

## **(RE) FAZENDO A MATÉRIA: projeto e seleção'**

Matthew Kearnes

### **Resumo**

Esse texto examina as raízes da reorganização da matéria em física, biologia e química. Ao tentar entender a qualidade física de processos biológicos, o ensaio *O que é a Vida? O aspecto físico da célula viva* (1944) marca uma 'virada materialista' na biologia. De modo similar, ao propor um algoritmo de imitação de processos celulares de auto-organização e auto-agregação, o trabalho de John von Neuman em matemática e física teórica assinalam 'uma virada bio-mimética' nas ciências físicas. As duas 'viradas' contribuem com uma ampla reorganização da matéria através da projeção, controle e manipulação de 'matéria complexa'. Sujeitos às vagas de sínteses químicas e ao imperativo evolucionário, essas intervenções tecnológicas implicam um movimento em direção a modelos abertos de noções de projeto e controle do tipo 'de baixo-para-cima'. Neste ponto, eu foco particularmente em noções de nanotecnologia largamente articuladas como possibilitando, e também dependendo de, 'controle sobre a estrutura da matéria' e da capacidade de manipular de modo preciso a matéria em escala atômica. Essa visão da manufatura em escala atômica - 'de baixo-para-cima' - quando associada a possibilidades radicais e especulativas da 'máquina molecular', tem se tomado uma abordagem predominante na fabricação de nanoestruturas 'por projeto'. Ao considerar as ramificações sociais e éticas da tecnologização da matéria, eu proponho uma política não-conseqüencialista para a nanotecnologia.

### **Palavras-chave**

Ética não-conseqüencialista. Nanotecnologia. Manipulação atômica.

### **(RE) MAKING MATTER: design and selection**

---

\* Tradução de Nelson Fernandes; revisão da tradução de Jonatas Ferreira.

### **Abstract**

This paper examines the roots of this re-organisation of matter in physics, biology and chemistry. Erwin Schrödinger's essay *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell* (1944) signalled a 'materialist turn' in biology in the attempt to understand the physicality of biological processes. Similarly John von Neumann's work in mathematics and theoretical physics signals a 'bio-mimetic turn' in the physical sciences with the algorithmic imitation of cellular processes of self-organisation and self-assembly. Both these 'turns' contribute a broad re-organisation of matter through the design, control and manipulation of 'complex matter'. Subject to the vagaries of chemical synthesis and the evolutionary imperative in biological processes such technological interventions also entail a move toward open models of 'bottom-up' notions of design and control. Here I focus in particular on widely articulated notions of nanotechnology as enabling, and depending upon, 'control over structure of matter', and the ability to precisely manipulate matter at the atomic scale. This vision of atomic manufacture – from the bottom up – once associated with radical and speculative possibilities of 'molecular machinery', has become a mainstream vision of fabricating nanostructures 'by design'. In considering the social and ethical ramifications of this technologisation of matter I advance a non-consequentialist politics of nanotechnology.

### **Keywords**

Non-consequentialist ethics. Nanotechnology. Atomic manipulation.

A noção de completa compreensão e controle da ação é um ideal das nuvens, grotescamente em desacordo com a vida prática.

Whitehead (1956, p. 114-115).

## **1 Introdução**

Hannah Arendt abre seu principal trabalho, *The Human Condition*, com uma meditação sugestiva sobre o lançamento e a órbita do foguete Sputnik. Sugere que o sucesso do Sputnik mostra

[...] que, em toda parte, os homens não tardam a adaptar-se às descobertas da ciência e aos efeitos da técnica, mas, ao contrário, estão décadas à sua frente. Nesse caso, como em outros, a ciência apenas realizou e afirmou aquilo que os homens haviam antecipado em sonhos - que não eram loucos nem ociosos. (ARENDDT, 1958, p. 1-2).<sup>1</sup>

Para Arendt, a ciência e a cultura estão intimamente entrelaçadas. A ciência "é antecipada nos sonhos"; nos escritos de ficção científica, filmes e na cultura vernácula. Esses sonhos fornecem tanto a base racional para a experimentação e o desenvolvimento técnico, como os enquadramentos culturais e cognitivos em que se situam as tecnologias emergentes. Arendt evoca algo do sentido benjaminiano de estado-de-sonho (veja Buck-Morss, 1989) em que o imaginativo e o material são complexamente envolvidos no processo dinâmico do sonho. Colocar a órbita do Sputnik no contexto maior dos sonhos populares de viagem espacial e extraterrestrialismo, como o faz Arendt, remete igualmente ao desenvolvimento de novas ciências e à emergência de tecnologias novas tais como a nanotecnologia, em que os 'sonhos' se transformam em 'realidade'. Para Arendt, esses sonhos fornecem o contexto discursivo e ideológico em que tais desenvolvimentos são posicionados. As novas tecnologias estão firmemente enraizadas na "condição humana", e ainda a desafiam e potencialmente transformam.

Recentemente, o filósofo Jean-Pierre Dupuy (2005) usou a noção de Arendt de "condição humana" em um apelo provocativo por uma "fundação filosófica da *nanoética*". Seguindo Arendt, ele sugere que os "homens sonham com a ciência antes de realizá-la e que estes sonhos [...] têm um efeito causal no mundo e transformam a condição humana" (p. 6). Seu uso da noção de "condição humana" - bem como a compreensão sociopolítica da ciência e da tecnologia de Arendt - permite que Dupuy desenvolva um argumento poderoso por uma *nanoética não-consequencialista*. Em contraste com enquadramentos teleológicos existentes, em que a análise ética é moldada simplesmente como uma resposta às consequências de 'técnicas' específicas (LUHMANN, 1992), Dupuy reorienta a atenção para o potencial transformativo das novas

---

<sup>1</sup> NT: Utilizamos aqui a tradução feita por Roberto Raposo da obra de Arendt, publicada pela Forense-Universitária, 10. ed.. 2000.

tecnologias. Ele sugere que uma análise ética de novas e emergentes tecnologias não somente abranja suas especificidades técnicas, mas igualmente as molde ao contexto sociopolítico. A análise ética não deve simplesmente focar análises restritas de técnicas científicas individuais, mas debruçar-se sobre o desafio deontológico e normativo levantado pelas transformações potenciais na condição humana.

Neste artigo eu dou seqüência à contribuição de Dupuy e a expando, desenvolvendo o que pode ser chamado de “*uma política não-consequencialista*” da nanotecnologia. Isto é, eu tento desenvolver uma *rationale* política para considerar as dimensões normativas e deontológicas da nanotecnologia. Apesar das caracterizações vívidas do relacionamento entre a sociedade e as novas tecnologias na escrita ficcional contemporânea, no cinema e nos estudos culturais, os debates políticos contemporâneos a respeito das diferentes visões do relacionamento entre a tecnologia e a sociedade são tipicamente limitados aos argumentos sobre questões técnicas muito específicas. Por exemplo, em recentes controvérsias tecnológicas envolvendo os alimentos geneticamente modificados e a energia nuclear civil, a maior parte do debate político foi centrado em perguntas de segurança e na veracidade de metodologias oficiais de avaliação de risco (JASANOFF, 2005; KEARNES et al., 2006; WYNNE, 1982). Caracteristicamente, ainda há um espaço muito pequeno em tais discussões para questionamentos normativos sobre o modo como as conjecturas sociais, políticas e econômicas são incorporadas aos imperativos tecnológicos contemporâneos. Também não há espaço para considerar o potencial das dimensões transformativas das novas tecnologias fora dos estreitos debates em torno de risco, segurança e controle.

Aqui eu focalizo particularmente noções amplamente articuladas de nanotecnologia, como a possibilidade, e dependência, de “controle sobre a estrutura da matéria” e a habilidade de manipular com precisão a matéria em escala atômica. Esta visão de manufatura atômica – de baixo para cima –, uma vez associada às possibilidades radicais e especulativas de “maquinaria molecular”, tornou-se uma visão dominante na fabricação de nanoestruturas projetadas (KEARNES; MACNAGHTEN; WILSOON, 2006; ROCA, 1999). Embora este objetivo tenha muita ressonância social, cultural e moral – particularmente no que diz respeito a conotações de controle, de criação de vida e de tecnologização da natureza –, seu escopo retórico não é acompanhado

por esforços mais provisionais da nanociência contemporânea. Tal controle parece ser mais difícil de alcançar do que pode ser imaginado.

