólica, terrenos de luta pela hegemonia. Nesse sentido, o programa *Nanotecnologia do Avesso* está mais articulado à perspectiva de cidadania sociotécnica, pois busca fomentar o engajamento público para um trabalho produtivo com segurança para o trabalhador, os consumidores e o ambiente, para a participação cidadã ativa na discussão da tecnologia, e para a socialização e apropriação de saberes e conhecimentos que possam fundamentar a prática social e produtiva.

Os meios de comunicação de massa convencionais, por sua vez, aparecem mais alinhados com a Política Nacional de Nanotecnologia, cujas ações de

divulgação científica têm estado orientadas ao mundo empresarial e que enfocam a prática produtiva sobre as demais práticas que integram a existência humana. Contraditoriamente, o discurso das políticas públicas e algumas das suas ações começam a apontar para práticas produtivas, sociais e simbólicas mais inclusivas.

Concluindo, na divulgação científica é preciso aprimorar a abordagem dos conceitos de ciência e tecnologia em uma perspectiva sociotécnica, para superar as visões ingênuas, paralisadoras e conservadoras de neutralidade e autonomia da ciência e tecnologia. Acreditamos que essa mudança depende em boa medida da abordagem de ciência e tecnologia que perpassa a formação formal e não-formal dos diversos profissionais. Concomitantemente, a diversidade de mídias e o engajamento público se revelou nessa tese como um caminho fundamental para a construção de uma prática simbólica no campo da educação não-formal em mídias que se articule organicamente com a prática social e produtiva para a inclusão social, pois como toda prática simbolizadora, a educação não-formal não é uma práxis neutra.

REFERÊNCIAS

ABCMC – Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência. **Programa Nacional POP Ciência 2022**. Rio de Janeiro: ABCMC, [2010]. Disponível em: <<http://www.abcmc.org.br/publique1/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=1599&sid=18>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre nanotecnologia**. Brasília, DF: ABDI-MDIC, 2010a. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

_____. **Panorama Nanotecnologia**. Série Cadernos da Indústria ABDI Volume XIX. Brasília, DF: ABDI-MDIC, 2010b. Disponível: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2011.

AGÊNCIA BRASIL. **Brasil investiu cerca de R\$ 150 milhões em nanotecnologia em cinco anos**. Brasília, DF: 2007. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/05/11/materia.2007-05-11.7164383133/view>>. Acesso em: 07 nov. 2008.

ALBORNOZ, Mario; MACEDO, Mariano; ALFARAZ, Claudio. Latin America. In: UNESCO. **Unesco Science Report 2010**. The Current Status of Science around the World. Paris: Unesco, 2010. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001899/189958e.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2011.

ALVES, Márcio M. **Beabá dos MEC-USAID**. Rio de Janeiro: Edições Gernasa, 1968.

AMORIM, Tade-Ane de. Nanotecnologia na imprensa: análise de conteúdo do jornal Folha de São Paulo. **Em Tese**. Revista eletrônica dos pós-graduandos em Sociologia Política da UFSC, v. 4, n. 2, p. 20-36, jan./jul. 2008.

ANDRADE, Ana M. R. de; CARDOSO, José L. R. Aconteceu, virou manchete. **Revista Brasileira de História**, São Paulo, v. 21, n. 41, p. 243-264, 2001.

ANDRADE, Fernando G. **O jornal do futuro**. Documentário. São Paulo: Spray Filmes, 2010.

ANGELO, Claudio. Físico propôs nanografia em 1959 nos EUA. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 27 abr. 2009. Folha Ciência [+] saiba mais, p. A15.

ARANTES, Valéria A. (Org.); TRILLA, Jaume; GHANEM, Elie. **Educação formal e não-formal**: pontos e contrapontos. São Paulo: Summus, 2008.

ARCURI, Arline; PINTO, Valéria. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 31 maio 2010. Programa 068. Disponível em: <<http://vimeo.com/21620018>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

ARROYO, Miguel. Formar educadoras e educadores de jovens e adultos. In: SOARES, Leôncio (Org.). **Formação de educadores de jovens e adultos**. Belo Horizonte: Autêntica/SECAD-MEC/UNESCO, p. 17-32, 2006.

ASCOM DO CNPq. Nova Plataforma Lattes é lançada na 64ª Reunião Anual da SBPC. **Jornal da Ciência e-mail**, Rio de Janeiro, ed. 4548, 26 de jul. 2012.

ASCOM DA ESTAÇÃO CIÊNCIA. Parceria inédita leva exposição para dentro do prédio. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, 20 set. 2012. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=84246>>. Acesso em: 20 set. 2012.

ANJ – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE JORNAIS. **Os maiores jornais do Brasil de circulação paga, por ano. Ano 2010**. Brasília/DF: 2011. Disponível em: <<http://www.anj.org.br/a-industria-jornalistica/jornais-no-brasil/maiores-jornais-do-brasil>>. Acesso em: 12 out. 2011.

AUFFAN, M. et al. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. **Nature Nanotechnology**, Published online: 13 Sep. 2009. Disponível em: <doi:10.1038/nnano.2009.242>.

AVELLANEDA, Manuel F.; von LINSINGEN, Irlan. Una mirada a la educación científica desde los estudios sociales de la ciencia y la tecnología latinoamericanos: abriendo nuevas ventanas para la educación. **Alexandria**. Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 225-246, 2001.

BARBUY, Heloísa. **A exposição universal de Paris – 1900**. São Paulo: EDUSP, 1999.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 1977.

BAUMGARTEN, Maíra. Divulgação em ciência e tecnologia. In: CATTANI, Antonio D.; HOLZMANN, Lorena (Orgs.). **Dicionário de trabalho e tecnologia**. 2. ed rev. ampl. Porto Alegre/RS: Zouk, 2011, p. 130-133.

BAZZO, Walter; von LINSINGEN, Irlan; TEIXEIRA, Luiz T. V. Os estudos CTS. In: **Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Espanha: OEI. 2003.

BAZZO, Walter A. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. 3. ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução: Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

BELLONI, Maria L. Formação do telespectador: missão urgente da escola. In: SOARES, Magda B.; KRAMER, Sônia; LÜDKE, Menga et al. **Escola básica**. 2. ed. Campinas, SP: Papyrus, p. 205-210, 1994.

_____. **O que é mídia-educação**. 3. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2009.

BENEVIDES, Maria V. Educação para a cidadania e em direitos humanos. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO. **Anais II...** Águas de Lindóia: Feusp, v. 1, p. 165-177, 1998.

BENJAMIN, Walter. **Passagens**. Tradução: Irene Aron. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette. A genealogy of the increasing gap between science and the public. **Public Understanding of Science**, [London?], v. 10, p. 99–113, 2001. Disponível em: <10.1088/0963-6625/10/1/30>. Acesso em: 22 ago. 2011.

_____. ¿Dos culturas de la nanotecnología? Tradução: Luis Rodolfo M. Q. In: FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela. (Org.). **Nanotecnologías disruptivas. Implicaciones sociales de las nanotecnologías**. México, D.F.: M. A. Porrúa, Universidad Autónoma de Zacatecas, Cámara de Diputados, p. 85-105, 2006.

_____. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 14 set. 2010. Programa 082. Disponível em: <<http://vimeo.com/14781320>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

BÉVORT, Evelyne; BELLONI, Maria L. Mídia-educação: conceitos, história e perspectivas. **Educação & Sociedade**, Campinas, SP, v. 30, n. 109, p. 1081-1102, set./dez. 2009.

BIJKER, Wiebe E. **Of bicycles, bakelites, and bulbs: toward a theory of sociotechnical change**. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press, 1995.

BLAU, Judith. Entrevista. **Nanotecnologia do Averso**, São Paulo, 18 maio 2009. Programa 018. Disponível em: <<http://vimeo.com/4847358>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

BLOG NANOTECNOLOGIA DO AVESSE. Audiência Pública debate nanotecnologia: evento foi realizado na Câmara dos Deputados no mês de dezembro. São Paulo: [2012]. Disponível em: <<http://nanotecnologiadoavesso.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **BNDES lança fundo de investimento em biotecnologia e nanotecnologia**. Brasília, DF: 2009. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/2009/Inovacao/20090928_fundo_biotecnologia.html> Acesso em: 03 fev. 2011.

BOMBIG, José A. Brasileiros fazem o seu primeiro ‘nanopoema’: obra de Arnaldo Antunes é escrita em fio com 1 milésimo da largura de um fio de cabelo. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 27 abr. 2009. Folha Ciência, p. A15.

BONALUME NETO, Ricardo. Técnica permite gravar 300 DVDs em 1: pesquisadores australianos criam superdisco que grava e lê em 5 dimensões; tecnologia foi licenciada para a Samsung. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 21 maio 2009. Folha Ciência, p. A16.

BOTTOMORE, Tom (Ed.). **Dicionário do pensamento marxista**. Co-editores: Laurence Harris; V. G. Kiernan; Ralph Miliband. Tradução: Waltensir Dutra. Organizador da ed. Brasileira, rev. técnica e pesq. bibliográfica complementar: Antonio Moreira Guimarães. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2001.

BOURDIEU, Pierre. **Sobre a televisão seguido de A influência do jornalismo e os Jogos Olímpicos**. Tradução: Maria Lúcia M. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1997.

_____. A Escola conservadora: as desigualdades frente à escola e à cultura. In: NOGUEIRA, Maria A.; CATANI, Afrânio (Orgs.). **Escritos de educação**. 8. ed. Tradução: Aparecida Joly Gouveia. Revisão técnica: Maria Alice Nogueira. Petrópolis, RJ: Vozes, p. 39-64, 1998a.

_____. Os três estados do capital cultural. In: NOGUEIRA, Maria A.; CATANI, Afrânio (Orgs.). **Escritos de educação**. 8. ed. Tradução: Magali de Castro. Revisão técnica: Maria Alice Nogueira. Petrópolis, RJ: Vozes, p. 71-79, 1998b.

_____. O capital social – notas provisórias. In: NOGUEIRA, Maria Alice; CATANI, Afrânio (Orgs.). **Escritos de educação**. 8. ed. Tradução: Denice Barbara Catani e Afrânio Mendes Catani. Revisão técnica: Maria Alice Nogueira. Petrópolis, RJ: Vozes, p. 65-69, 1998c.

BRASIL. **Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 20 fev. 2013.

BRASIL DE FATO. **O socialismo é uma doutrina triunfante**. Entrevista com Antonio Candido de Mello e Souza, 12 jul. 2011. Disponível em: <<http://www.brasildefato.com.br/node/6819>>. Acesso em: 08 ago. 2011.

BRAVERMAN, Harry. **Trabalho e Capital Monopolista**. Rio de Janeiro: LTC, 1987.

BRITO CRUZ, Carlos H.; CHAIMOVICH H. Brazil. In: Unesco. **Unesco Science Report 2010**. The Current Status of Science around the World. Paris: Unesco, 2010. Disponível: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001899/189958e.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2011.

