

NANOTECNOLOGIA , SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE NO BRASIL: PERSPECTIVAS E DESAFIOS

Paulo Roberto Martins (¹)

1 RESUMO

O projeto visa traçar o desenvolvimento recente e perspectivas da nanotecnologia no Brasil, bem como, captar qual o entendimento que as atuais lideranças científicas, empresariais, trabalhistas , gerenciais de C&T, meio ambiente e gestão estratégica no âmbito do aparelho do Estado e entidades defensoras de direitos difusos da sociedade, envolvidas neste processo , têm sobre as relações entre nanotecnologia, sociedade e meio ambiente.

2 APRESENTAÇÃO

Em sua introdução , o documento oficial intitulado “Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia “produzido pelo grupo de trabalho criado pela portaria MCT n.252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia do PPA 2004-2007, no qual afirma que

“A Nanotecnologia é hoje um dos principais focos das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação em todos os países industrializados. Os investimentos na área têm sido crescentes e atingiram, mundialmente, um valor de 5 bilhões de dólares em 2002ⁱ. Já há alguns produtos industriais nanotecnológicos e o seu número aumenta rapidamente. Estima-se que, de 2010 a 2015, o mercado mundial para materiais, produtos e processos industriais baseados em nanotecnologia será de 1 trilhão de dólaresⁱⁱ.

Nanotecnologia é o conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação que são obtidas graças às especiais propriedades da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões nanométricas. Tais propriedades foram intuídas há dois séculosⁱⁱⁱ, tendo sido extensamente exploradas em algumas tecnologias bem estabelecidas^{iv}. No entanto, o atual surto de desenvolvimento científico na área é muito recente^v. Muitos consideram como ponto inicial da Nanotecnologia a palestra proferida por Richard Feynman^{vi} em 1959, na qual sugeriu que um dia seria possível manipular átomos individualmente, uma idéia revolucionária na época. Em 1981, foi criado o microscópio de tunelamento, que permitiu obter imagens de átomos em uma superfície. Já a possibilidade de mover átomos individualmente foi demonstrada em 1990, quando pesquisadores americanos escreveram o logotipo IBM ao posicionarem átomos de xenônio sobre uma superfície de níquel. Desde então, o domínio científico e tecnológico da escala nanométrica está passando por um surto de crescimento graças a novas ferramentas de pesquisa e a desenvolvimentos experimentais e teóricos. Disto resultam novos produtos e processos industriais em um ritmo extremamente acelerado. Estão surgindo classes inteiramente novas de dispositivos e sistemas micro e nanofabricados. Esta nova situação parece indicar um novo salto da civilização tecnológica, porque oferece oportunidades científicas e industriais que eram impensáveis, até agora.

¹ Sociólogo, Mestre em Desenvolvimento Agrícola, Dr. Em Ciências Súcias, Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT, Presidente do Sindicato dos Sociólogos do Estado de S. Paulo SINSESP email marpaulo@uol.com.br

Um número crescente de nanoestruturas está sendo gerado, seja pela redução das dimensões de estruturas maiores, seja pela formação de estruturas supramoleculares bem definidas, cada vez mais complexas e capazes de desempenhar funções também complexas. Em adição, novos conceitos e estruturas vêm sendo desenvolvidos. Na verdade, não se trata de uma descontinuidade tecnológica ou de uma nova tecnologia radicalmente nova, mas sim de uma acelerada evolução do conhecimento e do domínio humano sobre a matéria^{vii}.”⁽²⁾

É preciso ressaltar que a nanotecnologia faz parte do grupo de tecnologias que encontram-se em processo de convergência. Estas são a Tecnologia da Informação (Bits) Nanotecnologia (Átomos) Neurociência Cognitiva (Neurônios) Biotecnologia (Genes). tomando-se as iniciais, podemos dizer que a “BANG TEORIA” procura demonstrar a convergência entre estas tecnologias, suas sinergias, seus potenciais de inovações e transformações. Quando as consideramos todas juntas estamos nos referindo a questão de estender o controle humano a todos os objetos, a vida, ao conhecimento. Isto traz importantes impactos sociais, políticos e ambientais para a sociedade que vivemos.

É de fundamental importância para a sociedade brasileira que as opções tecnológicas a serem assumidas pelo país sejam debatidas não só pelos especialistas, cientistas e tecnólogos. Nas palavras de Laymert Gracia dos Santos, autor de Politizar as Novas Tecnologias – O impacto socio-técnico da informação digital e genética “Há uma necessidade em todos os tipos de sociedade de colocar em discussão não mais só os efeitos das inovações da tecnociência, mas também as opções que são feitas, e uma necessidade de subtrair esse debate do terreno exclusivo dos especialistas e, principalmente, só dos cientistas e dos tecnólogos. Isto já ficou claro em muitas sociedades, principalmente nos países mais avançados – já ficou clara a necessidade de a sociedade se pronunciar a respeito das opções que os cientistas e os tecnólogos tomam com relação às novas tecnologias.” (Folha de S. Paulo, Caderno Mais, 9/11/2003, p.8)

² Estimativa da Fundação Nacional de Ciências (NSF) dos E.U.A. (www.nsf.gov). Aproximadamente US\$300 bilhões em eletrônica, US\$340 bilhões em materiais além da parte de síntese química e US\$180 bilhões em produtos farmacêuticos. Estima-se que serão criados, mundialmente, 2 milhões de postos de trabalho na área.

² Faraday atribuiu as diferenças de cor entre amostras de ouro coloidal (do azul até a “púrpura de Cassius”) a diferenças de tamanho entre as suas partículas. Hoje, sabe-se que são partículas nanométricas e as menores são vermelhas.

² Grande parte do transporte de pessoas e mercadorias depende de pneus, cujas propriedades dependem muito criticamente de partículas nanométricas de carbono, o “negro de fumo”.

² A manipulação direta da matéria em escala nanométrica exige um de dois tipos de abordagens básicas: i) aquelas usadas na síntese química e na criação de estruturas supramoleculares, que foram grandemente aperfeiçoadas durante o século 20; ii) a existência de elementos de máquinas capazes de executarem movimentos com precisão de nanômetros ou menos, o que se tornou viável graças aos muitos aperfeiçoamentos dos materiais piezoelétricos (descobertos em 1880 por Pierre e Paul-Jacques Curie e que hoje permitem a execução de deslocamentos com uma precisão de centésimos de nanômetros), bem como pelo uso e aperfeiçoamento de técnicas de feixes de elétrons e de íons.

² “There’s Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics”. Palestra proferida na reunião anual da American Physical Society, em 29 de dezembro de 1959. In Engineering and Science, Caltech, 22 de fevereiro de 1960 (ver www.zyvex.com/nanotech/feynman.html).

² Como exemplo, tomamos o dispositivo da “língua eletrônica”. Este dispositivo reúne e explora dois conceitos: a membrana quimicamente seletiva e a microfabricação (www.comciencia.br/noticias/21dez01/lingua.htm).