Esta distinção entre os sonhos e visões da nanotecnologia e a realidade da nanociência contemporânea reflete uma batalha quase perpétua das pretensões da "ciência real" da tecnologia emergente – “a verdade atrás do zumbido da nanotecnologia” (BERUBE, 2006), por assim dizer. Central na abordagem de Dupuy (2005) é a discussão de que a nanotecnologia está imersa em um jogo de sonhos e cenários socioculturais orientados para o futuro, que imaginam suas possibilidades e profetizam seus efeitos transformativos potenciais (veja igualmente Brown e Michael, 2003). Conseqüentemente, Dupuy recomenda que "os esforços existentes na nanoética" tomem um extremo cuidado para distinguir o que eles consideram ser a ciência séria daquilo que todo mundo trata como "ficção científica" (2005, p. 6).

Similarmente, Macphee (2006, p. 65) sugere que:

As avaliações contemporâneas da tecnologia são caracterizadas por não conseguir pensar o impacto da tecnologia além das noções de reprodução e intensificação. Deste modo, elas tendem a encarar as conseqüências políticas da tecnologia em termos de repetição estática, o que gera cenários distópicos de desempoderamento e perda de agência.

A discussão e a análise das "implicações sociais" da nanotecnologia tenderam a espelhar esse processo, com debates centrados em áreas de interesse social e ético, que incluem: os efeitos toxicológicos possíveis dos novos nanomateriais, debates sociais, políticos e éticos sobre o papel da nanotecnologia em melhorar a vida (humana), a melhoria dos sistemas de vigilância e de controle político, o aumento das desigualdades entre ricos e pobres e os possíveis efeitos ambientais.<sup>2</sup> Visões da nanotecnologia como a

---

<sup>2</sup> As tentativas recentes de caracterizar a amplitude das preocupações sociais associadas à nanotecnologia têm buscado distinguir entre implicações sociopolíticas amplas e questões mais restritas sobre risco ambiental e humano associados com as novas nanotecnologias. Em consonância com isso, Renn e Roco (2006) distinguem dois quadros de "debates de risco", nos quais perguntas mais restritas de toxicologia ambiental seriam tratadas por metodologias existentes de avaliação de riscos e preocupações sociopolíticas mais amplas através de discussões políticas e consenso.

possibilidade de controle sobre a estrutura da matéria, por exemplo, são representadas como evidências da tecnologização crescente da "própria vida". Como tal, a nanotecnologia é elencada simplesmente como uma intensificação de processos existentes de tecnologização.

Este é o dilema para abordagens consequencialistas em que as implicações das novas tecnologias são consideradas apenas como emanções "da ciência". Isso não somente cria uma dependência esquisita com relação aos cientistas para que estes articulem as implicações sociais, políticas e éticas de seus próprios trabalhos, porém, mais pragmaticamente, Dupuy afirma que "o que constitui [ciência séria] varia de um relatório para outro" (2005, p. 6). Esta tentativa de descobrir a "verdade atrás do falatório" sugere um cisma maior entre as possibilidades teóricas da nanotecnologia e sua atualização material na nanociência contemporânea.

A postura ética de Dupuy é, assim, inextricavelmente voltada para o futuro, como atesta sua sugestão de que a análise ética focalize o *potencial* transformativo das nanotecnologias.<sup>3</sup> Similarmente, para Arendt, a política é sobre certa forma de temporalidade e ação – sobre criatividade e novidade. Isto é, a sua política é baseada no futuro - nas transformações possíveis da condição humana. A sua reflexão sobre a órbita do Sputnik não somente fala da tecnologia como evidência de estratificações políticas existentes; antes, a tecnologia tanto permite como potencializa transformações na condição humana. A complexa negociação entre sonhos e realidades de futuras tecnologias é um espaço político ativo em que futuros são *ativamente* realizados no presente, determinando futuros planos políticos e sociais. Alargando a estrutura de análise e avaliação da nanotecnologia, Dupuy insiste em que as questões de justiça, harmonia e transformações na condição humana sejam dirigidas ao presente. Similarmente, em seu provocativo apelo por uma forma de "política opositora" da nanotecnologia, Wilsdon e Willis (2004, p. 28) sugerem que, no lugar de perguntas de segurança e risco, sejam direcionadas para as fases iniciais de desenvolvimento das tecnologias perguntas normativas como:

Por que esta tecnologia? Por que não outra? Quem precisa dela? Quem a está controlando? Quem se beneficia dela?

---

<sup>3</sup> Meus agradecimentos ao Alfred Nordmann pelas conversas sobre este ponto.

Podemos confiar nelas? O que ela significará para mim e a minha família? Ela melhorará o ambiente?! O que ela significará para as pessoas que vivem no mundo em desenvolvimento?

Em lugar de simplesmente ler as implicações sociais da nanotecnologia, Wilsdon e Willis declaram que o esboço político, econômico e normativo inato à nanotecnologia seja tratado durante seu próprio desenvolvimento.

Em comum acordo tanto com Dupuy como com Wilsdon e Willis, sugiro que esta disparidade espaço-temporal entre visões pragmáticas de nanotecnologia e a sua articulação em nanociências seja precisamente o espaço de uma política normativa de nanotecnologia. Contudo, na descrição de uma política *não conseqüencialista* de nanotecnologia afasto-me da noção de temporalidade de Dupuy. Recorrendo tanto a Henri Bergson como a William James – ambos compartilham certo "compromisso com continuidade" –, sugiro que a disjunção entre as visões e realidades das nanociências não seja simplesmente uma disparidade temporal entre o que é possível agora e o que será possível no futuro. Antes, esta disparidade descreve uma contingência temporal bem mais sintomática na própria tecnologia – o que Bergson chamou de "virtual" (ver também Luhmann, 1992). "O futuro" propriamente dito não é cognoscível, no entanto, se colocarmos um *continuum* entre o presente e o futuro – no qual o futuro é um produto de individuação e diferenciação – é possível construir uma crítica normativa da nanotecnologia. A política *não-conseqüencialista* que desenvolvo aqui, deste modo, procura tratar das dimensões normativas das articulações presentes na nanotecnologia mediante um reconhecimento humilde da nossa própria ignorância em relação ao futuro (LUHMANN, 1992).

## 2 Sonhos da nanotecnologia

A nanotecnologia é um campo em fluxo. Embora muitas vezes atribuída à aula de Feynman "There's plenty of room at the bottom" (1960), a palavra 'nanotecnologia' em si é jovem, tendo sido inicialmente cunhada por Taniguchi, em 1974. A sua constituição como um campo é basicamente o produto de um conjunto de redes de suporte e cooperação em pesquisa

recentemente iniciado e atividades de inovação – como a *US National Nanotechnology Initiative* ou iniciativas concretas de pesquisa em nanotecnologia da Comissão Européia. A nanotecnologia também expõe os sintomas clássicos de um campo tecnológico em seu estágio inicial, no qual há uma discrepância entre as promessas (muitas vezes) hiperbólicas feitas sobre as suas possibilidades de transformação potencialmente libertadoras e os avanços mais mundanos e provisórios realizados em cenários de laboratório (RIP, 2006). A chave, portanto, para a abertura de uma avaliação política da nanotecnologia é esta relação entre os sonhos da nanotecnologia e sua manifestação e transformação em pesquisa e desenvolvimento contemporâneos.