BRITO, Fatima.; FERREIRA José R.; MASSARANI, Luisa. **Centro e Museus de Ciência do Brasil**. Rio de Janeiro: ABCMC: UFRJ, Casa da Ciência: FIOCRUZ, Museu da Vida, 2005.

BROSSARD, Dominique. Media, scientific journals and science communication: examining the construction of scientific controversies. **Public Understanding of Science**, [London?], v. 18, n. 3, p. 258-274, 2009. Disponível em: <<http://pus.sagepub.com/cgi/content/abstract/18/3/258>>. Acesso em: 16 abr. 2009.

CALLON, Michel. La dinámica de las redes tecno-económicas. In: THOMAS, Hernán; BUCH, Alfonso (Compilação). **Actos, actors y artefactos: sociología de la tecnología**. 1. ed. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2008, p. 147-184.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Especialistas pedem marco regulatório para a nanotecnologia**. Assessoria de imprensa do deputado Sarney Filho. Brasília, DF: 19 dez. 2012. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cmads/noticias/especialistas-pedem-marco-regulatorio-para-a-nanotecnologia>>. Acesso em: 25 jan. 2013.

CARASSO, Sérgio. Entrevista. **Nanotecnologia do Aveso**, São Paulo, 25 maio 2010. Programa 066. Disponível em: <<http://vimeo.com/12120899>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

CAREGNATO, Rita C. A.; MUTTI, Regina. Pesquisa qualitativa: análise de discurso *versus* análise de conteúdo. **Texto & Contexto – Enfermagem**, Florianópolis, v. 15, n. 4, p. 679-684, out./dez. 2006.

CARO, Sueli P. Os fundamentos da educação social para uma educação sócio-comunitária. **Revista de Ciências da Educação**, São Paulo, ano VIII, n. 15, 2. Sem/2006, pp. 17-31.

CASTELLINI, O. M. et al. Nanotechnology and the public: Effectively communicating nanoscale science and engineering concepts, **Journal of Nanoparticle Research**, [New York?], v. 9, n. 2, p. 183-189, 2007. Disponível em: <[10.1007/s11051-006-9160-z](https://doi.org/10.1007/s11051-006-9160-z)>. Acesso em: 08 maio 2010.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. 7 ed. Rev. e amp. Tradução: Majer, R. V. com a colaboração de Gergardt, K. B. São Paulo: Paz e Terra, 2003. V. 1.

_____. **Comunicación y poder**. Traducción de María Hernández. México: Siglo XXI, 2012.

CAZELLI, Sibeles. Divulgação científica em espaços não-formais. In: XXIV CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ZOOLOGIA DO BRASIL, **Anais...** Belo Horizonte, 2000.

_____. **Ciência, cultura, museus, jovens e escolas: quais as relações?** Tese (Doutorado em Educação). 2005. 260 f. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Educação, PUC-Rio, 2005.

_____. Jovens nos museus: quem são, aonde vão e com quem visitam? In: CUNHA, Ana M. de O. et al (Org.). **Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente: educação ambiental, educação em ciências,**

educação em espaços não-escolares, educação matemática. Belo Horizonte: Autêntica, 2010, p. 402-425. (Didática e prática de ensino).

CAZELLI, Sibeles; MARANDINO, Martha; STUDART, Denise C. Educação e comunicação em museus de ciência: aspectos históricos, pesquisa e prática. In: GOUVÊA, Guaracira; MARANDINO, Martha; LEAL, Maria C. (Orgs.). **Educação e museu: a construção social do caráter educativo dos museus de ciência**. Rio de Janeiro: Access, 2003, p. 83-106.

CÉSAR Junior, Samuel. Fronteira tecnológica e escassez de recursos: uma análise da nanotecnologia no Brasil. **Radar IPEA** 9, p. 19-26, 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/100826_radar09.pdf> Acesso em: 18 mar. 2011.

CHRISTENSEN, Clayton. **The innovator's dilemma: the revolutionary book that will change the way you do business**. [S.l]: HarperCollins Publishers, 2003.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Convergência Tecnológica**. Brasília/DF: 2008.

CHERUTTI, Guilherme; ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e direito do consumidor: o direito fundamental à informação e sua necessidade de efetivação nas relações de consumo envolvendo nanoprodutos. **Direitos Fundamentais & Justiça**, Porto Alegre, ano 5, n. 17, p. 78-95, out./dez. 2011.

CNPq Notícias. Reunião de Trabalho **Tendências em Nanociências e Nanotecnologias**, uma iniciativa da Secretaria de Políticas e Programas do MCT e do CNPq. Brasília, DF: 22 nov. 2000. Disponível em: <http://www.cnpq.br/noticias/noticia05_040401.htm>. Acesso em: 22 set. 2005.

CNPq. **Edital MCT/CNPq nº 74/2010**. Seleção pública de propostas para apoio à formação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia. Disponível em: <<http://memoria.cnpq.br/editais/ct/2010/074.htm>>. Acesso em: 19 fev. 2013.

COHEN, Erik H. Researching informal education: a preliminary mapping. **Bulletin de Méthodologie Sociologique**, Paris, n. 93, p. 70-88, jan./2007.

COLLINS, Harry M.; EVANS, Robert. The third wave of science studies: studies of expertise and experience. **Social Studies of Science**, [S. l.] v. 32, n. 2, p. 235–296, 2002.

COSSIELLO, Rafael di F. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 22 jun. 2009. Programa 023. Disponível em: <<http://vimeo.com/5509987>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

COSTA, Ângela M.; SCHWARCZ, Lilia M. **1890-1914: No tempo das Certezas**. São Paulo: Cia das Letras, 2000, cap I e X.

COSTA, Beatriz. Para analisar uma prática de educação popular. In: **Cadernos de Educação Popular**. 5. ed. Petrópolis, RJ: Vozes/NOVA, v. 1, p. 7-47, 1987.

COSTA, Manoel B. B. da; DULLEY, Richard D. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 22 jun. 2010. Programa 070. Disponível em: <<http://vimeo.com/12613270>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

CRONE, Wendy C.; KOCH, Susan E. Bringing nano to the public: a collaboration opportunity for researchers and museums. **NISE Network**. Science Museum of Minnesota, St.Paul, Minnesota, 2006.

CURY, Marília. **Estudo sobre centros e museus de ciências. Subsídios para uma política de apoio**. São Paulo: Fundação Vitae, 2000. Disponível em: <<http://www.abcmc.org.br/publique1/media/13093-marilia-final.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2009.

DAGNINO, Renato; DAVYT, Amílcar; THOMAS, Hernán. El Pensamiento en Ciencia, Tecnología y Sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. **Redes**, Buenos Aires, v. 6, n. 7, p. 269-277, 1996.

DELORS, Jacques et al. **Learning: the treasure within**. Paris: UNESCO, 1996.

DUARTE, Neide; ARAÚJO, Wilson. Nanotecnologia transforma vidas sem que se perceba: quando falamos em nano, estamos falando de uma medida que significa um bilionésimo do metro. Rede Globo: **Bom Dia Brasil**, Série Universo Nano, 2009a. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bomdiabrasil/0,,16020-p-01092009,00.html>>. Acesso em: 01 set. 2009.

DUARTE, Neide; ARAÚJO, Wilson. Nanotecnologia já está disponível no comércio e na medicina: a nanotecnologia ajuda o comércio e aponta para infinitas possibilidades de melhoria da nossa qualidade de vida. Rede Globo: **Bom Dia Brasil**, Série Universo Nano, 2009b. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bomdiabrasil/0,,16020-p-02092009,00.html>>. Acesso em: 02 set. 2009.

DUPUY, Jean-Pierre. Foreword: The double language of science, and why it is so difficult to have a proper public debate about the nanotechnology program. In: ALLTOFF, Fritz; LIN, Patrick (Eds.) **Nanotechnology & Society**. Current and Emerging Ethical Issues. [S.l]: Springer, 2008.

ECHEVERRÍA, Javier. Interdisciplinariedad y convergencia tecnocientífica nano-bio-info-cogno. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 11, n. 22, p. 22-53, jul./dez. 2009.

EMBRAPA. MCT anuncia na Embrapa investimentos de R\$ 1 milhão para popularização da nanotecnologia. **Instrumentação** – Informativo da Embrapa Instrumentação Agropecuária, ano 8, n. 70, set. 2009. Disponível em: <http://www.cnpdia.embrapa.br/informativo/setembro_2009/info04.html>. Acesso em: 12 jun. 2011.

EMBRAPA NOTÍCIAS. **Coordenador do MCT anuncia recursos de R\$ 1 milhão para popularização da nanotecnologia**. Brasília/DF: 14 set. 2009. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/setembro/3a-semana/coordenador-do-mct-anuncia-recursos-de-r-1-milhao-para-popularizacao-da-nanotecnologia>>. Acesso em: 14 fev. 2011.

ESCOBAR, A. **La invención del tercer mundo**: construcción y desconstrucción del desarrollo. Bogotá: Ed. Norma S.A, 1998.

ESHACH, Haim. Bridging in-school and out-of-school learning: formal, non-formal, and informal education. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 16, n. 2, abr. 2007.

EUROPEAN COMMISSION. **Special Eurobarometer**: scientific research in the media. Bruxelas, EU, 2007.

FABER, Brenton. Popularizing Nanoscience: The Public Rhetoric of Nanotechnology, 1986-1999, **Technical Communication Quarterly**, [S. l], v.15, n. 2, p. 141-169, 2006.

FARES, Djana C.; NAVAS, Ana M.; MARANDINO, Martha. **Qual a participação? Um enfoque CTS sobre os modelos de comunicação pública da ciência nos museus de ciência e tecnologia**. X REUNIÃO DE LA RED DE POPULARIZACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Costa Rica, 2007. Disponível em: <<http://www.cientec.or.cr/pop/2007/BR-DjanaFares.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2010.

FAURE, Edgar et al. **Learning to Be: The World of Education Today and Tomorrow**. Paris: UNESCO, 1972.

FIEDELER, Ulrich; GRUNWALD, Armin; COENEN, Christopher. **Vision assessment in the field of nanotechnology – a first approach**. CONFERENCE IMAGING NANOSPACE, Bielefeld, May 11-14, 2005. Disponível em: <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2005/fiua05a_abstract.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2012.

FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela. La nanotecnología: una solución en busca de problemas. **Comércio Exterior**, México, DF, v. 56, n. 4, p. 326-334, abr. 2006. Disponível em: <<http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/90/5/Foladori.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2011.

_____. (Coord.) **Nanotecnologias en la alimentación y agricultura**. Montevideo: Universidad de La República, Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM), 2008.

FOLHA DE S. PAULO. Nanofio de silício captura calor para gerar energia: princípio poderá ser usado para evitar perda energética na queima de combustíveis. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 10 jan. 2008a. Folha Ciência, p. A14.