² MCT Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia. Capturado no [URL: http://: www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br) em 20/11/2003. P.1

Nesta mesma direção está a compreensão da National Science Foundation entidade de amparo a pesquisa do governo norte americano. Em um tópico intitulado “Com um olho no futuro” a referida entidade expressa que “Nanotecnologia irá fundamentalmente transformar a ciência, tecnologia e a sociedade. Em 10 a 20 anos significativa parte da produção industrial relativa a saúde e meio ambiente será mudada por esta nova tecnologia. Crescimento econômico, oportunidades pessoais, desenvolvimento sustentável e preservação ambiental serão afetados. Para se ter todas as vantagens desta nova tecnologia, toda a comunidade científica e tecnológica deve envolver todos os seus componentes, incluindo o público em geral” National Science Foundation NSET Workshop report Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology. Edited by Mihail C. Rocco and William Sims Bainbridge, Mach 2001, Arlington, Virginia , p.19

Portanto, a nanotecnologia existe neste contexto de desenvolvimento concomitante de outras tecnologias que estão se influenciando mutuamente , levando a construção de áreas de intersecção de conhecimentos e de aplicação que potencializam o já elevado potencial de transformação que cada tecnologia em si já nos mostra. Se faz necessário ressaltar este impacto coletivo no campo social, político e ambiental a que a sociedade que vivemos esta sofrendo e que a nanotecnologia é parte integrante

3 DELIMITAÇÃO DO OBJETO

O objeto desta pesquisa é composto pelas lideranças de cinco segmentos sociais envolvidas direta ou indiretamente com a nanotecnologia no Brasil, a saber:

- a) lideranças de pesquisadores envolvidas na produção de nanociência e nanotecnologia no Brasil;
- b) lideranças gerenciais de ciência e tecnologia, meio ambiente e gestão estratégica no âmbito do aparelho do Estado no Brasil;
- c) lideranças de empresas de base tecnológica em nanotecnologia existentes no Brasil;
- d) lideranças de sindicato de trabalhadores e/ou centrais sindicais brasileiras;
- e) lideranças de ongs que atuam na defesa de interesses difusos da sociedade brasileira.

O grau de abrangência da pesquisa será o Brasil como um todo, embora a maioria destas lideranças estejam na região sudeste e em Brasília.

4 OBJETIVOS

Os objetivos deste projeto são

- 1) Apresentar o desenvolvimento recente e as perspectivas da nanotecnologia no Brasil
- 2) Mapear as empresas de base tecnológica em nanotecnologia já existentes e aquelas ainda em processo de incubação. Identificar os produtos oferecidos e mercados atingidos.
- 3) Identificar a compreensão que cada segmento social pesquisado tem das relações ente nanotecnologia, sociedade e meio ambiente em termos dos impactos que ocorrerão quando da adoção desta tecnologia.
- 4) Propor diretrizes para políticas públicas no que toca as interrelações ente nanotecnologia, sociedade e meio ambiente

5. CONTEXTO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Segundo o documento do MCT já citado sobre nanociência e nanotecnologia “Existe hoje uma produção científica significativa no Brasil, nos temas de manipulação de nano-objetos, nanoeletrônica, nanomagnetismo, nanoquímica e nanobiotecnologia, incluindo os nanofármacos, a nanocatálise e as estruturas nanopoliméricas^{viii}. Também há uma produção tecnológica representada por patentes e há projetos sendo executados por empresas, isoladamente ou em cooperação com universidades ou institutos de pesquisa.

Isto evidencia a existência de um lastro significativo de competências e infra-estruturas, que está sendo mobilizado pelas atividades de nanotecnologia. Todas as diversas áreas disciplinares^{ix} que contribuem para a nanotecnologia têm um razoável nível de desenvolvimento no país e de inserção internacional, o que é um dos principais lastros requeridos por um programa de nanotecnologia.

A aplicação de alguns resultados poderá ocorrer dentro de poucos anos, mas em outros casos será mais remota, como ocorre no cenário internacional.

Algumas atividades como a nanofabricação, apesar de apresentarem grandes perspectivas de geração de produtos e aplicações, estão atualmente limitadas ao meio acadêmico, em algumas universidades e centros de pesquisa que realizam pesquisa e desenvolvimento de técnicas de fabricação, análise e aplicações em dispositivos eletrônicos, sensores, peneiras, canais para fluídica e membranas.”⁽³⁾

Se no campo das ciências exatas e biológicas já temos grandes avanços, o mesmo não podemos dizer no campo das ciências humanas. Aqui ainda nem iniciamos nossos estudos que visam avaliar os impactos sociais, políticos e ambientais produzidos pela nanotecnologia no país.

Os gestores de C&T ligados a esta área do conhecimentos e os pesquisadores envolvidos na produção de Nanotecnologia e Nanociência são oriundos apenas das ciências exatas e biológicas. Os documentos produzidos por estes profissionais apontam apenas para a produção científica e sua relação com as possíveis aplicações industriais. Estes documentos não contêm nenhuma referencia, preocupações relativas as inter-relações entre nanotecnologia, sociedade e meio ambiente. É na sociedade e no meio ambiente que irão se materializar os impactos da adoção desta tecnologia. E será fundamentado nas ciências humanas que estes impactos deverão ser estudados

6 JUSTIFICATIVAS

Vários são os aspectos que justificam o estudo aqui proposto. Dentre eles selecionamos.

A) Importância Econômica

Segundo o boletim eletrônico dedicado a inovação, chamado Inovação Unicamp, em sua edição de 26/1/2004, edição especial de dedicada a nanotecnologia “A indústria mundial está animada com a Nanotecnologia. Somente em 2003 o investimento na área deve ser de US\$ 3 bilhões segundo um relatório

³ MCT Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia. Capturado no [URL: http://:www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br) em 20/11/2003. P.2

feito pela Lux Venture Capital, um fundo de capital de risco americano especializado em investimentos na área. Já em 2015, o mercado global de produtos ligados à Nanotecnologia será de US\$ 1 trilhão segundo a National Science Foundation (NSF) dos EUA. Somente nos Estados Unidos, a Iniciativa Nacional em Nanotecnologia (National Nanotechnology Initiative, NNI) investiu US\$ 604 milhões em 2002, US\$ 710 milhões em 2003 e o orçamento de 2004, já pedido ao Congresso americano, está em US\$ 849 milhões. Se concretizado, o crescimento nos últimos dois anos terá sido de quase 20% ao ano, uma taxa muito grande mesmo para padrões americanos.

O potencial da Nanotecnologia reflete-se também nas ações e palavras de executivos-chefes de empresas como General Electric e Dell. Em uma conferência patrocinada mês passado pelo MIT e pela revista americana *Technology Review*, Jeff Immelt, executivo-chefe da GE, disse que sua empresa vai concentrar seus esforços em pesquisa e desenvolvimento em três áreas. Uma delas: Nanotecnologia. Nas palavras de Immelt durante a conferência "o material de nossos produtos faz as turbinas a jato mais poderosas, os sistemas de imagem mais precisos e turbinas em geral mais eficientes. Nano(tecnologia) tem o potencial de abrir a porta para propriedades totalmente novas dos materiais que não conseguíamos alcançar." Na mesma conferência, Michael Dell, executivo-chefe da Dell, quando perguntado em que área investiria se começasse um negócio hoje, respondeu: nanomateriais. Em depoimento ao Senado norte-americano em 2002, o pesquisador Stanley Williams (Leia em Íntegras), que lidera a pesquisa em Nanociências dentro dos laboratórios da Hewlett Packard, afirmou que os produtos ligados à Nanotecnologia geraram, em 2002, cerca de US\$ 116 bilhões.

Ter empresas tão diferentes como GE e Dell apostando na mesma área mostra também a abrangência das possíveis aplicações da Nanotecnologia. Segundo o NSF, ela deve atingir da Tecnologia da Informação, com a criação de computadores quânticos, à Medicina, com a melhoria de sistemas para levar drogas e genes até pontos específicos do corpo e a criação de sensores para detectar doenças. O modelo americano para manter o país na liderança da Nanotecnologia aposta na criação de centros que incluem, entre outros, o Nanobiotechnology Center da Universidade de Cornell, que recebeu US\$ 56 milhões da NSF, por um período de cinco anos, para estudar a criação de nanoferramentas para biologia celular e molecular; e seis Centros para Pesquisa em Nanoescala (Center for Nanoscale Research), cada um com uma média de US\$ 10 milhões, também por cinco anos, que estudarão de novos materiais e aplicativos na computação até novos sensores químicos e biológicos.”⁽⁴⁾

Na avaliação do MCT “A Nanotecnologia já encontra ou deve vir a encontrar aplicações em praticamente todos os setores industriais e de serviços. Há aplicações de grande escala como os nanocompósitos poliméricos, produzidos a partir de *commodities* como os termoplásticos e as argilas, ao lado de produtos fabricados em quantidades reduzidas, mas com elevado valor agregado e criados para as tecnologias de informação e de telecomunicações.