Enquanto a perspectiva de Arendt é vagamente populista - sugerindo que a ciência simplesmente oferece uma expressão ampliada de uma forma vernácula de sonho -, Marcus (1995) descreve a qualidade de sonho da nova tecnologia em termos muito mais politizados: como imaginários tecnocientíficos. Ele sugere que suposições sociais mantidas tácita e profundamente dão forma ao desenvolvimento de nova ciência e tecnologia. As novas tecnologias – como a nanotecnologia - são imaginadas como solução dos problemas atuais, criadoras de saúde e prosperidade, contribuindo para o melhoramento da condição humana. Este sonho tácito é especialmente evidente em iniciativas estratégicas de mapeamento (*roadmapping*) e em previsões que tentam antecipar e formar o desenvolvimento da nanotecnologia. Alguns de tais 'mapas' foram recentemente publicados, entre os quais: *Technology Roadmap for Productive Nanosystems*, *Chemical Industry R&D Roadmap for Nanomaterials by Design*, *Technology Roadmap for Nanoelectronics*, *Nanotechnology in the Forest Product Industry* (EUROPEAN COMMISSION, 2004; FORESIGHT INSTITUTE, 2005; FOREST PRODUCT LABORATORY, 2005; VISION 2020 TECHNOLOGY PARTNERSHIP, 2003). Esses mapas - que são tipicamente subsidiados e estrategicamente publicados por governos e associações de indústria -- oferecem cenários que serão possibilitados pela nanotecnologia e objetivos a serem realizados. Eles tentam dar coerência ao desenvolvimento da nanotecnologia e chamar atenção para uma variedade de fins específicos - por exemplo, para acentuar a importância da nanoeletrônica, além de outras aplicações da nanociência e da tecnologia. Tais imaginários são modos de 'ordenar' o futuro pelo desdobramento de esperança, expectativa e antecipação

(ANDERSON; BROWN; MICHAEL, 2003; VAN LENT, 1993). Eles também lutam para confirmar o campo, defendendo maior coordenação nas pesquisas e financiamento de subáreas particularmente promissoras.'

De forma semelhante, o discurso público e os comentários acerca da nanotecnologia são dominados pela existência de listas especulativas acerca de suas possíveis aplicações futuras. Por exemplo, a revista *Forbes* publica uma lista anual de 'top produtos nano'. A lista de 2005 incluiu aquecedores de pés baseados em nanotecnologia, um colchão de cama lavável que usa nanopartículas para criar "uma camada semipermeável, que captura fluidos e partículas, os quais podem ser retirados ao lavar", e o adesivo dental 3M que utiliza a "tecnologia de nanoenchimentos de sílica que formam uma ligação mais forte com o esmalte do dente" «[www.forbes.com](http://www.forbes.com)». Alternativamente, o relatório de Roco e Bainbridge (2002) da Fundação Nacional de Ciência, *Converging Technologies for Improved Performance*, fornece uma lista quase ilimitada de possibilidades de avanços em nanoescala. Esta lista de potenciais aplicações inclui: corpos humanos mais duráveis, sistemas de armas eficientes e sistemas de informação em tempo real.

Além das aplicações profetizadas da nanotecnologia, outras visões tácitas acenam com expectativas sociopolíticas acerca do *valor* da nanotecnologia. Por exemplo, Doubleday sugere que a nanotecnologia representa "uma intensificação das preocupações das políticas científicas com o conhecimento para o crescimento econômico". O impacto econômico potencial de produtos relacionados com a nanotecnologia é tipicamente representado como "revolucionário". Por exemplo, os documentos relacionados à nanopolítica dos Estados Unidos falam de nanotecnologia como "o caminho para a próxima revolução industrial" (NSTC, 2000), e as estimativas atuais do valor potencial do futuro das indústrias de nanotecnologia oscilam em tomo dos bilhões aos trilhões de dólares (DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY, 2002). Doubleday prossegue sugerindo que incorporada a esta expectativa existe uma outra: que o financiamento estratégico e o suporte de intra-estrutura maximizarão a rentabilidade das inovações em nanotecnologia do Reino Unido. Segundo ele, isto é manifestado

---

<sup>4</sup> Houve tanta proliferação de tais *roadmappings* e *foresightings*, que uma crítica das possibilidades de uma "roadmapping congestion" e falta da claridade emergiu (Smith. no prelo).

como um "imperativo para produzir conhecimento útil", o que "deu forma à prática de nanociência acadêmica na década passada".

Do mesmo modo, Keames, Macnaghten e Wilsdon (2006) delineiam uma série de "imaginários programáticos" da nanotecnologia que funcionam como meta-discursos e forças-chave no seu desenvolvimento. Por exemplo, a nanotecnologia é descrita como uma extensão do "imperativo de miniaturização" e como perpetuação do caminho inexorável em direção à miniaturização de circuitos eletrônicos e de armazenamento de dados. Ela também é representada como uma nova espécie da ciência, que é tanto interdisciplinar como "socialmente robusta". Tanto Bennett e Sarewitz (2006) como Rip (2006) descrevem o caminho no qual este discurso da robustez social é intimamente atado à expectativa de que a nanotecnologia represente uma oportunidade para "aprender com os erros" e controvérsias da tecnologia no passado, incorporando inteligência social e pesquisa no desenvolvimento da própria tecnologia (ver também Macnaghten, Keames e Wynne, 2005).

### 3 Discursos de controle

Tais discursos são facilitados pela, e dependentes da, convicção fundamental de que a nanotecnologia representa um novo paradigma científico baseado na capacidade de controlar e manipular minuciosamente a matéria nas escalas atômicas e moleculares. A visão da nanotecnologia tanto permitindo como dependendo do controle preciso sobre a estrutura da matéria é melhor exemplificada pelo antigo pesquisador da HP Jamie Dinkelacker (2002, p. 2), que exigiu o "total (ou perto do total) controle sobre a estrutura da matéria que intrinsecamente revolucionará as nossas vidas. Nenhum aspecto da nossa vida diária - sem falar em outras tecnologias - permanecerá intocável." Esta frase — "controle sobre a estrutura da matéria" - é um símbolo da promessa absoluta e da possibilidade transformativa da nanotecnologia. Apesar do seu tom obviamente hiperbólico, o imperativo para ganhar tal controle transformou-se num objetivo paradigmático de várias pesquisas em nanotecnologia. Esta finalidade tomou-se o objetivo padrão de pesquisa atual, mediante o qual é possível realizar as possibilidades transformativas da nanotecnologia (KEARNES et al. 2006; KEARNES, MACNAGHTEN; WILSDON, 2006). Roco sinaliza este objetivo programático básico para a pesquisa em nanoescala definindo a nanotecnologia como

preocupada com o desenvolvimento e utilização de estruturas e dispositivos com características organizacionais em escala intermediária entre moléculas individuais e aproximadamente 100 nm, onde as novas propriedades ocorrem, se as comparamos com materiais em escala macro [*bulk materiais*]. Isso implica a capacidade de construir nanoestruturas e dispositivos desenhados com funções dadas mediante o controle nos níveis atômico e molecular. (ROCO, 1999, p. 1-2).

Para Roco, a nanotecnologia é definida como a capacidade de criar estruturas desenhadas em nanoescala, com base no controle exato e manipulação da matéria nesta escala. A chave de Roco é a implantação de "função" humana em nanoescala por meio da produção de novos materiais e nanoestruturas projetados. Embora os avanços na nanociência tenham sido capazes de produzir novos materiais e processos de fabricação, este grau de controle atômico permanece incerto. Como tal, a busca para alcançar controle em nanoescala representa, para Roco, o projeto subjacente e que unifica a pesquisa contemporânea em nanociência. Ele sugere que uma vez que tal controle seja realizado será possível criar nanoestruturas talhadas com formas, modelos e arquiteturas desejados.

As visões de controle sobre a estrutura da matéria são tanto teóricas como pragmáticas, sugerindo que tal controle seja logicamente possível e constitua o "próximo passo" no desenvolvimento funcional de nanotecnologias e materiais. A visão teórica das possibilidades de controle preciso em escala atômica é motivada pelo que poderia ser denominado como uma guinada biológica na física e uma guinada materialista na biologia. Fundamental neste contexto é o ensaio de Erwin Schrödinger 'O que é a vida? O aspecto físico da célula viva' (1944), que contém uma compreensão fisicalista da vida, sugerindo que os processos biológicos possam ser explicados fisicamente. Neste trabalho - que prefigura desenvolvimentos posteriores na teoria de sistemas - Schrödinger explica a origem da vida em termos físicos, pelo recurso à física teórica. De fato, as linhas de abertura do 'pequeno livro' de Schrödinger, uma citação de *Ethics* de Spinoza - "**Homo** liber nulla de ré minus quam de morte cogitat; et eius sapientia non mortis sed vitae meditatio

est" -, acenam com a intenção de desdobrar a disciplina física da física para explicar a própria vida, e em particular a emergência de sistemas auto-ajustáveis. Conseqüentemente, ele pergunta: "Como podem eventos em espaço e tempo que se realizam dentro do limite espacial de um organismo vivo ser explicados pela física e pela química"? (SCHRODINGER, 1944, p. 3). Schrödinger responde a esta pergunta sugerindo que a vida seja implicitamente atomística. Argumenta que os processos biológicos são controlados e determinados por características dos seus componentes atômicos. Por exemplo, ele sugere que:

O desdobramento de eventos no ciclo de vida de um organismo mostra uma admirável regularidade e ordenamento, incomparável com o que quer que seja que encontremos na matéria inanimada. Encontramo-lo controlado por um grupo supremamente bem ordenado de átomos, que representam uma fração muito pequena do total de soma em cada célula. (SCHRÓDINGER, 1944, p.27).