_____. Ouro reabilita droga anti-HIV em teste: partículas do metal conferem eficácia a medicamento que bloqueia a entrada do vírus em células sem intoxicá-las. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 26 maio 2008b. Folha Ciência, p. A13.

_____. Supermicroscópio dobra alcance óptico: instrumento criado por pesquisadores dos EUA e da Alemanha pode mapear estruturas no interior de células em 3-D. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 06 jun. 2008c. Folha Ciência, p. A17.

_____. Harry Potter inspirou pesquisas. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 12 ago. 2008d. Folha Ciência [+] saiba mais, p. A14.

_____. Físicos da Unicamp criam “sanfona” nanométrica: estrutura com 3 átomos de largura estica e encolhe. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 28 jan. 2009a. Folha Ciência, p. A18.

_____. Brasileiros revelam diversidade oculta no micromundo polar. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 26 jul. 2009b. Folha Ciência, p. A20.

_____. Saiba quais foram os principais fatos da ciência em 2009. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 31 dez. 2009c. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u672051.shtml>>. Acesso em: 31 jul. 2012.

_____. Documentário revela bastidores das mudanças na Folha. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 22 maio 2010a. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/institucional/813932-documentario-revela-bastidores-das-mudancas-na-folha.shtml>>. Acesso em: 04 ago. 2012.

_____. Veja os acontecimentos científicos que marcaram 2010. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 27 dez. 2010b. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/849347-veja-os-acontecimentos-cientificos-que-marcaram-2010.shtml>>. Acesso em: 31 jul. 2012.

_____. Sua excelência, o leitor. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 16 out. 2011. Folha Poder, p. A12.

FORMIGA, Marcos. A terminologia da EAD. In: FORMIGA, Marcos; LITTO, Fredric M. **Educação a Distância: o Estado da Arte**. São Paulo: Pearson Education, 2009, p. 39-46.

FORTES, Leandro. Saudades de 1964. Texto originalmente publicado na revista Carta Capital, ed. 727, 02 jan. 2013. In: **Argumento**, Porto Alegre, n. 76, p. 4-9, jan. 2013.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. **A Economia da Inovação Industrial**. Campinas/SP: Editora da Unicamp, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996 (Coleção Leitura).

_____. **A educação na cidade**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2000a.

_____. **Pedagogia da indignação: cartas pedagógicas e outros escritos**. 8. ed. São Paulo: Ed. UNESP, 2000b.

_____. **Pedagogia do oprimido**. 49. Reimpressão. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Os brasileiros, a ciência e a tecnologia. **Ciência & Sociedade**, Informativo do Núcleo de Estudos da Divulgação Científica/Museu da Vida. Rio de Janeiro, ano X, n. 152, 25 jan. 2011. Disponível em: <<http://www.museudavida.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=1535&sid=2>> Acesso em: 14 jun. 2011.

GADOTTI, Moacir. **O jornal na escola e a formação de leitores**. Brasília/DF: Líber Livro Editora, 2007.

GALLO, Jairo G. Historia lejana y reciente de la mayor revolución em la historia. In: GALLO, Jairo Giraldo; GONZÁLEZ, Edgar; GÓRNEZ-BAQUERO, Fernando (Eds.). **Nanotecnociencia: nociones preliminares sobre el universo nanoscópico**. Colombia: Buinaima, 2007, p. 25-68.

GAMA, Cátia F. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 13 abr. 2009. Programa 013. Disponível em: <<http://vimeo.com/21106807>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

GARCIA, Rafael. Grupo testa nanotecnologia contra câncer: para pesquisador norte-americano, doença passará de grave a 'administrável' daqui a uma década. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 29 mar. 2008a. Folha Ciência, p. A7.

_____. Grupo cria material para invisibilidade: laboratório liderado por físico chinês projeta estrutura de liga de metais capaz de desviar a trajetória da luz 'para trás'. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 12 ago. 2008b. Folha Ciência, p. A14.

GASKELL, George et al. Imagining nanotechnology: cultural support for technological innovation in Europe and the United States. **Public Understanding of Science**, [London?], v. 14, n. 1, p. 81-90, jan. 2005. Disponível em: <[doi:10.1177/0963662505048949](https://doi.org/10.1177/0963662505048949)>.

GERAQUE, Eduardo. Pomada inteligente mata tumor de pele: fármaco experimental em fase 2 de testes clínicos no país tem eficiência de 95% e combina nanotecnologia com luz. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 27 ago. 2008. Folha Ciência, p. A22.

GHANEM, Elie. Educação formal e não-formal: do sistema escolar ao sistema educacional. In: ARANTES, Valéria Amorim (Org.); TRILLA, Jaume; GHANEM, Elie. **Educação formal e não-formal: pontos e contrapontos**. São Paulo: Summus, 2008, p. 15-58. (Coleção Pontos e Contrapontos).

GLEISER, Marcelo. O dia em que a Terra parou. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 21 dez. 2008. Mais Ciência, p. 3.

GLOBO.COM. **Marcio Gomes estreia nova coluna: você não sabia, mas já existe**, 16 mar. 2009. Disponível em: <<http://globotv.globo.com/rede-globo/bom-dia-brasil/v/marcio-gomes-estrela-nova-coluna-voce-nao-sabia-mas-ja-existe/983437/>>. Acesso em: 11 jun. 2011.

GOHN, Maria da G. Educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 50, jan./mar. 2006, p. 27-38.

_____. **Educação não-formal e cultura política**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

_____. **Movimentos sociais e redes de mobilizações civis no Brasil contemporâneo**. 2. ed. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2010.

GOMES, Isaltina M. de A. M. **A divulgação científica em *Ciência Hoje*: características discursivo-textuais**. Tese (Doutorado em Letras). 2000. 305 f. Recife: Programa de Pós-Graduação em Letras, UFPE, 2000.

GOMES, Candido A. da C. A legislação que trata da EAD. In: FORMIGA, Marcos; LITTO, Fredric M. **Educação a Distância: o Estado da Arte**. São Paulo: Pearson Education, 2009a, p. 21-27.

GOMES, Márcio. Sensor criado pela UFPE mede qualidade da água. Rede Globo: **Bom Dia Brasil**, Coluna Você não sabia, mas já existe, 2009b. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bomdiabrasil/0,,MUL1186511-16020,00.html>>. Acesso em: 07 jun. 2011.

GÓMEZ-BAQUERO, Fernando. Nanotecnología, economía y sociedad. In: GALLO, Jairo G.; GONZÁLEZ, Edgar; GÓRNEZ-BAQUERO, Fernando (Eds.). **Nanotecnociencia: nociones preliminares sobre el universo nanoscópico**. Colombia: Buinaima, 2007, p. 221-244.

GONÇALVES, Elizabeth M. Divulgação científica da pesquisa brasileira: um diagnóstico da revista Scientific American Brasil. **Contemporânea: Revista de Comunicação e Cultura**, Salvador, v. 6, n. 1, 2008. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/contemporaneaposcom/article/view/3516/2570>>. Acesso em: 23 fev., 2011.

GOUNET, Thomas. **Fordismo e toyotismo na civilização do automóvel**. 1. ed. São Paulo: Boitempo, 1999.

GRAMSCI, Antonio. **Os intelectuais e a organização da cultura**. Tradução: Carlos Nelson Coutinho. 6. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1988.

GRILLO, Sheila V. de C.; DOBRANSZKY, Enid A.; LAPLANE, Adriana L. F. Mídia impressa e educação científica: uma análise das marcas do funcionamento discursivo em três publicações. **Cadernos Cedes**, Campinas, n. 63, v. 24, maio/ago. 2004, p. 215-236. Disponível em: <<http://www.cedes.unicamp.br>>. Acesso em: 15 mar. 2007.

GRUNDWALD, Armin. **Vision Assessment as a New Element of the fta Toolbox. New horizons and challenges for future-oriented technology analysis**. EU-US SCIENTIFIC SEMINAR: NEW TECHNOLOGY FORESIGHT, FORECASTING Y ASSESSMENT, Sevilla, mayo de 2004. Disponível em: <<http://www.jrc.es/projects/fta/papers/Session%204%20What%27s%20the%20Use/Vision%20Assessment%20as%20a%20new%20element%20of%20the%20FTA%20toolbox.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2007.

GRUPO ETC. **Nanotecnologia: os riscos da tecnologia do futuro**. Tradução: José F. Pedrozo e Flávio Borghetti. Porto Alegre: L&PM, 2005.

GUIMARÃES, Erica; RIGHETTI, Sabine. Estímulo às ciências: São Paulo ganha Museu de Ciências interativo. **Com Ciência**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, Campinas, SP: SBPC / Labjor, 08 abr. 2009. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=3¬icia=530&print=true>> Acesso em: 14 jun. 2011.

GUSTON, David H. **Shaping Sustainable Nanotechnology Futures**. 2012 NSF NSE GRANTEES CONFERENCE, Panel: Societal Issues and Nanotechnology, Arlington, VA, 03 dec. 2012. Disponível em: <http://www.nseresearch.org/2012/presentations/David_H._Guston~Panel_3_Guston.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2013.

HARVEY, David. **Condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural**. Tradução: Adail Ubirajara Sobral e Maria Stela Gonçalves. 17. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2008.

HOLLANDERS, Hugo; SOETE, Luc. O crescente papel do conhecimento na economia global. In: UNESCO. **Relatório UNESCO sobre ciência 2010: o atual status da ciência em torno do mundo**. Brasil: UNESCO, 2010, p. 5-31.

HSIEH, Hsiu-Fang; SHANNON, Sarah E. Three Approaches to Qualitative Content Analysis. **Qualitative Health Research**, v. 15, n. 9, p. 1277-1288, nov. 2005. Disponível em: <<http://qhr.sagepub.com/content/15/9/1277>>. Acesso em: 01 ago. 2011.

HUFFMAN, Wallace E. et al. Consumer's resistance to genetically modified foods: the role of information in an uncertain environment. **Journal of Agricultural & Food Industrial Organization**, v. 2, n. 2, 2004, p. 1-13.

HUNT, Geoffrey. Nanotechnologies and society in Europe. In: HUNT, Geoffrey; MEHTA, Michael D. (Eds.). **Nanotechnology risk, ethics and law**. 2. ed. London; Sterling, VA: Earthscan, p. 92-104, 2008.

IBOPE. **Cresce uso de banda larga no Brasil**: mais de 40% dos usuários conectam-se com velocidade superior a 2 Mb. Brasil, 30 jul. 2012. Disponível em: <<http://www.ibope.com.br/pt-br/relacionamento/imprensa/releases/paginas/cresce-uso-de-banda-larga-no-brasil.aspx>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

INCA – INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. **Regulamentação da lei antifumo está emperrada há sete meses**, 31 jul. 2012. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/tabagismo/atualidades/ver.asp?id=2015>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

IMIL – INSTITUTO MILLENIUM. **Quem somos**, 13 fev. 2013. Disponível em: <<http://www.imil.org.br/institucional/quem-somos/>>. Acesso em 13 fev. 2013.