⁴ Inovação Unicamp. Investimentos dos USA anima empresas; Brasil faz planos. Edição especial nanotecnologia. Capturado no URL <http://www.inovacao.unicamp.br/especial/nanotech/news-investimento.htm> em 27/01/04

A multiplicidade de aplicações é percebida ao examinar diferentes programas nacionais ou multinacionais de nanotecnologia, que revelam os diferentes modos de classificação dos temas, dos objetivos e das facilidades experimentais necessárias^x.

A concretização de novas aplicações deve ocorrer em prazos curtos (2-3 anos) mas em alguns casos estima-se que ela demandará dez ou mais anos.”⁽⁵⁾

Portanto, a sociedade e aqueles que elaboram as políticas de desenvolvimento científico e tecnológico devem estar atento agora ,pois, pode-se se prever que:

- 1) Por volta de 2005 a nanotecnologia irá atrair mais interesses e controvérsias que a biotecnologia, cujo exemplo dos transgenicos, no caso brasileiro, aponta para uma ação de antecipada por parte dos “policemarkers” no sentido de que a sociedade possa fazer uma discussão mais qualificada sobre o tema.;
- 2) Por volta de 2010 a nanotecnologia será o fator determinante de lucratividade de inúmeros setores industriais importantes da economia ;
- 3) Por volta de 2015 aqueles que controlarem a nanotecnologia serão os grandes”players” em termos de economia mundial.

B) Importância Tecnológica

O processo de transformações tecnológicas sofre uma mudança de qualidade significativa na última década do século XX. A nanotecnologia teve um papel fundamental neste evento. Ao trabalhar ao nível atômico, onde a matéria se comporta de forma distinta quando comparada com escalas maiores. A nanotecnologia contribui para tornar cada vez mais singelas as diferenças entre setores industriais clássicos , bem como, entre o que é natural e o que sintético.

A importância tecnológica pode ser demonstrada por uma de suas especialidade – nanobiotecnologia – que é um passo a frente em relação a biotecnologia. Esta já tinha rompido a barreira das espécies e consolidado a chamada ‘indústria da vida’ começando a comercializa-la. A nanotecnologia tem como meta ir alem., combinando as capacidades não biológicas da matéria inorgânica (como condutividade elétrica e força), com as capacidades do biomaterial (auto-reprocução, auto-reparação, adaptabilidade). Portanto, trata-se de desenhar e fundir materiais vivos e não vivos, materializados num organismo híbrido, previsível, controlável e que façam o trabalho das máquinas, sendo comercialmente viáveis.

O caminho percorrido por esta industria nascente de nanotecnologia e o de buscar novas formas em que possa vir a servir as necessidades das indústrias e ao faze-lo estará implantando uma nova revolução industrial que irá reestruturar toda base produtiva, com repercussões maiores que a informática proporcionou no passado recente.

⁵ MCT Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia. Capturado no [URL: http://: www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br) em 20/11/2003. P.1-2

As promessas de manipulação em nanoescala de materiais biológicos que agora são possíveis num curto prazo segundo cientistas passam por: ‘

- 1) Manufaturar ADN sintético a partir de la ‘huella digital’ proveída por un organismo natural;
- 2) Usar el ADN sintético para crear organismos vivos únicos;
- 3) Construir nuevos aminoácidos artificiales que pueden transformar-se en proteínas únicas;
- 4) Agregar una Quinta letra ao ADN (A, C, T, G y ahora ‘F’) de modo que se incremente la diversidad potencial (o destrutividad) de la vida
- 5) ‘Escribir’ el código de ADN a la manera em que los programadores escriben software
- 6) Usar ADN para construir nano máquinas capaces de autoensamblage exponencial
- 7) Disenhar el autoensamblage exponencial de nano máquinas que pueden llegar a contruir-se en motores, pistones, pinzas, etcétera, em procesos fabriles’ ⁽⁶⁾

C) A importância social

A tecnociência e sua velocidade, que tem sido a base do atual modo de acumulação do capital global, é certamente a responsável por este marco na história da humanidade que é o poder de juntar, recombinar, inserir e costurar matéria viva com não vivas. Isto significa que novas relações sociais e de poder estão sendo estabelecidas em nossas sociedades. Novas exclusões de pessoas, povos, culturas são realizadas em um mundo onde se nega a qualificação de humano, social e comum. ⁽⁷⁾

A hegemonia das corporações tem se sobreposto aos governos e estados nacionais, erodindo assim a soberania destes estados e ameaçando a sua segurança, inclusive a alimentar. Nestas circunstâncias, a democracia está ameaçada, a diversidade destruída bem como os direitos humanos não são respeitados.

Ao atingir todos estes setores certamente estará implicando mudanças significativas na sociedade e meio ambiente em que estas atividades produtivas se desenvolvem. É preciso que identifiquemos, de preferência, a priori, quem serão os vencedores e perdedores, do ponto de vista social, político, ético, cultural e ambiental. Só assim, será viável alterações de rotas e dinâmicas para que possa se alcançar a melhoria da qualidade de vida da população, concomitantemente com a melhoria da qualidade ambiental do território brasileiro onde se materializa o desenvolvimento econômico que vem com a adoção da nanotecnologia.

D) Importância teórica

A teoria social tem procurado dar conta da relação entre sociedade, tecnologia, e natureza. O desenvolvimento da tecnociência e da sociedade capitalista industrial tem colocado novos desafios a teoria social no sentido de incorporar as variáveis tecnologia e meio ambiente em seu corpo teórico.

⁶ ETCgroup Nanotecnologia sin plaga!!!! Communiqué n.80 Julio/Agosto de 2003, p.5

⁷ Compartilhamos aqui da mesma compreensão expressa por Laymert Garcia dos Santos no Subprojeto 9 "Biotecnologia, biodiversidade: passagem para o molecular global" que faz parte do projeto temático "Cidadania e Democracia: o pensamento nas rupturas da política" executado pelo Nedic/USP e financiado pela FAPESP.

A teoria social é aqui compreendida como um grande "guarda chuva" onde estão reunidos vários conhecimentos disciplinares produzidos ao longo de séculos cujo objetivo é proporcionar uma análise científica da realidade social, explicar os fenômenos sociais, oferecer justificativas à conservação ou mudança social.

A moderna teoria social tem analisado o impacto da sociedade capitalista industrial de corte liberal/neoliberal, política e economicamente hegemônica. Exatamente neste contexto é que entra a contribuição da sociologia para articular as relações entre teoria social, tecnologia e meio ambiente para que tenhamos uma compreensão do papel condutor da tecnociência e das grandes corporações que constituem a "indústria science based" na construção de uma nova etapa desta sociedade capitalista e na construção de uma "nova natureza" materializada nos organismos geneticamente modificados e/ou atômica e molecularmente concebidos..

Este trabalho pretende dar uma contribuição teórica, utilizando-se de conhecimentos incorporados nas disciplinas em construção denominadas de sociologia ambiental e sociologia da tecnologia, para que a teoria social possa melhor incorporar as variáveis tecnologia e meio ambiente em suas análises.

A dimensão escolhida da teoria social será a prospectiva. Essa dimensão não somente apresenta os caminhos trilhados pela sociedade, mas também aqueles que podem se constituir como opções, enquanto novos caminhos a serem percorridos. O olhar será no sentido da transformação do atual modelo de desenvolvimento insustentável para a sociedade em que vivemos e para o planeta o qual habitamos, em direção à construção de uma sociedade sustentável, na qual as relações homem - natureza sejam de outra qualidade.