Para Schrödinger as células vivas são físicas. Todas as coisas – e por isso o processo biológico e a própria vida - são absolutamente divisíveis em átomos e moléculas. Sua visão da vida também comunica a importância da noção do controle. Ele sugere que, embora complexa, a emergência da vida biológica é ordenada e controlada pelos constituintes atômicos de tais processos. Mediante esta visão de divisibilidade absoluta fica possível manipular tecnologicamente a própria vida por meio do controle preciso do esquema desta base atômica (MODY, 2006). A sugestão de Schrödinger, de que a vida biológica é realizada pelo controle seletivo sobre o movimento dos átomos e moléculas, demonstra a possibilidade de projetar processos semelhantes no ser humano.

A segunda referência teórica que informa os discursos a respeito do controle exato sobre a estrutura da matéria é o que poderia ser denominado uma "volta biológica" em física teórica e matemática, em particular no trabalho

---

<sup>5</sup> "Não há nada menos importante para um homem livre do que pensar sobre a morte; sua sabedoria é meditar não sobre a morte, mas sobre a vida." (Spinoza, *Ethics*, 1677. p. IV, prop.67).

de von Neumann (1961). A teoria de von Neumann dos autômatos – um modelo matemático de sistemas que se auto-reproduzem – representa uma forma de determinismo computacional. A sua teoria sugere a possibilidade de que os sistemas de auto-reprodução que naturalmente ocorrem poderiam ser recriados por algoritmos apropriados. O objetivo, para von Neumann, é "aplicar a filosofia básica dos autômatos naturais a autômatos artificiais" (1961, p. 71). Como tal ele antecipa a imitação mecânica de "autômatos naturais", sugerindo que seja possível criar uma máquina que se recria modelando-se em exemplos biológicos. Compara a uma máquina que é capaz de criar cópias de si o primeiro trabalho de Turing na computação,

que é uma caixa com um número finito de estados. As suas produções são modificações de outra entidade {...)  
O meio que alimenta o autômato e que é produzido pelo autômato é completamente diferente do autômato. De fato, o autômato não produz nenhum meio ali; ele simplesmente modifica um meio que é completamente diferente dele.  
(VON NEUMANN, 1961, p. 74)

Assim, afirma: “**Não** há nenhuma possibilidade de produzir matéria a partir do nada. Pelo contrário, imaginam-se autômatos que podem modificar objetos semelhantes a eles, ou efetuar a síntese buscando partes e juntando-as.” (VON NEUMANN, 1961, p. 75).<sup>6</sup>

Para von Neumann, a vida é controlada por um código e é essencialmente computável. Por isso, o objetivo, para ele, é a criação de computações suficientemente complexas que modelariam tais sistemas naturais.

Von Neumann e Schrödinger fornecem tanto visão como recursos teóricos para a manipulação exata e controle da matéria na nanociência contemporânea. Para ambos, a “**vida**” é a referência a partir da qual se devem comparar máquinas "projetadas-humanas". De fato, ambos se maravilham com a complexidade dos sistemas biológicos e com a capacidade de auto-organização e auto-reprodução das máquinas vivas. O objetivo-chave é recriar a funcionalidade dos sistemas vivos, os meios e possibilidade da sua recriação tecnológica (LEHN, 2002).

---

<sup>6</sup> Ver também Cooper (1983).

Esta apreciação teórica da pura possibilidade de projetar nano-sistemas funcionais também proporciona o fundamento de uma visão mais pragmática, na qual realizar tal controle representa a “próxima etapa” lógica no desenvolvimento da nanotecnologia. Por exemplo, Roco (1999, p. 5) alega que:

A promessa da nanotecnologia está sendo realizada pela confluência de avanços na descoberta científica que têm permitido o controle atômico e molecular de materiais básicos e engenharia que fornece os meios para reunir e utilizar esses materiais básicos projetados em novos objetivos e dispositivos [...] A reunião de átomos, moléculas e conjuntos de moléculas em nanoestruturas com uma função projetada sob definições controladas é um componente crucial da ciência em nanoescala e da tecnologia.

Para Roco, as aplicações atuais de nanociência representam só a primeira etapa de um programa tecnológico maior. A “etapa seguinte” é a criação de nanoestruturas definidas não simplesmente pelas suas novas propriedades, mas também pelas suas “funções” como objetos projetados a partir da forma humana (*human-derived design*). O controle sobre a estrutura da matéria, por isso, é representado tanto como uma possibilidade teórica e pragmática quanto como a “próxima etapa” que deve ser alcançada para se realizar a promessa mais ampla da nanotecnologia.

#### 4 Projeto e evolução

Os termos-chave desta visão são, por isso, projeto [*design*], precisão e controle. Estes discursos refletem os da “viagem fantástica”, ao sugerir que o espaço até agora não explorado do atômico poderia ser sujeito à intencionalidade e engenharia humana (SCHWARZ, 2004). A intersecção de visões de controle, precisão e função com expectativas mais amplas de valor, e a exploração em nanoescala, marcam a política de desenvolvimento da

---

<sup>7</sup> O filme de ficção científica dos anos 1960 em que um submarino miniaturizado é injetado no cientista Jan Benes.

nanotecnologia (WALOBY. 2002). A nanotecnologia representa uma intensificação do controle tecnológico sobre as bases atômicas da própria vida. Tais visões de 'vida', 'matéria' e 'evolução' unem-se com discussões recorrentes das implicações das novas e avançadas tecnologias. Tanto Fukuyama (2002) como McKibben (2003) apresentam abordagens distópicas da transformação tecnológica da vida biológica através das biotecnologias. Para ambos, tais tecnologias confirmam a noção de Heidegger (2003) de que a tecnologia moderna é definida como um projeto de alienação da natureza e de domínio tecnológico sobre ela. Alternativamente, para Rose (2001), a penetração do *design* e do controle nas bases atômicas e materiais da vida contribui para a "política da própria vida". Rabinow e Rose (2003, p. I) situam as biotecnologias contemporâneas como uma intensificação do controle político sobre a própria vida, sintomática da tese foucaultiana de que "o poder [...] agora é exercido e centrado no nível da vida."? Supostamente, a nanotecnologia representa uma nova encarnação desta politicização da vida, com um controle mais perfeito sobre as bases atômicas da vida. A intensificação desta política da vida é, além disso, fortalecida pelo fato de que os discursos de controle sobre a estrutura da matéria são, eles próprios, o produto das expectativas sociopolíticas do valor e do potencial transformador de tais intervenções. A transformação da matéria em nanoescala é, por isso, simbólica desta transformação genérica nas operações do poder político, de tal modo que a vida molecular está sujeita ao controle e à manipulação.

Ambas as concepções das implicações sociopolíticas da tecnologização da "própria vida" tratam tais tecnologias simplesmente como evidência de uma politicização maior da vida. A tecnologia figura tanto como produtora de "um distópico fim da natureza" - para Fukuyama (2002) e McKibben (2003) - quanto como uma interação promovida no desenvolvimento do poder disciplinar. Pintar a nanotecnologia como mera intensificação da tecnologização da vida é dependente de uma determinada noção da temporalidade das tecnologias, na qual nanotecnologias específicas são tidas como discretas realizações temporalmente específicas. Tais concepções dependem da aceitação de que visões de controle sobre o mundo material serão desenvolvidas no futuro. Ambas as concepções não conseguem conceituar o que Arendt caracteriza como a capacidade ativa e transformativa

---

s Ver também Foucault (1990).

da tecnologia. O que é politicamente significativo não é simplesmente que a matéria é – ou será - transformada pela nanotecnologia. Antes, as políticas da nanotecnologia são constituídas pela negociação de visões e sonhos de controle e os resultados mais provisórios de pesquisa em nanociência.