INVERNIZZI, Noela. Visions of Brazilian Scientists on Nanosciences and Nanotechnologies. **Nanoethics**, [New York?], v. 2, n. 2, p. 133-148, 2008. Disponível em: <<http://rd.springer.com/article/10.1007/s11569-008-0042-y>>. Acesso em: 01 ago. 2012.

INVERNIZZI, Noela; FOLADORI, Guillermo. Serán las nanotecnologías una solución a la pobreza del mundo? In: FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela (Coord.) **Nanotecnologías en la alimentación y agricultura**. Montevideo: Universidad de La República, Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM), 2008, p. 14-21.

_____. Implicaciones de las nanotecnologías en el empleo. **Sociologia y tecnociencia**: Revista Digital de Sociologia del Sistema Tecnocientífico, n. 1, v. 2, p. 54-71, 2011.

INVERNIZZI, Noela; CAVICHIOLO, Cibele. Nanotecnologia em los médios: qué información llega al público? **Redes**, Buenos Aires, v. 15, n. 29, p. 139-175, maio 2009.

INVERNIZZI, Noela; KÖRBES, Cleci; FUCK, Marcos P. Política de Nanotecnología en Brasil: a 10 años de las primeras redes. In: FOLADORI, G.; INVERNIZZI, N.; ZÁYAGO, E. Z.; (Coords.) **Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina**. Mexico, DF: M.A. Porrúa, 2012, p. 55-84.

JARDIM, Fernando R. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 16 nov. 2009. Programa 043. Disponível em: <<http://vimeo.com/7795675>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

JASANOFF, Sheila. Breaking the waves in science studies: comment on H.M. Collins and Robert Evans, 'The Third Wave of Science Studies'. **Social Studies of Science**, [Canadá?], v. 33, n. 3, p. 389-400, 2003.

JENSEN, Thomas F. **Nanotecnologia: maravilhas e incertezas no universo da química**. Roteiro: Antonio Gracias Vieira Filho. São Paulo: Fundacentro, 2010. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO//HQ2-2011.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

JENSEN, Thomaz F.; VIEIRA FILHO, Antonio G. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 29 jun. 2010. Programa 071. Disponível em: <<http://vimeo.com/12929387>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

JOSÉ, Emiliano. Instituto Millenium, mídia e as lições da história. **Carta Capital**, 06 set. 2012. Disponível em: <<http://www.cartacapital.com.br/sociedade/instituto-millenium-midia-e-as-licoes-da-historia/>>. Acesso em: 14 fev. 2013.

KAY, Luciano; INVERNIZZI, Noela; SHAPIRA, Philip. The role of Brazilian firms in nanotechnology development. **Science and Innovation Policy, 2009**, Atlanta Conference IEEE Proceedings.

KENSKI, Vani M. **Educação e novas tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas, SP: Papyrus, 2007.

KIM, Hak-Soo. PEP/IS: A New Model for Communicative Effectiveness of Science. **Science Communication**, [New York?], v. 28, n. 3, p. 287-313, mar. 2007.

KNOBEL, Marcelo. Nanoredes. **Com Ciência**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, Campinas: SBPC; Labjor, n. 37, 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano11.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2006.

KNOBEL, Marcelo; MURRIELLO, Sandra. Exposições e museus de ciência no Brasil. **Com Ciência**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico. Campinas: SBPC; Labjor, n. 100, 10 jul. 2008. Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=37&id=439>. Acesso em: 14 jun. 2011.

KÖRBES, Cleci. **Educação não-formal e informal em ciência e tecnologia: divulgação científica e formação de opinião sobre reprodução assistida e seus desdobramentos na Folha de S. Paulo**. 2008. 176 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Educação, UFPR, 2008.

KÖRBES, Cleci; INVERNIZZI, Noela. Educação não-formal sobre reprodução assistida: divulgação científica na *Folha de S. Paulo*. **Trabalho, educação e saúde**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 485-508, nov. 2010/fev. 2011a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1981-77462010000300009>>. Acesso em: 12 jul. 2012.

_____. A controvérsia sobre as pesquisas com células-tronco embrionárias na mídia. **Contemporâneos**: Revista de Artes e Humanidades, São Paulo: UFABC, n. 9, nov. 2011b (Dossiê: Dilemas Sociais da Ciência, Tecnologia & Inovação). Disponível em: <<http://www.revistacontemporaneos.com.br/n9/dossie/controversia-celulas-tronco.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2011.

KOVALICK, Roberto; SUZUKI, Katsumi. Japoneses são pioneiros no estudo da nanotecnologia: por lá, o mundo em miniatura já ajuda na hora de se barbear e de ver TV, por exemplo. Conheça uma televisão que dobra. Rede Globo: **Bom Dia Brasil**, Série Universo Nano, 2009. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bomdiabrasil/0,,16020-p-04092009,00.html>>. Acesso em: 04 set. 2009.

KURATH, Monika; GISLER, Priska. Informing, involving or engaging? Science communication, in the ages of atom-, bio- and nanotechnology. **Public Understanding of Science**, [London?], v. 18, n. 5, p. 559-573, 2009. Disponível em: <10.1177/0963662509104723>. Acesso em: 18 ago. 2011.

LA BELLE, Thomas J. Ia. The changing nature of non-formal education in Latin America. **Comparative Education**, [United Kingdom?], v. 36, n. 1, p. 21-36, 2000.

LAKOFF, George. The contemporary theory of metaphor. In: ORTONI, A. (ed.) **Metaphor and thought**. 2ª ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993, p. 202-251.

LAKOFF, George; JOHNSON, Mark. **Metáforas de la vida cotidiana**. 7. ed. Madrid: Cátedra, 2007.

LACOUR, Stéphanie; VINCK, Dominique. **Nanoparticles, nanomaterials, what are we talking about?** Socio-legal views on constructing the object of regulation in the field of “nano” risks. Paris: INRS, 2011.

LANDES, David S. **Prometeu Desacorrentado**: transformações tecnológicas e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, desde 1750 até a nossa época. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

LAUGKSCH, Rüdiger C. Scientific literacy: a conceptual overview. **Science Education**, [United States?], v. 84, n. 1, p. 71-94, jan. 2000.

LAURETH, Waleska C.; INVERNIZZI, Noela. Educando a força de trabalho em nanotecnologia no Brasil: demandas da indústria e oferta das universidades. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá/PR, v. 34, n. 2, p. 205-216, jul./dez. 2012.

LEITE, Marcelo. Nanotubos, amianto e câncer. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 25 maio 2008a. Mais Ciência, p. 9.

_____. Nanodemocracia. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 17 ago. 2008b. Mais Ciência, p. 3.

_____. Nanoparticularidades. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 27 dez. 2009. Mais Ciência, p. 3.

_____. Células que levitam. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 21 mar. 2010a. Mais Ciência, p. 7.

_____. Sete anos e nove meses. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 16 maio 2010b. Mais Ciência, p. 7.

_____. Nanodiamantes no gelo imemorial. **Folha.com**, São Paulo, 27 out. 2010c. *Ciência em Dia*. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/colunas/marceloleite/820843-nanodiamantes-no-gelo-imemorial.shtml>>. Acesso em: 12 out. 2011.

LETURIA, Elio. ¿Qué es infografía? **Revista Latina de Comunicación Social**, Tenerife, Canarias; España, ano 1, v. 4, 1998. Disponível em: <<http://www.ull.es/publicaciones/latina/z8/r4el.htm>>. Acesso em: 12 out. 2011.

LEWENSTEIN, Bruce V. Expertise in the media. **Social Studies of Science**, London, v. 31, n. 3, p. 441-444, jun. 2001.

_____. Models of Public Communication of Science & Technology. **Public Understanding of Science**, Ithaca, NY, Cornell University, 2003. Disponível em: <http://www.dgdc.unam.mx/Assets/pdfs/sem_feb04.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2010.

_____. What counts as a 'social and ethical issue' in nanotechnology? **HYLE: International Journal for the Philosophy of Chemistry**, [Berlin], v. 11, n. 1, p. 5-18, 2005.

LIBÂNEO, José C. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério 2º grau. Série formação do professor).

_____. Que destino os educadores darão à Pedagogia? In: PIMENTA, Selma Garrido (Coord.). **Pedagogia, ciência da educação?** São Paulo: Cortez, 1998, p. 107-134.

LIMA, Elvira S. **Desenvolvimento e aprendizagem na escola: aspectos culturais, neurológicos e psicológicos**. São Paulo: Ed Sobradinho 107, 2002 (Coleção Fundamentos para a Educação).

LÓPEZ CERESO, José A. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión em Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, [Espana], n. 18, p. 41-68, 1998.

LÖSCH, Andreas. Anticipating the futures of nanotechnology: Visionary images as means of communication. **Technology Analysis & Strategic Management**, London, v. 18, n. 3, p. 393-409, 2006.

LOSEKANN, Marcos; GILZ, Sérgio. Nanotecnologia é esperança na cura de doenças como aids e câncer: com dimensões tão pequenas, remédios e procedimentos com nanopartículas são mais precisos. Causam menos efeitos colaterais. Rede Globo: **Bom Dia Brasil**, Série Universo Nano, 2009. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bomdiabrasil/0,,16020-p-03092009,00.html>>. Acesso em: 03 set. 2009.

LOZANO, Monica. **Programas y experiencias en popularización de la ciencia y La tecnología**. Panorámica desde los países del Convenio Andrés Bello. Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2005. (Serie Ciencia y Tecnología).

LOZANO-BORDA, Marcela; PÉREZ-BUSTOS, Tania; ROATTA-ACEVEDO, Carolina. Deconstruyendo el modelo deficitario de la apropiación social de la ciencia y la tecnología en Colombia: el caso de La cartilla “Las Maticas de mi Huerta”. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 44, p. 93-109, abr./jun. 2012.

LQES NEWS. **ABDI lança cartilha sobre nanotecnologia**. Campinas/SP, ano 9 , n. 209, 03 dez. 2010. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2010/lqes_news_novidades_1473.html>. Acesso em: 13 jun. 2011.

MACKENZIE, Donald; WAJCMAN, Judy. Introductory essay and general issues. In: **The Social Shaping of Technology**. Buckingham, Philadelphia: Open University Press, 1996 (publicado pela primeira vez em 1985).

MACNAGHTEN, Phil; KEARNES, Matthew; WYNNE, Brian. Nanotechnology, Governance, and Public Deliberation: What Role for the Social Sciences? **Science Communication**, [United Kingdom?] v. 27, n. 2, p. 1-24, dec. 2005.

MACNAGHTEN, Phil; GUIVANT, Julia S. Converging citizens? Nanotechnology and the political imaginary of public engagement in Brazil and the United Kingdom, **Public Understanding of Science**, [London?], v. 20, n. 2, p. 207-220, 2011. Disponível em: <10.1177/0963662510379084>. Acesso em: 23 ago. 2011.