Esta será contribuição teórica no campo da sociologia e da teoria social que se busca com este trabalho.

7 MARCO TEÓRICO

A nanotecnologia está ligada à manipulação da matéria em escala nanométrica ou seja, em um bilionésimo do metro. Nesta escala os átomos apresentam características particulares, pouco conhecidas sob vários ângulos, tais como, sobre seus efeitos no meio ambiente, na saúde humana.

A produção das ciências sociais dedicada à análise nanotecnologia é bastante reduzida, porém já temos alguns locus desta reflexão. Especial atenção será dada as implicações sociais da nanociência e nanotecnologia já em discussão pela National Science Foundation, e pelo ETCGroup que nos proporcionará um input inicial de boa qualidade sobre esta temática

A National Science Foundation contribuiu com a publicação dos papers apresentados no seminário "Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology" realizado em Arlington, Virginia, USA, em março de 2001. Este seminário foi organizado e patrocinado pela referida entidade e editado por Mihail C. Roco e William Sims Bainbridge. Nele foram abordados as possíveis implicações decorrentes do potencial de transformações que a nanotecnologia carrega consigo. Impactos econômicos, políticos, ambientais, na

saúde, na ciência e educação, na exploração do espaço, na segurança nacional, na ética, na cultura, na sociedade, nas leis, foram abordados nos diversos papers que contém o referido trabalho.

Já o ETCGroup, antigamente denominado RAFI, com décadas de existência e de acompanhamento do desenvolvimento de trajetórias tecnológicas, já tinha intensa produção no que toca a chamada “indústria da vida” que se fundamenta na trajetória da biotecnologia. Argutos observadores do desenvolvimento de novas trajetórias tecnológicas passaram a trabalhar com a nanotecnologia, e a sua produção e apropriação pelas grandes empresas transnacionais e os investimentos realizados pelos estados nacionais.

Esta fonte nos proporciona dados e análises nos seus diversos números do ‘communique’ que demonstram quem está investindo em nanotecnologia, quais produtos estão sendo gerados, quem os apropria, quais problemas são apresentados por estes produtos no que toca ao meio ambiente e saúde humana, o poder da sociedade e do estado em controlar, regulamentar, legislar sobre estes produtos, as implicações sociais e políticas decorrentes da produção e uso desta trajetória tecnológica.

Além disto, temos a tese de doutorado de Paulo Roberto Martins, intitulada “Trajetórias Tecnológicas em Meio Ambiente: A indústria de agroquímicos/transgênicos no Brasil”. Os objetos de análises em questão são as trajetórias tecnológicas da síntese química e da biotecnologia. O resumo de seu trabalho pode ser assim sintetizado:

A indústria da vida, que utiliza estas trajetórias tecnológicas, transforma de modo fundamental na década de 90 as atividades industriais capitalistas voltadas para o uso, compra, venda e controle do mercado de produtos bio-industriais relativos a alimentos, agricultura e saúde. As empresas transnacionais gigantes produzem sementes, pesticidas, processamento de alimentos, melhoramento de plantas, até produtos veterinários e fármacos. O elo da cadeia produtiva analisado foi a indústria de pesticidas. Nesta, analisa-se as suas trajetórias tecnológicas da síntese química (agroquímicos) e da biotecnologia (transgênicos) e seus efeitos sobre a sociedade e meio ambiente.

Caracteriza-se o processo de constituição da *indústria da vida*, através das fusões e aquisições, proporcionadas pelas empresas transnacionais gigantes que ao longo de 50 anos atuam no mercado de pesticidas. Demonstra-se como está consolidado o mercado mundial e brasileiro de pesticida. A tecnologia é o elemento central no desenvolvimento desse tipo de indústria. Traçamos um panorama da inovação tecnológica registrada na indústria mundial de agroquímico e de transgênicos.

Analisamos os impactos no meio ambiente e na saúde humana decorrentes dos produtos originários da trajetória tecnológica da síntese química e da biotecnologia na agricultura.

Destacamos sinteticamente, que a trajetória da biotecnologia é o suporte que viabiliza a reprodução ampliada do capital investido, ao longo de 50 anos na trajetória da síntese química. O processo de competição entre as empresas continuará sendo por inovação de produtos, que terão sua origem na trajetória da biotecnologia. Mas estes, ao exigir a continuidade do uso dos pesticidas nas atividades produtivas agrícolas, irão assegurar o prolongamento da vida útil da trajetória da síntese química. Portanto, não se

vislumbra a implementação de uma agricultura sustentável, sem a utilização de pesticida, embora a trajetória tecnológica predominante seja a da biotecnologia.

Portanto, este trabalho contém elementos teóricos que poderão ser utilizados na análise da trajetória tecnológica da nanotecnologia.

No campo da sociologia da tecnologia dois autores serão referenciados neste trabalho. O primeiro deles se trata do Prof. Dr. Laymert Gracia dos Santos, que acaba de reunir suas reflexões sobre esta temática no seu livro “Politizar as novas tecnologias. O impacto socio-técnico da informação digital e genética” lançado ao final de 2003. Deste mesmo autor, também será nossa referência teórica seu relatório do projeto “Biotecnologia, biodiversidade: passagem para o molecular global” que integra o conjunto do projeto temático Cidadania e Democracia: os pensamentos na ruptura da política, executado pelo CENEDIC/USP e financiado pela FAPESP.

No Brasil este é o autor que tem se dedicado mais a refletir sobre o domínio da tecnociência e seu papel central na reprodução do capital global, que hoje já se apropria desde o molecular até o global e que com o advento na nanotecnologia a apropriação poderá se dar deste o atômico ao global. Suas reflexões servirão de elementos norteadores desta nossa investigação no campo das ciências sociais.

Nesta mesma linha encontram-se os textos do sociólogo português e professor do St. Antony’s College, de Oxford, Hemínio Martins. Seu texto “Riscos, Incertezas, e Escatologia – Reflexões sobre o Experimentum Mundi em Curso”, Parte I e II, foram publicados na Episteme – Revista da Universidade Técnica de Lisboa, Ano 1, n. 1 e 2.

Uma de suas colaborações está na discussão que realiza sobre a diferença entre risco e incerteza e das imprevisibilidades atinentes ao desenvolvimento da tecnociência. Uma das questões-chaves é justamente saber em que escala se deve avaliar este processo que carrega consigo todas estas possibilidades de implicações escatológicas destas novas tecnologias, principalmente no campo da informática, biotecnologia e nanotecnologia.

No que toca a sociologia ambiental estaremos utilizando das reflexões produzidas por dois sociólogos clássicos desta matéria. Riley E. Dunlap será um deles, tendo em vista ser um dos formuladores de um novo paradigma para a compreensão das relações entre meio ambiente e sociedade.

Para William CATTON e Riley DUNLAP²³¹ a relação entre a sociedade capitalista e o meio ambiente corresponde ao que denominam de paradigma do excepcionalismo humano (*Human Exceptionalism Paradigm HEP*). O sentido é que os seres humanos são encarados como imunes à natureza nas suas atividades sociais. Nesta visão antropocêntrica, os seres humanos são os únicos a possuírem cultura, que pode variar de forma infinita e mudar mais rapidamente que os traços biológicos. Assim, muitas das diferenças humanas são socialmente induzidas, mais do que originadas naturalmente. Portanto, a acumulação de cultura significa que o progresso pode continuar sem limites, de tal forma que, em

²³¹ CATTON, William R., DUNLAP, Riley E. Environmental Sociology: A New Paradigm. The American Sociologist, Vol 13, p.41-49.

última instância, todo problema social encontra uma solução. Sem dúvida este paradigma carrega fé na tecnologia, sacraliza a técnica como a solução dos problemas construídos pela forma capitalista de organizar a produção. Mas o que tem acontecido é que o desenvolvimento das forças produtivas no capitalismo tem significado a destruição da natureza e dos homens. Todo o resultado deste desenvolvimento alcançado pela sociedade acaba por voltar-se contra ela, de forma autonomizada, livres daqueles que a controlam ou, em teoria, deveriam controlar, como os monopólios industriais e financeiro e aparelhos de Estado.