Ambas as perspectivas também ignoram a contingência material inerente ao desenvolvimento da nanotecnologia, bem como as visões do controle sobre a estrutura da matéria. Por exemplo, as visões do controle funcionam (pelo menos) de dois modos (BENSAUDE-VINCENT, 2006). Primeiro, as concepções iniciais especulativas e futuristas da nanotecnologia implicaram visões de manipulação física direta da matéria. De acordo com essa perspectiva, o futuro da nanotecnologia seria caracterizado por máquinas em nanoescala, fábricas e replicadores que criariam objetos "átomo por átomo" a partir do posicionamento direto e exato de partículas atômicas (DREXLER, 1986). A possibilidade teórica sugerida tanto por von Neumann como por Schrödinger é sugestiva de uma segunda e mais ativa versão do controle em nanoescala, na qual os processos de evolução e modificação de sistemas são utilizados e imitados na fabricação de estruturas e dispositivos. Ao invés de manipular diretamente a matéria átomo por átomo, os processos químicos e biológicos existentes serão usados para projetar um padrão funcional de nanosistemas (JONES, 2004; SEEMAN; BELCHER, 2002).

A diferença entre ambas as noções de controle é o grau de intencionalidade com o qual a matéria deve ser transformada. A manipulação direta da matéria, átomo por átomo, indica a possibilidade de criação de nanoestruturas de configurações totalmente intencionais e humanamente projetadas. Discussões técnicas e debates dessas visões focalizaram puramente a possibilidade técnica de realizar a manipulação exata da matéria deste modo, e foram caracterizados pelas tentativas de reivindicar a realidade científica da nanotecnologia e o que é "de fato possível" no nível da nanoescala." A segunda perspectiva, na qual "a vida" é usada como um modelo da nanotecnologia, apresenta uma visão mais complicada e distribuída de intencionalidade. Ao invés de manipular diretamente a matéria, nanodispositivos e estruturas seriam "criados" – ou cultivados – usando sistemas de auto-reprodução já existentes ou sínteses químicas como padrões,

---

<sup>9</sup> Ver, por exemplo, a excelente publicação do debate entre Eric Drexler e Richard Smalley: Smalley (2001, 2003a, 2003b); Drexler (2003a, 2003b).

ou modelando a funcionalidade de sistemas biológicos como proteína ou DNA (CONRAD, 1992; HUIE, 2003; LEHN, 2002; RASMUSSEN et al., 2004; WHITESIDES; GRZYBOWSKI, 2002). Tais criações não são, por isso, totalmente intencionais. Melhor, elas são o produto de uma forma da evolução intencional.

A sugestão de que a nanotecnologia simplesmente representa uma intensificação do biopoder contemporâneo, conseqüentemente, ignora o fato de que os sistemas experimentais raramente dominam o seu sujeito. Apesar das articulações para o total controle do mundo material, a especificidade material da nanoescala exige formas de controle que sejam contingentes e provisórias (KEARNES, 2006). Um engajamento político com visões de controle sobre a estrutura da matéria, por isso, deve ocupar-se desta temporalidade inata. Especialmente útil neste contexto é a noção pragmatista de "empirismo radical", segundo a qual a experiência sentida é expressa não como uma sucessão de instantes atômicos, mas como um *continuum*. William James (1909, p. 326) esboça o empirismo radical como uma fenomenologia de "uma união completa de pequenas experiências contíguas, da confluência de cada momento de passagem de experiência sentida concretamente com os seus vizinhos mais próximos."

Se a vida for proposta deste modo, como que imersa em um *continuum* de experiências sentidas - que escapa à descrição objetiva - , as materializações específicas da vida, então, representariam as modificações temporais, e não entidades discretas. Bergson (1988 [1911]) exprime a criação das materialidades específicas no contexto deste *continuum* como movimento do virtual e do real.

Não entro nem num nem noutro nem em ambos ao mesmo tempo, embora ambos, unidos, possam dar uma imitação justa da interpenetração mútua e da continuidade que encontro na base do próprio eu [...] A matéria divide de fato o que foi potencialmente múltiplo; e, neste sentido, a individuação é parte do trabalho da matéria, parte do

---

<sup>10</sup> Neste contexto o recente conhecimento geográfico em matéria e materialidade acentuou a significação que Kearnes (2003, p. 149) chamou de "o capricho expressivo da **matéria**" (ver também Anderson e Tolia-Kelly, 2004) como expressão da agência material que evita formas de determinação técnica.

resultado da inclinação própria da vida. (BERGSON, 1988, p. 258).

A implicação do "compromisso com a continuidade"<sup>11</sup> de Bergson e de James é que os objetos tecnológicos estão imersos em um *continuum* temporalmente específico. Isto é especialmente evidente, por exemplo, nas histórias da tecnologia desenvolvidas por Leroi-Gourhan (1943, 1945), Simondon (1964, 1992) e Stiegler (1994), nas quais determinadas tecnologias são consideradas em termos evolutivos como individuação material, rupturas ou intervalos em uma seqüência de experimentações humanas -- e não humanas. Para Bergson, as novas tecnologias são mais o resultado de uma forma de diferenciação do que uma criação heróica. Ele substitui uma noção de "realização" por um conceito de "atualização", sugerindo que os objetos técnicos sejam realizações provisórias que também poderiam estar sujeitas a modificações e evoluções maiores (ver também Deleuze, 1986, 1991, 1999). Dupuy sugere que as visões de nanotecnologia que permitem o controle exato sobre a estrutura da matéria sejam lidas, de modo justificável, como pretensões éticas e normativas sobre futuros arranjos sociais e humanos. Dando continuidade à abordagem de Dupuy, sugiro que uma política normativa de nanotecnologia necessita de uma interpretação das rupturas materiais e temporais que permitem tais formas de controle, e ao mesmo tempo apresento-as como inextricavelmente provisórias e contingentes.

## **5 Nanotecnologia como um lugar “de encantamento”**

No fim de 2004, passei algum tempo no Centro de Nanociência de Cambridge - observando e falando com os nanocientistas -, tentando entender as dimensões sociais, políticas e éticas da nanociência e da nanotecnologia. O Centro de Nanociência - e outros como ele em Londres, Bristol, Manchester e Newcastle - é uma tentativa da universidade de coordenar e centralizar a pesquisa em nanoescala em um edifício com acesso compartilhado a equipamentos de pesquisa, instrumentos e salas limpas. É neste edifício que

---

<sup>11</sup> Ver Ansell-Pearson (2002) para uma análise tanto de James como de Bergson na noção da continuidade.

as imagens futuristas da nanociência são possivelmente melhor realizadas, com a sua coleção de salas limpas para o estado-da-arte, escritórios de plano aberto, pesquisas e espaços para reunião informais. O Centro de Nanociência é também o parceiro principal em uma rede mais ampla de pesquisa em nanociência: uma Colaboração de Pesquisa Interdisciplinar (IRC) entre a Universidade de Cambridge, a University College London e a Universidade de Bristol, co-financiada por quatro conselhos de pesquisa britânicos – EPSRC, BBSRC, MRC e MoD<sup>12</sup>. Como um dos principais consórcios de pesquisa em nanociência do Reino Unido, a IRC “é direcionada para o cerne da nanotecnologia e como tal aspirará a prover uma atividade interdisciplinar de apoio ao tema geral de fabricação e organização de estruturas moleculares” (CAMBRIDGE UNIVERSITY, 2001, p. 2).

Durante o período em que estive no Centro de Nanociência, um jovem pesquisador que encontrei - John! - explicou que o objetivo da sua pesquisa era investigar técnicas para a síntese de nanoestruturas tridimensionais e nanotubos. Como tal, a finalidade da sua pesquisa era desenvolver modos de catalisar o crescimento dessas nanoestruturas para que, controlando as condições de crescimento, ele pudesse ser capaz de elaborar um método reproduzível para sintetizar nanoestruturas tridimensionais com formas, modelos e morfologias desejadas.