MARANDINO, Martha et al. A educação não-formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS – ENPEC, 4, 2004, Bauru. **Atas...** Bauru, 2004. Disponível em: <http://paje.fe.usp.br/estrutura/geenf/textos/oquepensa_trabcongresso5.pdf>. Acesso em: 30 maio 2008.

MARANDINO, Martha. **Educação em museus: a mediação em foco**. São Paulo: GEENF/FEUSP/Pró-Reitoria de Cultura e Extensão da USP, 2008a.

_____. Educação em museus e divulgação científica. **Com Ciência**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, Campinas, SBPC, Labjor, n. 100, 10 jul. 2008b. Disponível em: <<http://comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=37&id=441>>. Acesso em: 15 jul. 2008.

MARINHO, Maria G. S. M. C. A presença norte-americana na educação superior brasileira: uma abordagem histórica da articulação entre a Fundação Rockefeller e estruturas acadêmicas de São Paulo. **Thesis**, São Paulo, ano 1, v. 3, p. 54-77, 2. sem./2005.

MARTINS, Paulo R.; FERNANDES, Maria F. M. Nanotecnologia do Avesso: uma experiência de engajamento público em ciência e tecnologia. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade**, São Carlos, v. 2, n. 1, p. 109-119, jan./jun. 2011.

MARTINS, Paulo R. **O programa Nanotecnologia do Avesso e o projeto Engajamento Público em Nanotecnologia**. Questionário enviado e respondido via correio eletrônico. São Paulo, 15 jan. 2013.

MARX, Leo; SMITH, Merrie R. **Does technology drive history? The Dilemma of Technological Determinism**. Cambridge, Mass: MIT Press, 1996.

MARX, Karl. **Para a crítica da economia política**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

_____. **O capital**: crítica da economia política. Livro I. Tradução: Reginaldo Sant'Anna. 17. Ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1999.

MASAMI, Matsuda; HUNT, Geoffrey; MASAYUKI, Obayaski. Nanotechnologies and society in Japan. In: HUNT, Geoffrey; MEHTA, Michael D. (Eds.). **Nanotechnology risk, ethics and law**. 2.ed. London; Sterling, VA: Earthscan, 2008, p. 59-73.

MASSARANI, Luisa; BUYS, Bruno. Panorama e desafios do jornalismo científico na América Latina e no Caribe. In: BOTINELLI, N.; GIAMELLO, R. (Org.). **Ciencia, tecnología y vida cotidiana**: reflexiones y propuestas del Nodo Sur de la Red Pop. Uruguay: p. 43-49, 2009.

MCT – Ministério da Ciência e da Tecnologia. **Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia. Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007**. Brasília/DF, 2003. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0002/2361.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2011.

_____. **Relatório sobre a Consulta Pública ao Documento elaborado pelo GT de Nanotecnologia.** Brasília/DF, 2004. Disponível em: <http://nano.iiep.org.br/sites/default/files/consulta_publica_nano.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2011.

_____. **Programa Nacional de Nanotecnologia.** Brasília/DF: 2005. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27137.html>> Acesso em: 15 jan. 2011.

_____. **Relatório de Gestão 2003-2006.** Brasília/DF, [2006 ou 2007]. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0015/15874.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2011.

_____. **Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional. Plano de Ação 2007-2010.** Brasília/DF, 2007a. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0021/21439.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2011.

_____. **Relatório de gestão Exercício 2007.** Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias. Brasília/DF: 2007b. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0025/25096.pdf> Acesso em: 22 fev. 2011.

_____. **Relatório analítico Programa de C,T&I para Nanotecnologia. Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias.** Brasília/DF, 2008. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0028/28213.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2011.

_____. **Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação: principais resultados e avanços 2007-2010.** Brasília/DF, 2010. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0214/214525.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2011.

_____. **Percepção Pública da Ciência e Tecnologia no Brasil. Resultados da enquete de 2010.** Brasília/DF, 2011. Disponível em: <http://www.casadaciencia.ufrj.br/abcmc/files/enquete_percepcao2010.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2011.

MEHTA, Michael D. From biotechnology to nanotechnology: what can we learn from earlier technologies? **Bulletin of Science, Technology & Society**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 34-39, fev. 2004. Disponível em: <10.1177/0270467604263119>. Acesso em: 18 ago. 2011.

MILBURN, Colin. Just for Fun: The Playful Image of Nanotechnology. **Nanoethics**, , [New York?], v.5, p. 223-232, 2011. Disponível em: <10.1007/s11569-011-0120-4>. Acesso em: 02 nov. 2011.

MILLER, Georgia. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 06 jul. 2010. Programa 072. Disponível em: <<http://vimeo.com/12932376>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

MILLER, Steve. Public understanding of science at the crossroads. **Public Understanding of Science**, [London?], v. 10, n. 1, p. 115-120, 2001.

MILLS, Kirsty. Nanotechnologies and society in the USA. In: HUNT, Geoffrey; MEHTA, Michael D. (Eds.). **Nanotechnology risk, ethics and law**. 2. ed. London; Sterling, VA: Earthscan, 2008, p. 74-91.

MINOZZI, Daniel T. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 27 jul. 2010. Programa 075. Disponível em: <<http://vimeo.com/14048055>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

MPOG – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Plano Plurianual 2012-2015**. Brasília/DF, 2011. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spi/PPA/2012/mensagem_presidencial_ppa.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2013.

MIOTO, Ricardo. Menor robô do mundo, nos EUA, pode carregar átomo: máquinas medem um centésimo de milésimo da espessura de um fio de cabelo. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 13 maio 2010a. Folha Ciência, p. A18.

_____. Dupla faz tomografia 4D em estrutura de carbono: tecnologia une três dimensões espaciais e o tempo, fazendo um “filme”. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 27 jun. 2010b. Folha Ciência, p. A19.

MIRANDA, Giuliana. USP testa nanopartículas contra doenças: tática deu bom resultado, em cobaias, ao tratar câncer e problemas cardiovasculares. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 28 ago. 2010. Folha Ciência, p. A22.

MOORE, Fiona N. Implications of nanotechnology applications: using genetics as a lesson, **Health Law Review**, [Canada], v. 10, n. 3, p. 9-15, 2002.

MORAES, Amaury C. Entrevista. **Nanotecnologia do Aveso**, São Paulo, 11 maio 2009. Programa 017. Disponível em: <<http://vimeo.com/4848838>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MOREIRA, Ildeu de C. **A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil**. In: Inclusão social, Brasília/DF, v. 1, n. 2, p. 11-16, abr./set. 2006.

_____. A popularização da ciência e tecnologia no Brasil. In: BOTINELLI, Nelsa; GIAMELLO, Roxana (Org.). **Ciencia, tecnología y vida cotidiana: reflexiones y propuestas del Nodo Sur de la Red Pop**. Uruguay: 2009, p. 67-74.

MOREIRA, Ildeu de C.; MASSARANI, Luisa. Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil. In: MASSARANI, Luisa; MOREIRA, Ildeu de C.; BRITO, Fátima (Orgs.). **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Fórum de Ciência e Cultura, 2002.

MURRIELLO, Sandra; CONTIER, Djana; KNOBEL, Marcelo. Challenges of an exhibit on nanoscience and nanotechnology. **Journal of Science Communication**, [S. l], v. 5, n. 4, p. 1-11, 2006.

NANO ACTION. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Rel-UITA. Washington DC: 2007. Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org/>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

NATIONAL SCIENCE BOARD. **Science and Engineering Indicators 2010**. Arlington, VA: National Science Foundation, 2010.

NORDMANN, Alfred. **Converging Technologies** - Shaping the Future of European Societies. Report 2004.

_____. Entrevista. **Nanotecnologia do Aveso**, São Paulo, 07 set. 2010. Programa 081. Disponível em: <<http://vimeo.com/14611684>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

OLIVEIRA, Marta K. Vygotsky: desenvolvimento e aprendizado. In: OLIVEIRA, Marta K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento – um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1993, p. 55-81.

OLIVEIRA, Denize C. de. Análise de conteúdo temático-categorial: uma proposta de sistematização. **Rev. Enferm.** Rio de Janeiro, UERJ, v. 16, n. 4, out./dez. 2008, p. 569-76. Disponível em: <<http://www.facenf.uerj.br/v16n4/v16n4a19.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2011.

OLIVEIRA, Renata. Somente 4% dos brasileiros visitam museus. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, 18 de julho de 2011. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=78432>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

OPAS – ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE. Relatório sobre a Saúde no Mundo, 2001. Organização Panamericana da Saúde – Organização Mundial de Saúde — ONU. Disponível em: <<http://virtualpsy.locaweb.com.br/index.php?art=339&sec=29>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

PALHARES, José A. Reflexões sobre o não-escolar na escola e para além dela. **Revista Portuguesa de Educação**, Portugal, v. 22, n. 2, p. 53-84, 2009.

PARO, Vitor H. Educação para a democracia: o elemento que falta na discussão da qualidade do ensino. **Revista Portuguesa de Educação**, Portugal, v. 13, n. 01, Universidade do Minho, Braga, Portugal, p. 23-38, 2000.

PASCHEN, H., et al. **Nanotechnologie in Forschung, Entwicklung, Anwendung. Stand und Perspektiven**. Springer Verlag, Berlin, 2004.

PDP-MDIC – Política de Desenvolvimento Produtivo – Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Programas mobilizadores em áreas estratégicas. Nanotecnologia**. Brasília/DF: 2009. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1267554511.ppt>. Acesso em: 16 fev. 2011.

PÉREZ-BUSTOS, Tania et al. Iniciativas de Apropiação Social de la Ciencia y la Tecnología en Colombia: tendencias y retos para una comprensión más amplia de estas dinámicas. **Hist. cienc. saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 19, n.1, p. 115-137, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v19n1/07.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2013.

PESAVENTO, Sandra J. **Exposições universais**. São Paulo: Cultrix, 1997.

PINCH, Trevor. La tecnología como institución: ¿Qué nos pueden enseñar los estudios sociales de la tecnología? **Redes**, Buenos Aires, v. 14, n. 27, p. 77-96, 2008.

PINCH, Trevor; BIJKER, Wiebe E. La construcción social de hechos y de artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse mutuamente. In: THOMAS, Hernán; BUCH, Alfonso (Compilação). **Actos, actores y artefatos: sociología de la tecnología**. 1. ed. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2008, p. 19-62.

PINTO, Alexandre C. **Nanotecnologia: o transporte para um novo universo**. Roteiro: Antonio Gracias Vieira. São Paulo: Fundacentro, 2008. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO/II/HQ1_nanotecnologia.pdf>. Último acesso em: 20 jun. 2011.

POLHMANN, Adriana R.; GUTERRES, Silvia S. **Relatório GT Marco Regulatório**. Fórum de Competitividade de Nanotecnologia. Brasília/DF: MDIC, 2010.