Analisaremos a trajetória da nanotecnologia nesta conjuntura de início de século levando-se em consideração a proposta de um novo paradigma ecológico elaborado por CATTON & DUNLAP⁽²³²⁾. Segundo estes autores, para superar esta visão antropocêntrica, a análise sociológica deveria se fundamentar em um novo paradigma (*New Ecological Paradigm – NEP*) onde o meio ambiente biofísico torna-se um fator crucial que interfere no social. Os pressupostos assumidos neste caso são de que os seres humanos são uma espécie entre os muitos organismos interdependentes inseridos na comunidade biótica, que molda nossa vida social; causa e efeitos estão ligados e mecanismos de feedback produzem muitas consequências não desejadas oriundas das ações humanas; o mundo é finito. Há limites para o crescimento e progresso. Ressaltam estes autores que não se trata de uma proposta de determinismo ambiental, mas sim uma clara opção pelo entendimento de que existe uma recíproca relação entre natureza e cultura.

Riley também contribuiu na produção de conhecimentos à respeito de como captar a percepção que as pessoas têm sobre as questões ambientais, tendo como referência o novo paradigma que desenvolveu. Textos sobre esta temática encontram-se no livro por ele editado “Handbook of Environmental Sociology” e no *Jornal of Social Issues*, vol 56 , n.3 de 2000.

O outro autor clássico da sociologia ambiental a ser utilizado é Allan Schnaiberg que introduziu o conceito de “Treadmill of Production” diretamente relacionado com as relações entre desenvolvimento tecnológico e meio ambiente, numa perspectiva de transformação sócio-ambiental em que trabalhadores e ambientalistas tenham um papel central neste processo. Seu livro clássico introdutor desta temática é o “The Environment. From Surplus to scarcity” de 1980. Em 1994 retoma e atualiza esta temática no livro “Environment and Society. The Enduring Conflict” que escreveu em conjunto com Kenneth Alan Gould.

Na medida que vamos investigar os pesquisadores que produzem a nanociência e a nanotecnologia no Brasil, a obra teórica de referência nesta campo será a de Bruno Latour “Ciência em Ação. Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora”, editada pela editora Unesp.

A ciência e a tecnologia (aqui expressas na nanociência e nanotecnologia) são tratadas de forma integrada Este conjunto integrado é denominado de tecnociência. A produção desta tecnociência pode ser caracterizada por ser de experimentação coletiva, na medida que a sociedade torna-se em laboratório, pois, os produtos desta tecnociência acabarão por impactar a sociedade como um todo. Os produtores desta tecnociência estão estruturados em redes ,que ,em relação ao nosso objeto de estudo no Brasil são as seguintes as redes instituídas, com a chancela do Estado Brasileiro, via poder executivo.

Em termos de Instituições, Locais e áreas de atuação, a produção de Nanociência e Nanotecnologia esta assim distribuída no Brasil

Instituições Participantes		Linhas de Pesquisa
Proponente:	UFRGS/Deptº de Física - RS;	Pontos-Quânticos
Israel Jacob Rabin	LNLS/Sincrotron-SP; UFMG/Deptº de Física-MG;	Autoformados Dicroísmo
Baumvol	CDTN/Belo Horizonte-MG;	Circular Magnético de
Insituição:	PUC-Rio/Deptº de Física-RJ; USP/Deptº de Física-	Nanosistemas
UFRGS	SP	Nanomagnetismo em Sistemas
UF: RS		Metálicos Epitaxiais Síntese,
Título:		Caracterização e Propriedades
Rede Nacional de		de Nano-objetos Manipuláveis
Pesquisas em		Efeitos da interação de
Materiais		nanotubos de carbono com
Nanoestruturados		moléculas orgânicas
– Nanoest		Nanolitografia Fabricação e
		Caracterização de Pontos
		Quânticos Auto-Organizados
		Injeção de Spins em
		Nanoestruturas Semicondutoras
		Nitretação de Dielétricos Sub-
		Nanométricos Alternativos ao
		Óxido de Silício
Instituições Participantes		Linhas de Pesquisa
Proponente:	UFPE - Deptº de Física, Deptº de Química	Materiais
Eronides	Fundamental e Deptº de Energia Nuclear - PE;	Semicondutores
Felisberto da Silva	UFAL - Deptº de Física - AL; UFRN - Deptº de	Nanoestruturados III-V e II-VI:
Junior	Física Teórica e Experimental - RN; UFBA - Deptº	Nanodispositivos de: Si e SiC,
Inst.: UFPE	de Física do Estado Sólido - BA; USP - São Carlos	III-nitretos, cerâmicas e
UF: PE	– Inst. De Física de São Carlos - SP; UFRGS – Inst.	polímeros;) Propriedades
Título:	de Física - RS; UNESP - Deptº de Física - Univ.	Óticas e de Transporte em
Rede Cooperativa	Estad. de São Paulo - SP; PUC-Rio - Deptº de	Nanoestruturas e Dispositivos
	Física - Univ. Católica – RJ; UERJ - Deptº de Física	Semicondutores de Baixa

para Pesquisa em – RJ; **UnB** – Inst. de Física - DF; **UNICAMP** - Inst. Dimensionalidade ; Sensores Nanodispositivos De Física Gleb Wataghin - SP; **EPUSP-LSI** – Ópticos e Físico-Químicos .
Semicondutores e Escola Politécnica - SP; **CEFET-DFIS** – Centro
Materiais Fed. De Educação Tecnológica – MA; **UERN** -
Nanoestruturados – Deptº de Física - RN; **UFJF** - Deptº de Física - MG;
NanoSemiMat **UFC** - Deptº de Física

Instituições Participantes

Linhas de Pesquisa

Proponente: **UFPE**/Centro de Ciências Exatas e da Desenvolver sistemas
Oscar Manoel Natureza; **USP**/Inst. de Química; **UFPR**/Deptº de de nanotecnologia molecular,
Loureiro Malta Física; **PUC-Rio**/Deptº de Física; **UNESP**/Deptº de materiais nanoestruturados,
Inst.: UFPE Física e Química; **UFRJ**/Coord. dos Programas de caracterização e estudo das
UF: PE Pós-Grad. de Engenharia e Inst. De Macromoléculas propriedades físico-químicas de
Título: Profa. Eloisa Mano; **USP**/Inst. de Química; interfaces, funcionalização de
Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces – Renami **PQN**/Ponto Quântico Nanotecnologia Ltda; superfícies, modelagem,
USP/IQ/Inst. de Química; **USP-IF**/São Carlos; preparação e caracterização de
IPT/Inst. de Pesquisas Tecnológicas do Estado de sistemas moleculares e
São Paulo; **USP**/Escola Politécnica; **UFPB**/ Deptº de supramoleculares com
Engenharia de Materiais; **CBPF**/Centro Brasileiro funcionalidade, preparação de
de Pesquisas Físicas; **UFS**/Univ. Fed. De Sergipe; materiais híbridos para serem
UEPG/Univ. Est. De Ponta Grossa - Deptº de utilizados como materiais
Química; **UNESP**/Univ. Est. de São Paulo (Julio magnéticos e materiais
Mesquita); **IPEN**/Inst. de Pesquisas Energéticas fotônicos para aplicações
Nucleares; **UNICAP** – Univ. Católica de
Pernambuco; **UFSM**/Univ. Fed. de Santa Maria