John explicou os objetivos da sua pesquisa:

Se pudermos entender como as estruturas são produzidas, então talvez possamos desenvolver um modo de produzir estruturas e de fato produzir uma estrutura que estejamos procurando ... A questão toda é que queremos ser capazes de controlar, na estrutura, a morfologia e o tamanho dessas estruturas. Então [elas] podem se auto-organizar em um vetor e a partir daí tem-se alguma relevância tecnológica, porque você sabe que adquiriu o controle e você pode reproduzir a coisa que é o problema principal. (Entrevista com pesquisador, Centro de Nanociência de Cambridge, 2004).

---

<sup>12</sup> Respectivamente, Engineering and Physical Sciences Research Council, Biotechnology and Biological Sciences Research Council, Biotechnology and Biological Sciences Research Council, Medical Research Council e Ministry of Defense.

<sup>1)</sup> Todos os nomes ficaram anônimos.

A pesquisa de John, por isso, estava preocupada com a natureza de certas materialidades - especificamente o carboneto de silício em nanoescala. Em um nível fundamental, ele estava interessado nas propriedades materiais do silício em nanoescala para poder produzir modos mais viáveis de desenvolver formas desejáveis e tubos. Desta forma, a ambição de sua pesquisa contribui para o meta-objetivo de obter o controle da estrutura da matéria. O objetivo-chave de John é a criação de métodos reprodutíveis de fabricação de nanoestruturas com formas e padrões desejados. A sua pesquisa visa não só a investigar as propriedades do carboneto de silício em nanoescala, mas antes a criar arranjos específicos e manipulados do carboneto de silício.

Contudo, John também explicou que ele inicialmente trabalhou usando a literatura existente sobre as propriedades materiais do bióxido de silício e do silício para construir em computador simulações de seu desenvolvimento e testar esses modelos experimentalmente. Na sua prática de pesquisa, John negociou uma relação complexa entre simulações teóricas do "comportamento" do ferro em nanoescala e o comportamento exposto nos seus experimentos.

Estou tentando desenvolver uma técnica catalítica que seja reprodutível. De modo que toda vez que construir algumas nanoestruturas esteja usando os mesmos catalisadores, ou saiba o que está acontecendo naquele nível fundamental. (...) E, portanto, estou tentando reproduzir um modo de fazer nanopartículas de ferro para catalisar essas estruturas e estou tendo problemas para fazer isto. E você sabe que estive falando com o autor do artigo e não sei. Existe algo errado em algum lugar, mas não o encontrei. É bastante frustrante. (Entrevista com pesquisador, Centro de Nanociência de Cambridge, 2004).

Para John, esta frustração é causada pela disjunção entre os seus resultados experimentais e o que ele havia esperado com base em modelos computacionais e cálculos teóricos. Apesar desta ambigüidade, provocada pela diferença entre as expectativas teóricas e os resultados experimentais, ser uma característica genérica da prática científica, a frustração de John fala de uma disparidade maior. Há uma disjunção entre os sonhos da nanotecnologia e os resultados da prática científica (RHEINBERGER, 1997:

STENGERS, 1997). Embora a pesquisa de John esteja situada dentro de uma tentativa mais ampla de investigar técnicas de fabricação possíveis, a reprodutibilidade e a confiança em tais técnicas se mostram elusivas. Esta defasagem entre a possibilidade teórica de manipulação exata da matéria e os resultados provisórios da nanociência contemporânea é uma característica comum do campo. Por exemplo, outro pesquisador em Cambridge descreveu como as suposições *a priori* de controle e exatidão são moderadas pela atual prática de pesquisa:

A maior parte dela está olhando o que a biologia fez e dizendo: certo, eu terei isto. Portanto, você o toma fora do contexto biológico. E às vezes fazem apenas algo que você não espera, em absoluto. Não temos os mecanismos para prever. Não podemos dizer: certo, pegarei isto e ele fará aquilo. Ainda não desenvolvemos o bastante a nossa biologia. É um sistema horrivelmente complexo. É possível realizar o controle, mas só por tentativa e erro. (Entrevista com pesquisador, Centro de Nanociência de Cambridge, 2004).

Há muitos modos de interpretar esta disparidade. É tentador sugerir que a disparidade entre os discursos de controle e previsão e os resultados provisórios da nanociência seja uma medida do intervalo que separa os "sonhos" da nanotecnologia da "realidade" da nanotecnologia. A noção de que os discursos de controle e funcionalidade na nanoescala são simplesmente ficção se comparados com a nanociência real é uma proposição atraente. Contudo, para os proponentes da nanotecnologia a diferença entre teoria e prática é simplesmente a evidência de uma distinção temporal entre pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico. Eles sugerem que tais dificuldades serão superadas com o tempo. Assim, por exemplo, os proponentes da criação de nanodispositivos funcionais e máquinas moleculares tipicamente empregam horizontes de longo prazo na previsão da emergência de tais desenvolvimentos." Claro que definições e "perspectivas" de investigação

---

<sup>14</sup> Por exemplo, Renn e Roco (2006) sugerem que o desenvolvimento da nanotecnologia pode ser separado em quatro etapas ou gerações: 1ª geração: nanoestruturas passivas, a partir de 2000; 2ª geração: nanoestruturas ativas, a partir de 2005; 3ª geração: nano-sistemas

em nanoescala são objeto de muita conjectura. Os oponentes das visões radicais de máquinas em nanoescala sugerem que esta disparidade evidencia uma impossibilidade maior de criar dispositivos funcionais em nanoescala, e a necessidade de obter um amplo consenso sobre outros objetivos de pesquisa em nanociência,

Rheinberger (1997) captura algo da ambivalência da prática de pesquisa e das incompatibilidades entre teorias e resultados. Ele denomina os produtos dos experimentos de "coisas epistêmicas", capturando a qualidade dual dos objetos que são simultaneamente conceituais e materialmente situados. Na definição epistêmica das coisas, ele sugere que os resultados dos sistemas experimentais são "encaixados [*shaped in*] e ocupam um espaço intermediário e opaco: eles estão, por assim dizer, na interface entre o material e o lado conceptual da ciência." (RHEINBERGER, 2003, p. 624). Para Rheinberger, a indeterminação de tais objetos sugere que eles sejam objetos de conjectura e argumento no desenvolvimento do conhecimento científico e no refinamento de sistemas experimentais. Isto é, eles são objetos políticos. A disparidade entre as visões de controle sobre a estrutura da matéria e os resultados experimentais serve como uma metáfora para a nanotecnologia em geral. A nanotecnologia é um campo em fluxo, caracterizado por reivindicações de "realidade" que competem entre si. O movimento entre as concepções discursivas da nanotecnologia e as materialidades ambivalentes é um movimento pelo qual as diferentes "realidades" da nanotecnologia são produzidas ou "decretadas". Como explorado acima, a nanotecnologia é o sujeito de uma matriz de promessas e expectativas, que são ambigualmente interpretadas e negociadas por pesquisadores de nanociência. Embora tais discursos desempenhem um papel importante na estruturação dos meta-objetivos de pesquisa da nanotecnologia, a relação entre as visões programáticas e a prática diária da nanociência é complicada. Nestas negociações surgem lacunas e tensões entre visões estruturais da promessa econômica e social da nanociência e as próprias *expertises* dos pesquisadores.

---

integrados, a partir de 2010; 4ª geração: nano-sistemas moleculares heterogêneos, a partir de 2015/2020. Enquanto os produtos da 1ª geração são atualmente comercializados, reivindica-se que a 4ª geração de nanotecnologia – dispositivos realmente funcionais – será desenvolvida em algum momento no futuro. (fūRESIGHT INSTITUTE, 2005).