PONT, Raul. A democracia representativa e a democracia participativa. In: CATTANI, Antonio David (Org.). **Fórum Social Mundial: a construção de um mundo melhor**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do RS; Petrópolis/RJ: Vozes, 2001, p. 210-216.

PRADO, Débora. Instituto Millenium: a verdadeira face que a direita oculta. Texto originalmente publicado na revista Caros Amigos, ano 16, ed. 185, ago. 2012. In: **Argumento**, Porto Alegre, n. 76, p. 10-19, jan. 2013.

PRIEST, Susanna. Biotechnology, nanotechnology, media, and public opinion. In: DAVID, Kenneth H.; THOMPSON, Paul B. (eds.). **What Can Nanotechnology Learn From Biotechnology?: Social and Ethical Lessons for Nanoscience From the Debate Over Agrifood Biotechnology and GMOs**. Amsterdam; Boston: Elsevier/Academic Press, 2008.

QUEIROZ, Glória R. P. C. Acesso ao conhecimento científico pela mídia e ambientes não escolares em uma nova situação educacional. In: CUNHA, Ana Maria de Oliveira *et al.* (Org.). **Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente: educação ambiental, educação em ciências, educação em espaços não-escolares, educação matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2010, p. 447-465. (Didática e prática de ensino).

RAMOS, Mariana B. **Discursos sobre ciência & tecnologia no Jornal Nacional**. 2006. 144 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação

em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

RATNER, Mark; RATNER, Daniel. **Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea**. Indianapolis: Book Crafts, 2002.

RATTNER, Henrique. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 02 mar. 2009. Programa 007. Disponível em: <<http://vimeo.com/21670345>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

REGO, João. Reflexões sobre a Teoria Ampliada do Estado em Gramsci. **Jornal do Commercio**, Rio de Janeiro, 05 abr. 1991. Caderno Cultural, s.p. (Publicado nos 100 anos do nascimento de Gramsci).

REISING, Ailin M. Tradiciones de evidencia en la investigación a escala nanométrica: una aproximación a la “cultura epistémica” del mundo de lo pequeño. **Redes**, Buenos Aires, v. 15, n. 29, p. 49-67, 2009.

RENNIE, Léonie J.; McCLAFFERTY, Terry P. Science centres and science learning. **Studies in Science Education**, [United Kingdom], v. 27, p. 53-98, 1996.

REZENDE, Sérgio. Conhecimento e inclusão social: programas de Governo. **Inclusão Social**, Brasília/DF, v. 1, n. 1, p. 6-7, out./mar. 2005.

RIBEIRO, Daniela C. WebTV: Perspectivas para construções sociais coletivas. **Biblioteca on-line de ciências da comunicação**, 2009. Disponível em: <<http://www.bocc.ubi.pt/>>. Acesso em: 28 ago. 2012.

RIGHETTI, Sabine. Enquetes, dados e controvérsias. Blog Laboratório, **Folha.com**, 23 set. 2010a. Disponível em: <http://laboratorio.folha.blog.uol.com.br/arch2010-09-19_2010-09-25.html>. Acesso em: 31 jul. 2012.

_____. Possível chip do futuro ganha o Nobel: prêmio de física vai para russos que obtiveram grafeno, material de carbono com chances de substituir silício. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 06 out. 2010b. Folha Ciência, p. A14.

ROCO, Mihail C.; BAINBRIDGE, William S. **Converging Technologies for Improving Human Performance**. EUA: NSF, 2002.

RONTELTAP, Amber; FISCHER, Arnout R. H.; TOBI, Hilde. Societal response to nanotechnology: converging technologies–converging societal response research? **Journal of Nanoparticle Research**, [New York?], 13, p. 4399-4410, 2011.

ROSENBERG, Nathan. **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Trad. José Emílio Maiorino. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2006.

RS; RAE. **Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties**. London: The Royal Society and the Royal Academy of Engineering, 2004.

SALOMÃO, Rafael. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 29 jun. 2009. Programa 024. Disponível em: <<http://vimeo.com/5510078>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

SÁNCHEZ MORA, Ana M. **A divulgação da ciência como literatura**. Trad. Silvia Pérez Amato. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2003.

SÁNCHEZ-MORA, M. Carmen; PARGA, Julia T. El manejo de las escalas como obstáculo epistemológico en la divulgación de la nanociencia. **Mundo Nano – Revista Interdisciplinaria en nanociencia y nanotecnología**, Ciudad de Mexico, v. 4, n. 2, p. 83-102, jul-dic./2011. Disponível em: <www.mundonano.unam.mx>. Acesso em: 24 jun. 2012.

SÁNCHEZ VÁSQUEZ, Adolfo. Unidade da teoria e da prática. In: **Filosofia da práxis**. Tradução: Maria Encarnación Moya. 1. ed. Buenos Aires: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales – CLACSO; São Paulo: Expressão Popular, 2007, p. 239-264. (Coleção Pensamento Social Latino-Americano).

SANTOS, Ubiratan de P. Entrevista. **Nanotecnologia do Avesso**, São Paulo, 24 ago. 2009. Programa 032. Disponível em: <<http://vimeo.com/6314885>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

SAVIANI, Dermeval. Entrevista: A educação fora da escola. **Revista de Ciências da Educação**, UNISAL, Americana/SP, ano XI, n. 20, p. 17-27, 1. Sem./2009. Disponível em: <http://www.am.unisal.br/pos/Stricto-Educacao/revista_ciencia/EDUCACAO_20.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2011.

_____. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 8 ed. revista e ampliada. Campinas, SP: Autores Associados, 2003 (Coleção Educação Contemporânea).

SCHULZ, Peter. Entrevista. **Nanotecnologia do Aveso**, São Paulo, 20 abr. 2009. Programa 014. Disponível em: <<http://vimeo.com/4485377>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

SEBRAE. **Sebrae SP abre vagas em incubadora de Guarulhos**. São Paulo: 2010. Disponível em: <<http://colunistas.org.com.br/guilhermearros/2010/01/05/sebrae-sp-abre-vagas-em-incubadora-de-guarulhos/>>. Acesso em: 18 fev. 2011.

SEVERINO, Antônio J. O projeto político-pedagógico: a saída para a escola. **Revista da AEC**, Brasília/DF, v. 27, n. 107, p. 81-91, 1992.

SHIMIZU, Heitor. Uso das mídias sociais na ciência. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, ed. 4668, 20 fev. 2013. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=85888>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

SILVA, Cylon G. da. O que é nanotecnologia? **Com Ciência**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, Campinas, SBPC, Labjor, ed. n. 37, nov. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm>>. Acesso em: 04 out. 2008.

SILVA, Henrique C. da. Debate. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. 1, dez. 2006.

SIQUEIRA, Denise da C. O. **Comunicação e ciência**: estudo de representações e outros pensamentos sobre mídia. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2008. (Coleção Comenius).

STEPHENS, Lowndes F. News Narratives about Nano S&T in Major U.S. and Non-U.S. Newspapers. **Science Communication**, [New York?], v. 27, n. 2, p. 175-199, dec./2005.

STURGIS, Patrick; ALLUM, Nick. Science in society: re-evaluating the deficit model of public attitudes. **Public Understanding of Science**, [London?], v. 13, n. 1, p. 55-74, 2004. Disponível em: <[10.1177/0963662504042690](https://doi.org/10.1177/0963662504042690)>. Acesso em: 17 abr. 2009.

SZMRECSÁNYI, Tamas. Esboços de história econômica da ciência e da tecnologia. In: SOARES, L. C. **Da revolução científica à Big (Business) Science**. São Paulo: Niterói: Hucitec: Eduff, 2001, p. 155-200.

TEIXEIRA, Monica. Pressupostos do jornalismo de ciência no Brasil. In: MASSARANI, Luisa; MOREIRA, Ildeu de C.; BRITO, Fatima (Orgs.). **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, UFRJ, 2002, p. 133-141.

TERUYA, Teresa K. **Trabalho e educação na era midiática: um estudo sobre o mundo do trabalho na era da mídia e seus reflexos na educação**. Maringá/PR: Eduem, 2006. 122 p.

THOMAS, Hernán. Tecnologías sociales y ciudadanía sócio-técnica. Notas para la construcción de la matriz material de um futuro viable. **Ciência & Tecnologia Social**, Brasília/DF, v. 1, n. 1, jul. 2011.

TOME CIÊNCIA. **As muitas formas de educação científica**. [2011]. Disponível em: <http://www.tomeciencia.com.br/229.htm>. Acesso em: 21 jan. 2011.

TRILLA, Jaume. A educação não-formal. In: ARANTES, Valéria A. (Org.); TRILLA, Jaume; GHANEM, Elie. **Educação formal e não-formal: pontos e contrapontos**. São Paulo: Summus, 2008, p. 15-58. (Coleção Pontos e Contrapontos).

TRUEBA, César C. Para romper com la asimetría en la comunicación de la ciencia. In: **Redes**, Buenos Aires, v, 15, n.30, p. 195-216, dic. 2009.

UNESCO – Organização das Nações Unidas Para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Paris Agenda or 12 Recommendations for Media Education**. Paris: 2007. Disponível em: <<http://www.ifap.ru/pr/2007/070625ba.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2012.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Curitiba: UTFPR, 2008. 122 p.

VESSURI, Hebe. The social study of science in Latin America. **Social Studies of Science**, v. 17, n. 3, p. 519-554, 1987.

_____. **O inventamos o erramos. La ciencia como idea-fuerza em América Latina**. 1. ed. Bernal: Univ. Nacional de Quilmes, 2007.

VIEIRA PINTO, Álvaro. **Sete lições sobre educação de adultos**. 5. ed. São Paulo: Autores Associados: Cortez, 1987.

VOGT, Carlos. The spiral of scientific culture. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). **Ciência, tecnologia e sociedade: novos modelos de governança**. Brasília: CGEE, 2005, p. 87-97.

_____. Divulgação e cultura científica. **Com Ciência**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, Campinas/SP, SBPC; Lobjor, n. 100, 10 jul. 2008. (Editorial - Entrevista concedida a Nereide Cerqueira e Marta Kanashiro).

WARSCHAUER, Mark. **Tecnologia e inclusão social: a exclusão digital em debate**. São Paulo: Editora Senac, 2006.

ZAMPONI, Graziela. De códigos e livros: a metáfora como estratégia no gênero de popularização da ciência. **Estudos Linguísticos**, São Paulo, v. 38, n.3, p. 321-333, set./dez. 2009. Disponível em:
<http://www.gel.org.br/estudoslinguisticos/volumes/38/EL_V38N3_25.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2011.

ZOLNERKEVIC, Igor. Papel de nanotubo engorda quando estica: brasileiros explicam como novo material pode servir para músculos artificiais e coletes à prova de balas. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 25 abr. 2008. Folha Ciência, p. A19.