Instituições Participantes

Linhas de Pesquisa

Proponente: **UFMG**/Deptº de Química, Deptº de Síntese para
Nelson Eduardo Parasitologia; Deptº de Física, Deptº de Clínica Desenvolvimento
Duran Caballero Médica; **UNICAMP**/Inst. De Biologia, Inst. de nanoestruturados poliméricos e
Inst.: UNICAMP Química e Fac. De Eng. Química; **UEPG**/Deptº de lipídicos – medicamentos
UF: SP Ciências Farmacêuticas, Deptº de Análises Clínicas nanoestruturados para doenças
Título: e Toxicológicas e Deptº de Biologia Geral; tropicais, re-emergentes, câncer
Rede de Pesquisa em Nanobiotecnologi **UFPE**/Lab. de Imunopatologia Keizo Asami, Deptº e desenvolvimento de vetores
de Física; **UFRN**/Centro de Ciências da Saúde; gênicos – rejuvenescimento de
UFOP/Deptº de Farmácia, Deptº de Análises drogas – administração de
Clínicas, Deptº de Ciências Biológicas e Deptº de novos medicamentos – estudos

a – Nanobiotec	Química, UFRGS /Curso de Pós-Graduação em Farmácia, Inst. de Química; UFSC /Centro de Ciências da Saúde; USP/RP - Fac. de Filosofia e Letras de Ribeirão Preto, Deptº de Química e Deptº de Análise Clínica e Toxicológica; USP - Deptº de Ciências Farmacêuticas; UFRJ /Inst. de Biofísica Carlos Chagas Filho e Inst. de Física; UNESP /Araraquara – Deptº de Fármacos e Medicamentos; UnB /Univ. de Brasília - Inst. de Física e Inst. de Ciências Biológicas, UFG /Univ. Fed. De Goiás – Inst. de Física e Inst. De Química; UMC /Univ. de Mogi das Cruzes; USP/RP - Deptº de Análises Clínicas e Toxicológica; UFU - Univ. Fed. De Uberlândia - Deptº de Física	pré-clínicos e clínicos de novos medicamentos e vacinas
----------------	---	---

FONTE: URL: http://www.cnpq.br/servicos/editais/ct/edital_012001_nano_anexo.htm,

Capturado em 14/10/2003

Os anexos A e B complementam estas informações

Mas, é preciso deixar claro, como afirma Latour que “Primeiro, ficamos sabendo que, em nossa viagem pela tecnociência, precisamos seguir simultaneamente quem fica dentro dos laboratórios e quem vai para fora, por mais diferentes que se mostrem os dois grupos. Segundo, ficamos sabendo que, na construção da tecnociência, precisamos incluir todas as pessoas e todos os elementos que foram recrutados ou estão fazendo recrutamento, por mais estranhos e inesperados que pareçam a primeira vista”^(8) Só assim será possível termos uma idéia de quem são as pessoas que estão fazendo tecnociência e de como são distribuídos os vários papéis entre elas.

A produção desta tecnociência tem sido realizada em redes e nos anos 80 um grupo de sociólogos de ciência e técnica tem empregado o termo rede de diferentes maneiras. Uma das mais difundidas se coloca como ator-rede. Callon (1986) entre outros afirma que um objeto científico-técnico é o resultado da mistura entre entidades humanas e naturais, mas que atuam socialmente com as características de um ator situado entre dinâmica sociais e leis naturais, graças as possibilidades instrumentais de ambas. Esta noção de rede tentou apreender da estabilização, nunca definitiva e sempre em trabalho, as relações entre humanos e objetos. Para Latour em seu livro *A ciência em Ação*, a rede supõe um trabalho prévio de equivalência em recursos heterogêneos, tornando-se mensuráveis, permitindo funcionamento conjunto. A solidez das alianças constitutivas das redes parece depender, principalmente, do número de aliados mobilizados e dos tipos de

⁸ Latour, Bruno. *Ciência em Ação*. Como seguir os cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo, Ed.Unesp, p.267.

associações realizadas. Para este autor as vantagens de utilização desta noção de rede esta dada pelas suas tres propriedades metodológicas: perto/longe; pequena/grande escala; dentro/fora.

Por fim, dentre o rol de autores a serem aqui indicados se encontra Alain Bihr, que nos ajuda a entender as crises ambientais globais produzidas nas sociedades capitalistas e as contradições e convergências existentes entre o movimento sindical e ambientalista no sentido de superar esta ordem estabelecida.

Para Alain BIHR ²³⁰ as origens desta crise estão na subordinação da natureza e da sociedade à reprodução do capital. Para que isto ocorra é necessário que todo valor de uso seja suporte de uma relação de troca. É justamente o trabalho humano o responsável pela materialização deste valor. Portanto, tudo aquilo que a natureza oferece sem que seja necessário trabalho humano é indiferente ao capitalismo, não sendo incluído em seus cálculos, na medida que não lhe *custa* nada.

Neste processo a natureza é fragmentada, pois é somente nesta dimensão que a mesma pode ser trocada. É também homogeneizada, pois a troca necessita a transformação da particularidade qualitativa em uniformidade quantitativa. Resultado disto é a devastação da natureza imposta pela produção visando a produção (o que implica na materialização do produtivismo) característico do capitalismo enquanto forma de reprodução do capital.

Todo processo de produção se caracteriza por intermediar um fragmento da natureza na forma de matéria a ser transformada pela força de trabalho com o auxilio de meio de trabalho. O produtivismo capitalista submete estes três elementos à exploração desenfreada. De um lado a exploração do trabalho amplamente conhecida, por outro lado a destruição da natureza. Esta é encarada apenas enquanto fator de produção, componente do capital que tem que se submeter às exigências de sua reprodução ampliada e infinita, cujos pressupostos em relação à natureza é que a mesma é infinita, e assim seus ritmos de renovação não devem ser levados em conta.

Neste processo também se verifica o desperdício de energias, matérias-primas e trabalho social que implicam na obsolescência programada de produtos, que significa a destruição periódica de produtos enquanto forma de reprodução do capital.

Em síntese, estaremos contando com as reflexões iniciais das Ciências Sociais sobre a nanotecnologia e com a produção de vários autores que utilizaram da sociologia ambiental e da sociologia da tecnologia para entender as relações entre trajetórias tecnológicas, meio ambiente e sociedade.

Portanto, a sociologia tem hoje a oportunidade histórica de observar e analisar as transformações tecnológicas proporcionadas pela assim chamada “science based industry” que estão sendo impostas à humanidade e ao planeta em que vivemos. A presente trajetória tecnológica dominante se trata da biotecnologia, que pode ser materializada no genoma e nos organismos genicatamente modificados –

²³⁰ BIHR, Alain. Da Grande Noite a Alternativa. O movimento operário europeu em crise. Cap. 7 A Crise Ecológica. São Paulo, Boitempo Editorial, p.123-142, 1998.

transgênicos, que tanta polêmica tem dado no Brasil do início do Séc XXI - transformados em mercadorias pela chamada “indústria da vida”.

A próxima trajetória a se tornar dominante deverá ser a nanotecnologia onde se trabalha ao nível atômico, produzindo novos elementos químicos que não se encontram na natureza e articulando-os com os elementos químicos naturais e/ou artificiais, produzindo uma “nova natureza” que está sendo introduzida em nosso planeta. Ligada à manipulação da matéria em escala nanométrica ou seja, um bilionésimo do metro, os átomos apresentam características particulares pouco conhecidas sob vários ângulos, tais como, sobre seus efeitos no meio ambiente, na saúde humana, na organização social, na estrutura industrial de produção, no poder das nações.

Quem estabelece e proporciona esta base de conhecimentos é a chamada tecnociência. Quem materializa isto nas mercadorias que exigem mercados planetários é o chamado capital global.

Toda nova trajetória tecnológica traz consequências desejadas e não desejadas para uma dada sociedade, segundo o ponto de vista de dominante ou dominados. Sua difusão depende de redes de usuários e do desenvolvimento de tecnologia complementares. A internet, cuja origem está vinculada a projeto desenvolvido pelo Departamento de Defesa do governo do USA, acabou por afetar até mesmo a vida de milhares de estudantes em espaços geográficos distantes.