Por exemplo, em resposta às previsões de uma revolução na nanotecnologia, muitos dos cientistas entrevistados foram mais cautelosos e pragmáticos. Um pesquisador em Cambridge questionou as expectativas de **que** a sua ciência deve ser usada como um motor para a inovação:

Eu mesmo não tenho nenhum interesse na aplicação da ciência que resulta. Estou interessado em ver o que acontece, mas não estou interessado em ser um empreendedor do material... O objetivo como o vejo é o de fazer pesquisa e tomar os resultados literatura, e ver o que outras pessoas fazem com ele... Quero dizer, Gordon Brown e outros estão possivelmente tentando redefinir o meu trabalho para ser algo diferente e tenho muita simpatia por isto, mas estou convencido que não sou necessariamente a pessoa certa para fazer isto. (Entrevista com pesquisador, Centro de Nanociência de Cambridge. 2004).

Então, a discrepância entre as visões de controle e os resultados da meia contemporânea, por isso, também reflete uma negociação mais entre os discursos sociais, políticos e econômicos que estruturam a nanociência e a tecnologia.

## **6 Conclusão: rumo a uma nanopolítica**

Há muitos modos de interpretar esta disparidade entre a visão programática e a prática experimental. Para os defensores da nanotecnologia esta disparidade evidencia simplesmente uma negociação de tais discursos. Eles sugerem que o controle sobre a estrutura da matéria será alcançado "no futuro" e que, por isso, os impactos sociais e econômicos previstos se seguirão. Dupuy interpreta esta futura orientação como um momento de avaliação e análise ética e, conseqüentemente, para a negociação política das dimensões normativas de tais alegações no futuro. Alternativamente, Nordmann (2006) sugere que tais afirmações acerca do futuro estejam mais precisamente relacionadas à política do presente – uma tentativa de se apossar da nanoescala e criar uma alavancagem retórica na negociação da "realidade" da nanotecnologia. Para Nordmann (2004), a nanotecnologia é espacial, sendo definida por uma tentativa de habitar o espaço da nanoescala.

Por isso, para Oupuy e Nordmann, o comprometimento político com a nanotecnologia é encarado de dois modos alternativos: como um projeto temporal para debater afirmações sobre (futuras) condições humanas e arranjos sociais ou como uma negociação das presentes condições através das quais a nanociência é organizada como um conjunto de afirmações sobre a nanoescala. Alternativamente sugiro que uma política normativa da nanotecnologia possa reconsiderar a própria possibilidade de reivindicar posse tanto do temporal como do espacial. A disparidade entre os "sonhos" e a "realidade" da nanotecnologia não é simplesmente uma distinção entre ficção científica e fato científico, nem uma pergunta sobre sonhos que serão realizados em alguma data futura. Antes, adotando uma postura empírica radical de espaço-temporalidade – a noção de Bergson de duração –, é possível destacar a impossibilidade de objetivamente "se apossar" da temporalidade do futuro ou da espacialidade em nanoescala. Do mesmo modo que Bergson sugere que os dispositivos tecnológicos não sejam simplesmente realizações discretas, mas sim momentos da individuação, o futuro existe como uma forma de diferenciação.

Uma política não-conseqüencialista da nanotecnologia, por isso, poderia ser lançada como um modo de se relacionar com o futuro imprevisível – um reconhecimento do que Luhmann chama de uma "ecologia da ignorância". Ele sugere:

Hoje podemos falar do futuro praticamente só em termos de provável ou improvável, isto é, quanto a uma realidade ficticiamente assegurada. Agora sabemos que os futuros presentes trarão outras coisas, que o futuro atual não pode expressar, e quando falamos do futuro exprimimos esta discrepância, ao lidar apenas com probabilidades e improbabilidades. (LUHMANN, 1992, p. 95).

Considerando que só é possível falar do futuro em termos de probabilidade, uma política não-conseqüencialista de nanotecnologia, então, poderia adotar uma relacionalidade espaço-temporal como uma posição alternativa à reivindicação de posse do futuro ou da nanoescala.

Embora a possibilidade de criar nano-sistemas funcionais e nanoestruturas projetadas seja informada pelas noções de controle e precisão, esta articulação é complicada pela sua recepção ambivalente pelos

nanocientistas. No contexto da elisão entre visões antagônicas de nanotecnologia, o poder político funciona como uma tentativa de criar a coerência e consenso num campo que, de outro modo, seria desregrado. Mapeamentos (*roadmapping*), a prospecção de cenários e as atividades de padronização utilizam a política pública para dar forma ao desenvolvimento da nanotecnologia para fins prescritos. Contudo, essas tentativas de reivindicar a posse do futuro são complicadas pela simples impossibilidade de conhecer o futuro.

A nanotecnologia não representa simplesmente uma nova intensificação do impulso modernista em direção à tecnologização da vida e à alienação da natureza. Embora os sonhos de controle atômico e precisão sejam uma mudança nesta narrativa, a nanotecnologia é melhor descrita como o futuro de um conjunto de contingentes tecnológicos. As implicações sociais e políticas da nanotecnologia não são simplesmente algo que procuraremos mitigar. Pelo contrário, usando os termos de Arendt, a política de nanotecnologia é uma política ativa de criação do futuro. Ela sugere que “a *polis*, propriamente falando, não é a cidade soberana em sua posição física; é a organização das pessoas do modo como emerge do agir e do falar em conjunto” (ARENDR, 1958, p. 198). Da mesma forma, Jasanoff (2003) advoga “tecnologias da humildade” e um novo exame das pretensões humanas de controle sobre os sistemas tecnológicos, que poderíamos imaginar como um modo da relação política agonista – de atuação e de fala em conjunto – que adotasse uma humildade semelhante com relação ao espaço-temporalidade das suas invenções. Isto é, atendendo às dimensões normativas da articulação no campo da nanotecnologia contemporânea, poderíamos nos aproximar humildemente da contingência das nossas respostas acerca do futuro.

## **Agradecimentos**

Sou agradecido a Ben Anderson, Robert Doubleday, Jean-Pierre Dupuy e Alfred Nordmann pelas conversações produtivas e comentários nos primeiros esboços deste artigo. Também agradeço a dois árbitros anônimos e participantes na oficina da *Geografia da Nanotecnologia* na Universidade de Durham, onde este artigo foi apresentado pela primeira vez. Todos os erros, naturalmente, permanecem meus.

## Referências

ANDERSON, B. 2004. Hope in/for nanotechnology: anticipatory knowledge and the governance of affect *Area* this issue. In: ANDERSON, 8.; TOLIA-KELLY, D. *Matter(s) in social and cultural geography*. Geoforum, 35, p. 669-674.

ANSELL-PEARSON, K. 2002. *Philosophy and the adventure of the virtual: Bergson and the time of life*. London; New York: Routledge.

ARENDT, H. 1958. *The human condition*. Chicago: University of Chicago Press.

BENNETI, J. 2001. *The enchantment of modern life*. attachments, crossings, and ethics. Princeton: Princeton University Press.

\_\_\_\_\_. 2004. The force of things: steps towards an ecology of matter. *Political Theory*, n. 32, p. 347-372.

\_\_\_\_\_; KEARNES, M. 8.; SAREWITZ, D. 2006. Too little, too late? Research policies on the societal implications of nanotechnology in the United States. *Science as Culture*, v. 15, n. 4, p. 309-325.

BENSAUDE-VINCENT, 8. 2006. Two cultures of nanotechnology? In: SCHUMMER, J.; BAIRD, D. (Eds.). *Nanotechnology challenges: implications for philosophy, ethics and society*. Singapore: World Scientific Publishing. p. 7-28.

BERGSON, H. 1988 (1911). *Creative evolution*. New York: Dover Publications.

BERUBE, D. 2006. *Nano-hype: the truth behind the nanotechnology buzz*. London: Prometheus Books.

BROWN, N.; MICHAEL, M. 2003. A sociology of expectations: retrospectively prospecting and prospecting retrospectively. *Technology Analysis and Strategic Management*, v. 15, n. 1, p. 3-18.

BUCK-MORSS, S. 1989. *The dialectics of seeing: Walter Benjamin and The Arcades Project*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

CAMBRIDGE UNIVERSITY. 2001. *IRC in Nanotechnology University of Cambridge, University College London and University of Bristol*.

CONRAD, M. 1992. Emergent computation through self-assembly. *Nanobiology*, p. 25-30.

COOPER, N. G. 1983. From Turing and von Neumann to the present. *Los Alamos Science*, p. 922-927.