ZOLNERKEVIC, Igor; FERT, Albert. Futuro da eletrônica está no “giro” das partículas, diz Fert: Nobel de Física de 2007 defende a aplicação da física quântica à computação. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 05 ago. 2008. Folha Ciência, p.A14.

Apêndice 1 – Programas *Nanotecnologia do Averso* do ano de 2009

(continua)

Nº	Data	Vinculação Institucional	Formação	Resumo	Tema resumido
1	12.01.2009	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - SP	Ciências Exatas: Química	Nanotecnologia e seus impactos na sociedade, no meio ambiente e na saúde humana.	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
2	19/01/2009	Organização da Sociedade Civil: IIEP - SP	Multidisciplinar: Ensino de Ciências	Nanotecnologia, qualificação profissional, mercado de trabalho, organização dos trabalhadores	Nanotecnologia e trabalho
3	26/01/2009	Instituto de Pesquisa Nacional: IEA/SAA - SP	Ciências Humanas: Ciências Sociais	Relações entre nanotecnologia e agricultura	Nanotecnologia e agricultura
4	02/02/2009	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - SP	Engenharias: Engenharia da Produção	Nanotecnologia, saúde e segurança dos trabalhadores	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
5	09/02/2009	Universidade Estrangeira: Swarthmore Collège dos EUA	Ciências Humanas: História e Filosofia das Ciências	Ciência, tecnociência, democracia, ética e nanotecnologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
6	16/02/2009	Organização da Sociedade Civil: DIESAT	Não informado	Nanotecnologia, saúde do trabalhador e ambiente do trabalho.	Nanotecnologia e trabalho
7	02/03/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Sociais Aplicadas: Economia Política	Políticas públicas em ciência e tecnologia; ciência, tecnologia e sociedade; desenvolvimento da nanotecnologia	Políticas públicas de ciência e tecnologia
8	09/03/2009	Organizações da Sociedade Civil: Sindicato dos químicos do ABC e DIEESE	Ciências Sociais Aplicadas: Economia	Visão sindical sobre as relações entre nanotecnologia, saúde do trabalhador e meio ambiente, bem como ações sindicais a serem implementadas	Nanotecnologia e trabalho
9	16/03/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Humanas: Ciências Sociais	Constituição do sistema de ciência e tecnologia no Brasil, as funções do desenvolvimento da ciência e tecnologia e a financeirização das atividades de pesquisa	Políticas públicas de ciência e tecnologia
10	23/03/2009	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - SP	Ciências Exatas: Química	III ciclo de formação em nanotecnologia para os professores do ensino médio da rede de ensino oficial do Estado de São Paulo. Assunto: nanotecnologia e química	Nanotecnologia e educação escolar

(continua)

Nº	Data	Vinculação Institucional	Formação	Resumo	Tema resumido
11	30/03/2009	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - SP	Engenharias: Engenharia da Produção	III Ciclo de Formação em Nanotecnologia para professores do Ensino Médio da rede oficial de ensino no Estado de São Paulo. Assunto: Nanotecnologia, saúde e segurança no trabalho	Nanotecnologia e educação escolar
12	06/04/2009	Organização da Sociedade Civil: IIEP - SP	Ciências Humanas: Antropologia e Multidisciplinar: Ensino de Ciências	A construção de uma história em quadrinhos sobre nanotecnologia dedicada ao público não especialista	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
13	13/04/2009	Escola de Educação Básica: Escola Técnica Estadual Martin Luther King	Ciências Exatas: Física	Atividades sobre nanotecnologia junto aos estudantes do Ensino Médio	Nanotecnologia e educação escolar
14	20/04/2009	Universidade Nacional: Unicamp	Ciências Exatas: Física	Apresentação do livro "A Encruzilhada da Nanotecnologia – Inovação, Tecnologia e Riscos".	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
15	27/04/2009	Universidade Nacional: Unicamp	Ciências Exatas: Química	Nanotecnologia na área da química e a política brasileira de inovação em nanotecnologia	Políticas públicas de ciência e tecnologia
16	04/05/2009	Organizações da Sociedade Civil: DIEESE e Sindicato Químicos do ABC	Ciências Sociais Aplicadas: Economia	Relações entre economia, tecnologia e nanotecnologia, e conferência no III Ciclo de Formação em Nanotecnologia para os professores do Ensino Médio da rede oficial do Estado de SP.	Nanotecnologia e educação escolar
17	11/05/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Humanas: Educação	Relações entre educação, tecnologia e nanotecnologia	Nanotecnologia e educação escolar
18	18/05/2009	Universidade Estrangeira: Universidade de Carolina do Norte, EUA	Ciências Humanas: Sociologia	As relações entre tecnologia, nanotecnologia e direitos humanos	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
19	25/05/2009	Universidade Nacional: Unicamp	Ciências Exatas: Física	Desenvolvimento de aparelho reprodutor de imagem em tamanho nano e nanoarte	Novos materiais, dispositivos e produtos
20	01/06/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Sociais Aplicadas: Ciências da Comunicação	Historia em quadrinhos e nanotecnologia	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica

(continua)

Nº	Data	Vinculação Institucional	Formação	Resumo	Tema resumido
21	08/06/2009	Organização da Sociedade Civil: Sindicato dos Químicos do ABC	Não informado	2ª Conferência Internacional sobre a Gestão de Produtos Químicos e nanotecnologia	Eventos internacionais
22	15/06/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Humanas: Filosofia	Ética e nanotecnologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
23	22/06/2009	Empresa: Oxiteno do Brasil	Ciências Exatas: Química	Aspectos da nova tecnologia que pode substituir as telas de LCD e plasma.	Novos materiais, dispositivos e produtos
24	29/06/2009	Universidade Nacional: UFABC	Engenharias: Engenharia de Materiais	Nanocompósitos	Novos materiais, dispositivos e produtos
25	06/07/2009	Universidade Nacional: Unicamp	Ciências Exatas: Física	Estudos de nanomateriais existentes e de simulação computacional em nanoestruturas.	Novos materiais, dispositivos e produtos
26	13/07/2009	Rede de Pesquisa: Renanosoma	Ciências Humanas: Ciências Sociais	Produção de conhecimento sobre nanotecnologia pela Rede de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente e I SEMINANOSOMA (2004)	Eventos internacionais
27	20/07/2009	Rede de Pesquisa: Renanosoma	Ciências Humanas: Ciências Sociais	Produção de conhecimento sobre nanotecnologia pela Rede de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente e II SEMINANOSOMA (2005)	Eventos internacionais
28	27/07/2009	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - RS	Ciências Sociais Aplicadas: Administração	Nanotecnologia e sua divulgação através de histórias em quadrinhos - Avaliação da HQ I	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
29	03/08/2009	Organizações da Sociedade Civil: IIEP e DIEESE	Ciências Humanas: Antropologia e Não informado	Nanotecnologia e sua divulgação através de histórias em quadrinhos - processo de produção da HQ II	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
30	10/08/2009	Universidade Estrangeira: Universidade de Lisboa	Ciências Humanas: Ciências Sociais	Implicações sociais e políticas da nanotecnologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
31	17/08/2009	Universidade Nacional: UFABC	Ciências Exatas: Física	As propriedades dos nanossistemas do ponto de vista teórico, ou seja, o campo da simulação computacional de nanomateriais e nanoestruturas para dar suporte aos grupos de pesquisa experimental	Novos materiais, dispositivos e produtos

(continua)

Nº	Data	Vinculação Institucional	Formação	Resumo	Tema resumido
32	24/08/2009	Universidade e Instituto de Pesquisa Nacional: USP e Instituto do Coração	Ciências da Saúde: Medicina	Nanotecnologia e implicações para a saúde	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
33	31/08/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Exatas: Física	Pesquisa básica e experimental sobre os fenômenos em escala nanométrica e algumas de suas aplicações	Novos materiais, dispositivos e produtos
34	07/09/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Exatas: Física	Pesquisa básica e experimental de propriedades de novos materiais e produção de dispositivos	Novos materiais, dispositivos e produtos
35	14/09/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Exatas: Ciências - Física	A exploração das propriedades exóticas que os materiais apresentam em escala nanométrica	Novos materiais, dispositivos e produtos
36	21/09/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Sociais Aplicadas: Ciências da Comunicação	Produção de história em quadrinhos sobre nanotecnologia e o Seminário sobre Nanotecnologia e História em Quadrinhos de 22/09/2009	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
37	28/09/2009	Rede de Pesquisa: Renanosoma	Ciências Humanas: Ciências Sociais	Paulo Martins apresenta a programação do IV SEMINANOSOMA	Eventos internacionais
38	05/10/2009	Universidade Nacional: UFSCar	Ciências Humanas: Ciências Sociais	A inovação tecnológica, agenda de pesquisa em nanotecnologia e o contexto social	Políticas públicas de ciência e tecnologia
39	12/10/2009	Escola de Educação Básica: Escola Técnica Estadual Martin Luther King	Ciências Exatas: Física	Avaliação de um curso extra-curricular realizado com alunos de uma escola técnica de ensino médio sobre a introdução de conceitos de nanotecnologia e engajamento público	Nanotecnologia e educação escolar
40	19/10/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Sociais Aplicadas: Ciências da Comunicação	Análise das formas de protagonismo, interação e cidadania em contextos colaborativos digitais	Nanotecnologia e educação não-escolar: espaços de participação
41	26/10/2009	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - SP	Ciências Exatas: Química e Engenharias: Engenharia da produção	Relato sobre o que ocorreu no VI Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, realizado em Manaus de 20 a 22 de Outubro de 2009	Eventos internacionais

(conclusão)

Nº	Data	Vinculação Institucional	Formação	Resumo	Tema resumido
41	26/10/2009	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - SP	Ciências Exatas: Química e Engenharias: Engenharia da produção	Relato sobre o que ocorreu no VI Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, realizado em Manaus de 20 a 22 de Outubro de 2009	Eventos internacionais
42	09/11/2009	Rede de Pesquisa: Renanosoma	Ciências Humanas: Ciências Sociais	Aborda o que ocorreu em Seminário sobre nanotecnologias ocorrido em Washington, de 4 a 6 de novembro de 2009	Eventos internacionais
43	16/11/2009	Universidade Nacional: USP	Ciências Humanas: Sociologia	Apresentação de dissertação sobre o desenvolvimento da nanotecnologia na Unicamp e Embrapa, analisando condicionamentos da organização capitalista da sociedade à produção da ciência e ao trabalho científico	Nanotecnologia e trabalho
44	-	-	-	-	-
45	30/11/2009	Universidade Nacional: UFABC	Multidisciplinar: Nanociências e Materiais Avançados	Apresentação de dissertação com o tema da abordagem interdisciplinar nas nanociências e nanotecnologias: benefícios e riscos	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
46	07/12/2009	Escola de Educação Básica: Escola Técnica Estadual Martin Luther King	Ciências Exatas: Física	Uma professora e seus alunos comentam sobre nanotecnologia apresentando suas experiências de ensino-aprendizagem sobre este tema.	Nanotecnologia e educação escolar
47	21/12/2009	Organizações da Sociedade Civil: ONG Artigo 19	Ciências Humanas: Relações Internacionais	Direito a informação e a informação sobre nanotecnologias	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas disponíveis em <<http://nanotecnologiadoavesso.org/>>, 2013.