Da nanotecnologia também espera-se grandes impactos diretos na qualidade de vida das pessoas, por exemplo, tornando os remédios mais eficazes, na medida que viabiliza a colocação do mesmo exatamente na célula doente. Isto poderá acarretar uma segunda ordem de consequências no que toca a ampliação da expectativa de vida, aumento do contingente populacional de idosos, idade mínima de aposentadoria, mudanças na aposentadoria, mudanças nos planos de saúde e seguro de vida.

Mas também haverá iniquidades no que toca a esta mesma área da saúde humana. Quem tiver acesso (ricos) aos nano-medicamentos poderão ter sua vida prolongada e com boa qualidade. Aqueles que não tiverem acesso (os pobres) mais uma vez estarão submetidos a lógica de reprodução de capital das “indústrias da vida”, agora de base nanobiotecnológica, em que o seu produto deve ser comercializado sob patente, de tal forma a assegurar a reprodução ampliada do capital das empresas que vierem a produzir estes remédios.

Também em relação ao meio ambiente os impactos poderão ser no sentido de se estabelecer processos produtivos não poluidores e com isto uma série de tecnologias e plantas poluidoras poderão ser fechadas. Muitas são as promessas de que a nanotecnologia seja uma tecnologia em prol do meio ambiente. Mas depois dos eventos relativos a biotecnologia/transgênicos as iniciativas de maior e mais controle social sobre o desenvolvimento de novas tecnologias se colocam.

Uma possível síntese de possíveis riscos e benefícios do desenvolvimento e adoção da nanotecnologia poderão ser visualizada através de transparências quando da apresentação deste trabalho.

8 BIBLIOGRAFIA

- ALIER, Joan M. De la economía ecológica al ecologismo popular. Montevideo: Nordan-Comunidad, 1995.
- BARRY, John. Environment and Social Theory. London, ROUTLEDGES, 2000
- BECK, Ulrich. Risk Society. Toward a New Modernity. Londres: SAGE,1992.
- BECK, Ulrich. Ecological Enlightenment. Essays on the Politics of the Risk Society. Atlantic Highlands: Humanities Press, 1995.
- BECK, Ulrich. Ecological Politics in na Age of Risk. Cambridge: Polity Press, 1995.
- BELL, Michael M. An Invitation to Environmental Sociology. Thousand Oaks: Pine Forge Press, 1998.
- BENTON, Ted. The Greening of Marxism. New York: The Guilford Press, 1996.
- BIHR, Alain. Da Grande Noite À Alternativa. São Paulo: Boitempo Editorial, 1998.
- BUTTEL, Frederick. Environmental Sociology: A New Paradigm? The American Sociologist, Albany, v.13 n.4, 1978.
- BUTTEL, Frederick New Directions in Environmental Sociology. Annual Review of Sociology, Palo Alto, v.13, 1987.
- BUTTEL, Frederick Theoretical issues in global agri-food restructuring. In: BURCH, David; LAWRENCE, Geoffrey; RICKSON, Roy (eds.) Globalization and Agri-Food restructuring. Prespective from the Australasia Region. Vermont: Asgate Publishing Company, 1996.
- CATTON, Willian R.; DUNLAP, Riley. Paradigms, Theories, and The Primacy of The HEP-NEP Distinction. The American Sociologist, Albany,v.13, n.4, 1978.
- CRAMER, J. & ZEGVELD, W.C.L. "The Future Role of Technology in Environment Managementn". Future, vlo. 23, n.5.
- DICKENS, Peter. Society and Nature. Tuwards a Green Social Theory. Londres: Harvester Wheatsheap, 1992.
- Dunlap, Riley E ett All Measuring Endorsement of the New Ecological Paradigm: A revised NEP scale. Journal of Social Issue, Vol 56, No.3, 2000, pp. 425-442
- Dunlap,Riley ett all Sociological Theory and the Environment. Lanham,USA,ROWMAN& IITLEFIELD PUBLISHERS.INC,2002
- Dunlap,Riley E. and Michelson William.Handbook of Environmental Sociology. Westport,USA,GREENWOOD PRESS,2002
- ETCGroup Globalization, URL: www.etcgroup.org
- FERREIRA, Leila C. A Sociologia No Horizonte do Século XXI. São Paulo: Boitempo Editorial, 1997.
- FÓRUM BRASILEIRO DAS ONGs. Brasil Século XXI. Os caminhos da Sustentabilidade Cinco Anos depois da Rio - 92. Rio de Janeiro: FASE, 1997.
- FOSTER, John B. Marx"s Ecology. Materialism and Nature. New York, Monththly Review Press, 2000.
- FRIENDS OF THE EARTH. WWW no URL: [Http://www.foe.org/](http://www.foe.org/).

- GATTARI, Félix. As três ecologias. Campinas: Papirus, 1991.
- GIDDENS, Anthony; BECK, Ulrich; LASH, Scott. Modernização Reflexiva. Política, Tradição e Estética na Ordem Social Moderna. São Paulo, Unesp, 1994.
- GOOD, William J.; HATTt, Paul K. Métodos em Pesquisa Social. São Paulo, Nacional, 1979. p.172.
- GREENPEACE. URL <http://www.greenpeace.org.br>
- HANNIGAN, John A Environmental Sociology. A Social Consdtructionist Perspective. New York: Routledge, 1995.
- IANNI, Otávio. As Ciências Sociais na Época da Globalização Revista Brasileira de Ciências Sociais, São Paulo, v.13, n.37, 1988.
- IANNI, Otávio. A Sociedade Global. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1992.
- INTERNATIONAL SOCIOLOGICAL ASSOCIATION. RC 24 ENVIRONMENT AND SOCIETY. Sociological Theory and The Environment.. SISWO: University of Amsterdan, 1998.
- KARLINER, Joshua. The Corporate Planet. Ecology and Politics in the Age of Globalization. San Francisco: Sierra Club Books, 1997.
- LEFF, E. Epistemologia Ambiental. São Paulo, Cortez Editora , 2001
- LEFF, E. Ecologia Y Capital. México: Siglo Veintiuno, 1994.
- LUKE, Timothy W. Capitalism, Democracy and Ecology. Departing from Marx. Chicago: University of Illinois Press, 1999.
- MARTINS, Hermínio. Risco, Incerteza e Escatologia – Reflexões Sobre o Experimentum Mundi em Curso. I In: Episteme Revista da Universidade Técnica de Lisboa., ANO 1, N.1 DEZ/97 JAN/98 p.99/121.
- MARTINS, Hermínio. Risco, Incerteza e Escatologia – Reflexões Sobre o Experimentum Mundi em Curso I. In: Episteme Revista da Universidade Técnica de Lisboa., ANO 1, N.2 JUN/JUL 1998, P.41-75
- MASRTINS, Paulo R. Indústria. In: Brasil Século XXI. Os Caminhos da Sustentabilidade Cinco Anos depois da Rio-92. Rio de Janeiro, FASE, 1997.
- MARTINS, Paulo R. Ecological Reconstruction Of The Industrial Society. Caderno da FNS, São Paulo, n.2, 1998.
- MARTINS, Paulo R. Inovação Tecnológica, Meio Ambiente e Sociedade: O Caso dos Alimentos Transgênicos. In: CONGRESSO ALAS, 22.,. Concepcion Chile, 1999..Anais...Concepcion: ALAS, 1999.
- MARTINS, Paulo R. Trabalho e Meio Ambiente. Boletim SINSESP, São Paulo, jul. 2000.
- MARTINS, Paulo R. Trajetórias Tecnológicas e Meio Ambiente: A Indústria de Agroquímicos e Transgênicos no Brasil. Tese de Doutorado, Campinas, IFCH/Unicamp, out de 2000.
- MARTINS, Paulo R. Por uma política Ecoindustrial. IN: O Desafio da Sustentabilidade Um debate socioambiental no Brasil. Gilney Viana, Marina Silva, Nilo Diniz (org) São Paulo, Edit. Fundação Perseu Abramo, Agosto 2001.