DELEUZE G. 1986. *Cinema I: the movement-image*. London: Athlone Press.

\_\_\_\_\_. 1991. *Bergsonism*. New York: Zone Books.

\_\_\_\_\_. 1999. *Cinema 2: the time-image*. London: Athlone Press.

DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY. 2002. *Neli' dimensions for manufacturing: a UK strategy for nanotechnology*. London.

DINKELACKER, I. 2002. *Transition to tomorrow: social institutions at the threshold of nanotechnology's molecular epoch*. Disponível em: <[http://sunarcher.org/iamie/pubsffransition To Tomorrow 2002 .pdf](http://sunarcher.org/iamie/pubsffransition%20To%20Tomorrow%202002.pdf)>.

DOUBLEDAY, R. 2007. Organizing accountability: co-production of technoscientific and social worlds in a nanoscience laboratory. *Area*, v. 39, n.2, p.166-175.

DREXLER, E. K. 1986. *Engines of creation: the coming era of nanotechnology*. New York: Anchor Books.

\_\_\_\_\_. 2003a. Drexler Counters. *Chemical & Engineering News*, n. 81. p. 40-41.

\_\_\_\_\_. 2003b. Open letter to Richard Smalley. *Chemical & Engineering News*, n. 81, p. 38-39.

DUPUY, J. P. 2005. The philosophical foundations of nanoethics: arguments for a method. In: NANOETHICS CONFERENCE, University of South Carolina, Columbia. Disponible em: <[http://ejure.nlJmode=downloaddownloadsllanguage=:nlJid=179INanoEthics\\_SCI.pdf](http://ejure.nlJmode=downloaddownloadsllanguage=:nlJid=179INanoEthics_SCI.pdf)>.

EUROPEAN COMMISSION. 2004. *Vision 2020: nanoelectronics at the centre of change: a foresighted strategy for Europe*. Brussels.

FEYNMAN, R. 1960. There's plenty of room at the bottom: an invitation to enter a new field of physics. *Engineering and Science*, n. 23, p. 22-36.

FORESIGHT INSTITUTE. 2005. *Technology roadmap for productive nanosystems*. Palo Alto, CA.

FOREST PRODUCT LABORATORY. 2005. *Nanotechnology for the Forest products industry: vision and technology roadmap*. Madison.

FOUCAULT, M. 1990. *The history of sexuality, I: the will to knowledge*. London: Penguin.

FUKUYAMA, F. 2002. *Our posthuman future: consequences of the biotechnology revolution*. London: Profile.

HEIDEGGER, M. The question concerning technology. In: SCHARFF, R. C.; DUSEK, V. (Eds.). *Philosophy of technology: the technological condition, an anthology*. Oxford: Blackwell. p. 252-264.

HUIE, C. 2003. Guided molecular self-assembly: a review of recent efforts. *Smart Materials and Structures*, n. 12, p. 264-271.

JASSANOFF, S. 2003. Technologies of humility: citizen participation in governing science. *Minerva*, v. 41, n. 3, p. 223-244.

\_\_\_\_\_. 2005. *Designs on nature: science and democracy in Europe and the United States*. Princeton: Princeton University Press.

JAMES, W. A. 1909. *Pluristic universe*. London: Longmans, Green and Co.

JONES, R. A. L. 2004. *Soft machines: nanotechnology and life*. Oxford: Oxford University Press.

KEARNES, M. B. 2003. Geographies that matter: the rhetorical deployment of physicality? *Social & Cultural Geography*, v. 4, n. 2, p. 139-152.

\_\_\_\_\_. 2006. Chaos and control: nanotechnology and the politics of emergence. *Paragraph*, v. 29, n. 2, p. 57-80.

\_\_\_\_\_; MACNAGHTEN, M.; WILSDON, J. 2006. *Governing at the nanoscale: people, policies and emerging technologies demos*. London.

\_\_\_\_\_. et al. 2006. From bio to nano: learning lessons from the agriculture biotechnology controversy in the UK. *Science as Culture*, v. 5, n. 4, p. 291-307.

LEHN, J. M. 2002. Toward complex matter: supramolecular chemistry and self-organization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, n. 99, p.4763-4768.

LEROI-GOURHAN, A. 1943. *L'homme et la matière*. Paris : Albin Michel.

\_\_\_\_\_. 1945. *Milieu et techniques*. Paris: Albin Michel.

LUHMANN, N. 1992. *Observations of modernity*. Stanford: Stanford University Press.

MACNAGHTEN, P.; KEARNES, M. B.; WYNNE, B. 2005. Nanotechnology, governance and public deliberation: what role for the social sciences? *Science Communication*, n. 27, p. 268-287.

MACPHEE, G. 2006. From reproduction to reproducibility: creativity and technics in Benjamin and Arendt. *Angelaki*, n. 11, p. 65-74.

MARCUS, G. E. (Ed.). 1995. *Technoscientific imaginaries: conversations, profiles and memoirs*. Chicago: University of Chicago Press.

McKIBBEN, B. 2003. *Enough: genetic engineering and the end of human nature*. London: Bloomsbury.

MODY, C. 2006. Small, but determined: technological determinism in nanoscience. In: SCHUMMER, I.; BAIRD, D. (Eds.). *Nanotechnology challenges: implications for philosophy, ethics and society*. Singapore: World Scientific Publishing. p. 95-130.

NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL (NSTC); Interagency Working Group on Nanoscience Engineering and Technology (IWGN). 2000. *National Nanotechnology Initiative: leading to the next industrial revolution*. Washington: NSTC.

NORDMANN, A. 2004. Molecular disjunctions: staking claims at the nanoscale. In: BAIRD, D.; NORDMANN, A.; SCHUMMER, I. *Discovering the nanoscale*. Amsterdam: IOS Press.

\_\_\_\_\_. 2006. *The future development of nanotechnology: historical development and global expansion*. Unpublished paper.

PETERSSON, D. 2005. Time and technology, Environment and Planning D. *Society and Space*, v. 23, n. 2, p. 207-234.

RABINOW, P.; ROSE, N. 2003. *Thoughts on the concept of biopower today*.

RASMUSSEN, S. et al. 2004. Transitions from nonliving to living matter. *Science*, 13 February. p. 963.

RHEINBERGER, H. J. 1997. *Towards a history of epistemic things: synthesizing proteins in the test tube*. Stanford: Stanford University Press.

\_\_\_\_\_. 2003. Scripts and scribbles. *MLN*, n. 118, p. 622-636.

RIP, A. 2006. Folk theories about nanotechnologists. *Science as Culture*. v. 15, n. 4, p. 349-365.

ROCO, M. C. 1999. Nanoparticles and nanotechnology research. *Journal Of Nanoparticle Research*, n. 1, p. 1-6.

\_\_\_\_\_; BAINBRIDGE, W. S. (Eds.). 2002. *Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and the cognitive science*. Arlington, VA: National Science Foundation.

ROSE, N. 2001. The politics of life itself. *Theory, Culture & Society*, n. 18, p. 1-30.

SCHRÓDINGER, E. 1944. *What is life? The physical aspect of the living cell*. Cambridge: Cambridge University Press.

SCHWARZ, A. E. 2004. Shrinking the ecological footprint with nanotechnoscience? In: BAIRD, D.; NORDMANN, A.; SCHUMMER, J. (Eds.). *Discovering the nanoscale*. Amsterdam: IOS Press. p. 203-209.

SEEMAN N, C., BELCHER, A. M. 2002. Emulating biology: building nanostructures from the bottom up. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, p. 6451-6455. ✓

SIMONDON, G 1964. *L 'individu et sa genèse physico-biologique*. Paris: Presses Universitaires de France.

\_\_\_\_\_. 1992. The genesis of the individual. In: CRARY, I.; KWINTER, S. *Incorporations*. New York : Zone Books.

SMALLEY R. 2001. Of chemistry, love and nanobots. *Scientific American*, n. 285, p. 76-77.

\_\_\_\_\_. 2003a. Smalley responds. *Chemical & Engineering News*, n. 81, p. 39-40.

\_\_\_\_\_. 2003b. Smalley concludes. *Chemical & Engineering News*, n. 81, p. 41-42.