Apêndice 2 – Programas *Nanotecnologia do Averso* do ano de 2010

(continua)

Nº	Data	Instituição	Formação	Tema	Tema resumido
48	12/01/2010	Universidade Nacional: PUC-SP	Ciências Humanas: Ciências Sociais	O vídeo não está disponível na íntegra. A parte disponível aborda a análise crítica da ideia de progresso.	Nanotecnologia e trabalho
49	26/01/2010	Não informado	Ciências Humanas: Filosofia	Relações entre homem - natureza e tecnologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
50	02/02/2010	Instituto de Pesquisa Nacional: IEA/SAA - SP	Ciências Humanas: Ciências Sociais	Nanotecnologia e agricultura - na edição comemorativa de um ano do programa	Nanotecnologia e agricultura
51	-	-	-	-	-
52	-	-	-	-	-
53	23/02/2010	Universidade Nacional: USP	Ciências Humanas: História e Filosofia da Ciência	Aspectos filosóficos da física quântica	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
54	02/03/2010	Universidade Nacional: FATEC/UNICAMP	Ciências Biológicas: Genética e Bioquímica (Biologia Molecular)	Nanotoxicologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
55	-	-	-	-	-
56	16/03/2010	Organizações da Sociedade Civil: DIEESE e Marcha Mundial das Mulheres	Ciências Humanas: Ciência Política e Não Informado	Gênero, tecnologia e nanotecnologia	Nanotecnologia e trabalho
57	15/03/2010	Organização da Sociedade Civil: Friends of the Earth, EUA	Ciências Humanas: Ciência Política	Biologia sintética e suas relações com a nanotecnologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
58	22/03/2010	-	-	-	-
59	06/04/2010	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - SP	Não informado	Reunião Internacional da Jamaica sobre segurança química e nanotecnologia	Eventos internacionais
60	-	-	-	-	-
61	12/04/2010	-	-	-	-
62	19/04/2010	-	-	-	-

(continua)

Nº	Data	Instituição	Formação	Tema	Tema resumido
63	26/04/2010	Organizações da Sociedade Civil: Sindicato dos Trab. da Ind. Química do ABC e Rede dos Trab. da BASF	Não informado	Análise do curso Nanotecnologia e os Trabalhadores, realizado em 13 e 14 de abril na Fundacentro	Nanotecnologia e trabalho
64	03/05/2010	Instituto de Pesquisa Nacional: IEA/SAA - SP	Ciências Humanas: Ciências Sociais	O II Relatório Anual do Observatório Nano, da União Europeia, e as questões relativas à nanotecnologia e alimentos	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
65	10/05/2010	-	-	-	-
66	25/05/2010	Organização da Sociedade Civil: Rede de trabalhadores da AkzoNobel e Sindicato dos Químicos do ABC	Ciências Sociais Aplicadas: Economia	A articulação dos trabalhadores da multinacional AkzoNobel (empresa de fabricação de tintas, vernizes e química) em rede, a obtenção de informações sobre o uso de nanocomponentes no processo industrial e a saúde dos trabalhadores	Nanotecnologia e trabalho
67	01/06/2010	Universidade Nacional: UFMG	Ciências Exatas: Física	Aspectos do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil, em especial as pesquisas, aplicações e riscos dos nanotubos de carbono	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
68	08/06/2010	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - SP	Ciências Exatas: Química e Engenharias: Engenharia da Produção	Avaliação do I Simpósio internacional sobre os impactos da nanotecnologia na saúde dos trabalhadores e sobre o meio ambiente, realizado em São Paulo, de 25 a 27/05/2010	Eventos internacionais
69	15/06/2010	Instituto de Pesquisa Nacional: Escola Nacional de Saúde Pública - FIOCRUZ	Ciências da Saúde: Saúde Pública	Nanotoxicologia, regulação e engajamento público	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
70	22/06/2010	Universidade e Instituto de Pesquisa Nacional: UFSCar e IEA/SAA-SP	Multidisciplinar: Meio Ambiente e Desenvolvimento e Ciências Humanas: Ciências Sociais	Os padrões da produção agrícola (agroecologia / agronegócio) e suas conexões com a nanotecnologia	Nanotecnologia e agricultura
71	29/06/2010	Organizações da Sociedade Civil: DIEESE, sub-seção do Sindicato Químicos do ABC e IIEP	Não informado e Ciências Humanas: Antropologia	Apresentam e discutem a história em quadrinhos número 2, produzida em maio de 2010 e destinada aos trabalhadores do ramo químico	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica

(continua)

Nº	Data	Instituição	Formação	Tema	Tema resumido
72	06/07/2010	Organização da Sociedade Civil: Friends of Earth, Austrália	Multidisciplinar: Ciências Ambientais	Apresenta sua visão sobre Seminário Internacional organizado pela FAO / Embrapa sobre nanotecnologia e agricultura. Aborda também o tema nanoalimentos e nanocosméticos	Eventos internacionais
73	13/07/2010	Universidade Nacional: Unicamp	Ciências Humanas: Ciências Sociais	Nanotecnologia e corpo humano	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
74	20/07/2010	Universidade Nacional: Unicamp	Ciências Exatas: Física	Seminário sobre nanotoxicologia realizado no dia 11 de junho de 2010	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
75	27/07/2010	Empresa: Nanox	Multidisciplinar: Tecnologia de Materiais	O nascimento da empresa Nanox, suas linhas de pesquisas, seus mercados e ações em saúde e segurança do trabalho	Nanotecnologia e trabalho
76	03/08/2010	Organização da Sociedade Civil: DIEESE e Universidade Nacional: Unicamp	Não Informado e Ciências Sociais Aplicadas: Desenvolvimento Econômico e História Econômica	Discutem modelos de desenvolvimento, ciência e tecnologia e nanotecnologia	Políticas públicas de ciência e tecnologia
77	10/08/2010	Organizações da Sociedade Civil: IIEP; Instituto Nacional de Pesquisa: Fundacentro - SP e IEA/SAA	Não informado, Ciências Exatas: Química e Ciências Humanas: Ciências Sociais	Projeto IIEP sobre nanotecnologia para trabalhadores rurais e extencionistas	Nanotecnologia e trabalho
78	17/08/2010	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundação Amazônica de Defesa da Biosfera	Ciências Humanas: Sociologia	O desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil na perspectiva dos Estudos Sociais de Ciência e Tecnologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
79	24/08/2010	Universidade Estrangeira: Universidade do Minho, Portugal	Não informado	Relações entre fontes de energia e nanotecnologia e como a imprensa portuguesa apresentou a nanotecnologia entre os anos de 2004 a 2008	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
80	31/08/2010	Universidade Estrangeira: Universidade Darmstadt, Alemanha	Ciências Humanas: Filosofia e história da ciência	Nanotecnologia verde	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas

(continua)

Nº	Data	Instituição	Formação	Tema	Tema resumido
81	07/09/2010	Univesidade Estrangeira: Universidade de Darmstadt, Alemanha	Ciências Humanas: Filosofia	Discute a sociedade como laboratório de pesquisa em nanotecnologia, a questão dos riscos e da regulamentação da nanotecnologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
82	14/09/2010	Universidade Estrangeira: Universidade Paris 1	Ciências Humanas: História da Ciência	A experiência francesa na realização de debates públicos sobre nanotecnologia	Políticas públicas de ciência e tecnologia
83	21/09/2010	Instituto de Pesquisa Estrangeiro: Centre national de la Recherche Scientifique (CNRS) - França	Ciências Humanas: Sociologia da Ciência e Sociologia	Como estudar uma empresa start-up	Nanotecnologia e trabalho
84	28/09/2010	Instituto de Pesquisa Estrangeiro: Malsch TechnoValuation	Ciências Exatas: Física	Projeto direitos, paz e nanotecnologia, financiado pelo governo da Holanda	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
85	05/10/2010	Universidade Nacional: USP	Engenharias: Engenharia da Produção	Nanotecnologia, saúde do trabalhador e ambiente do trabalho	Nanotecnologia e trabalho
86	12/10/2010	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundacentro - SP	Ciências Exatas: Química	Apresentação de pesquisa de pós-doutorado na Alemanha sobre nanotecnologia e proteção do trabalhador, regulamentação e medidas de proteção	Nanotecnologia e trabalho
87	19/10/2010	Não informado	Ciências Humanas: Filosofia	Nanotecnologia, pós-humano e o mito do Édipo	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
88	26/10/2010	Universidade Nacional: Unisinos	Ciências Sociais Aplicadas: Direito	“Os Direitos Humanos” e o “fascínio da Criatividade”, a busca de justificativas éticas para a regulamentação das pesquisas e dos resultados com o emprego das nanotecnologias	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas

(conclusão)

Nº	Data	Instituição	Formação	Tema	Tema resumido
89	02/11/2010	Universidade Nacional: USP	Engenharias: Engenharia Metalúrgica	Nanotecnologia , saúde, segurança e ambiente do trabalho	Nanotecnologia e trabalho
90	09/11/2010	Rede de Pesquisa: Renanosoma	Não informado	Apresentação do livro "Nanotecnologias: Zênit ou Nadir?"	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
91	16/11/2010	Instituto de Pesquisa Nacional: Escola Nacional de Saúde Pública - FIOCRUZ	Ciências da Saúde: Saúde Pública	VII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente - VII SEMINANOSOMA	Eventos internacionais
92	23/11/2010	Instituto de Pesquisa Nacional: Fundação Amazônica de Defesa da Biosfera	Ciências Humanas: Sociologia	Avaliação do VII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente - VII SEMINANOSOMA, realizado no Rio de Janeiro, de 10 a 12 de novembro de 2010	Eventos internacionais
93	30/11/2010	Universidade Estrangeira: Universidade da Carolina do Norte, EUA	Linguística, Letras e Artes: Literatura germânica	As relações entre humanidade e tecnologia e cultura alemã e nanotecnologia	Nanotecnologia, riscos e implicações sociais, legais e éticas
94	07/12/2010	Organização da Sociedade Civil: IIEP - SP	Ciências Humanas: Antropologia	A construção da história em quadrinhos número 3 dedicada aos trabalhadores rurais	Nanotecnologia e educação não-escolar: divulgação científica
95	14/12/2010	Organização da Sociedade Civil: Sindicato dos trabalhadores nas indústrias químicas [...] de Guarulhos	Não informado	Nanotecnologia, mundo do trabalho e negociação coletiva	Nanotecnologia e trabalho

Fonte: Elaborado pela autora com base nos programas disponíveis em <<http://nanotecnologiadoavesso.org/>>, 2013.