- MARTINS, Paulo R. Trajetórias Tecnológicas e Meio Ambiente: do molecular ao global, desenvolvimento recente e perspectiva da nanotecnologia no Brasil. In: CONGRESSO SBS XI, Campinas, Brasil, 2003, Anais, Campinas, SBS, 2003.
- MURPHY, Raymond. Rationality & Nature. A sociological Inquiry into a Changing Relationship. Boulder: Westview Press, 1994.
- O'CONNOR, James. Natural Causes. Essays in Ecological Marxism. New York: The Guilford Press, 1998.
- O'CONNOR, Martin. Is Capitalism Sustainable? Political Economy and the Politics of Ecology. New York: The Guilford Press, 1994.
- OLIVEIRA, Francisco; PAOLI, Maria C. Os Sentidos da Democracia. Políticas do dissenso e hegemonia global. Petrópolis, Vozes/FAPESP, 1999.
- PANNA <http://www.panna.org> .
- PARDO, Mercedes. Sociologia Y Medioambiente. Estado de la Cuestion. Pamplona: Fundación Fernando de Los Ríos, 1999.
- PARDO, Mercedes La Evaluación del Impacto Ambiental y social para el siglo XXI. Teorias, Processos, Metodlogias. Madrid, Editorial Fundamentos, 2002.
- REDCLIFT, Michael; BENTON, Ted. Social Theory and The Global Environment. Londres: Routledge, 1994.
- RIECHMANN, Jorge Y.; BUEY, Francisco F. Trabajar Sin Destruir. Trabajadores, Sindicatos y Ecologismo. Madri: Ediciones Hoac, 1998.
- RIECHMANN, Jorge. Un Mundo Vulnerable. Ensaio sobre Ecologia, Ética y Tecnociência. Madrid, Los Libros de La Catarata, 2000.
- RIFKEN, Jeremy O Século da Biotecnologia. – A valorização dos Genes e a Reconstrução do Mundo. São Paulo: Makron Books, 1999.
- ROHDE, Geraldo M. Epistemologia Ambiental. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.
- ROMERO, Ademar; SALLES FILHO, Sérgio. Dinâmica de inovações sob restrições ambientais Apresentado no I Seminário de Economia e Meio Ambiente do Instituto de Economia. Campinas: Unicamp, 1995. /Mimeografado/
- SANTOS, Boaventura S. Pela mão de Alice. O social e o político na pós-modernidade. São Paulo: Cortez, 1996.
- SANTOS, Laymert G. A encruzilhada da política ambiental brasileira. In: D'INCAO, Maria A.; SILVEIRA, Isolda M. (orgs.). A Amazônia e a crise da modernização. Belém: Museo Paraense Emílio Goeld, 1994.
- SANTOS, Laymert G. A Desordem da Nova Ordem IN: O Desafio da Sustentabilidade Um debate socioambiental no Brasil. Gilney Viana, Marina Silva, Nilo Diniz (org) São Paulo, Edit. Fundação Perseu Abramo, Agosto 2001

SANTOS, Laymert G. Politizar as Novas Tecnologias. O impacto socio-tecnico da informação digital e genética. São Paulo, Editora 34, 2003.

SCOTT, Lash; SZERSZYNSKI, Bronsislaw; WYNNE, Brian. Risk, Environment & Modernity. Towards a New Ecology. Thousand Oaks: SAGE Publications, 1996.

TOKAR, Brian Redesigning Life? London, Zed Books, 2001

WORLD WILDLIFE FUNDATION, URL <http://www.worllife.org>.

YEARLEY, Steven. Sociology Environmentalism Globalization. Londres: SAGE Pub., 1996.

ⁱ Fonte: www.estado.estadao.com.br/editorias/2003/06/15/ger011.html

ⁱⁱ Estimativa da Fundação Nacional de Ciências (NSF) dos E.U.A. (www.nsf.gov). Aproximadamente US\$300 bilhões em eletrônica, US\$340 bilhões em materiais além da parte de síntese química e US\$180 bilhões em produtos farmacêuticos. Estima-se que serão criados, mundialmente, 2 milhões de postos de trabalho na área.

ⁱⁱⁱ Faraday atribuiu as diferenças de cor entre amostras de ouro coloidal (do azul até a “púrpura de Cassius”) a diferenças de tamanho entre as suas partículas. Hoje, sabe-se que são partículas nanométricas e as menores são vermelhas.

^{iv} Grande parte do transporte de pessoas e mercadorias depende de pneus, cujas propriedades dependem muito criticamente de partículas nanométricas de carbono, o “negro de fumo”.

^v A manipulação direta da matéria em escala nanométrica exige um de dois tipos de abordagens básicas: i) aquelas usadas na síntese química e na criação de estruturas supramoleculares, que foram grandemente aperfeiçoadas durante o século 20; ii) a existência de elementos de máquinas capazes de executarem movimentos com precisão de nanômetros ou menos, o que se tornou viável graças aos muitos aperfeiçoamentos dos materiais piezoelétricos (descobertos em 1880 por Pierre e Paul-Jacques Curie e que hoje permitem a execução de deslocamentos com uma precisão de centésimos de nanômetros), bem como pelo uso e aperfeiçoamento de técnicas de feixes de elétrons e de íons.

^{vi} “There's Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics”. Palestra proferida na reunião anual da American Physical Society, em 29 de dezembro de 1959. In Engineering and Science, Caltech, 22 de fevereiro de 1960 (ver www.zyvex.com/nanotech/feynman.html).

^{vii} Como exemplo, tomamos o dispositivo da “língua eletrônica”. Este dispositivo reúne e explora dois conceitos: a membrana quimicamente seletiva e a microfabricação (www.comciencia.br/noticias/21dez01/lingua.htm).

^{viii} De janeiro a dezembro de 2002, os pesquisadores integrados às 4 redes de nanotecnologia existentes no país produziram aproximadamente 1100 publicações em periódicos internacionais, depositaram 17 patentes em N&N e realizaram mais de 200 apresentações em eventos internacionais. Foram criados produtos como a “língua eletrônica”, nanodosímetro de radiação UV, fotodetector de radiação ionizante, nanoestruturas de memória Flash, vacinas por transferência gênica, fármacos de liberação controlada e circuitos integrados à base de silício. Além disso, três dos quinze mais ambiciosos projetos do MCT, os Institutos do Milênio, atuam em Nanotecnologia

^{ix} Contribuem fortemente a Biologia, Biotecnologia, Engenharias Elétrica (especialmente a Microeletrônica), Mecânica, Química e de Materiais, a Física, Matemática e a Química. Um exemplo muito claro da enorme interdisciplinaridade de nanotecnologia é o recente lançamento da revista IEEE Transactions on Nano Bioscience.

^x Por exemplo, na Alemanha foram criadas seis redes de pesquisas (Centros de Competência) em nanotecnologia: a) Filmes ultra-finos funcionais (88 organizações participantes), b) Nano-optoeletrônica (59 org.), c) Funcionalidade via química (113 org.), d) Nanoestruturas laterais (76 org.), e) Tratamento de superfícies ultra-preciso (53 org.) e f) Nanoanalítica (60 org.). Nos E.U.A., o ‘Molecular Foundry’, do Laboratório Nacional Lawrence Livermore, estará dotado de facilidades nas seguintes áreas: a) Nanoestruturas inorgânicas, b) Nanofabricação, c) Síntese orgânica, inclusive de polímeros e biopolímeros, d) Nanoestruturas biológicas, e) “Imaging” e manipulação e f) Teoria de materiais nanoestruturados. O início de operação está previsto para 2006.