

Cadernos IHU em formação

Nanotecnologias

Possibilidades e limites

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Reitor

Marcelo Fernandes Aquino, SJ

Vice-reitor

José Ivo Follmann, SJ

Instituto Humanitas Unisinos – IHU

Diretor

Inácio Neutzling, SJ

Gerente administrativo

Jacinto Schneider

Cadernos IHU em formação

Ano 4 – Nº 26 – 2008

ISSN 1807-7862

Editor

Prof. Dr. Inácio Neutzling – Unisinos

Conselho editorial

Profa. Dra. Cleusa Maria Andreatta – Unisinos

Prof. MS Gilberto Antônio Faggion – Unisinos

Prof. Dr. Laurício Neumann – Unisinos

MS Rosa Maria Serra Bavaresco – Unisinos

Profa. Dra. Marilene Maia – Unisinos

Esp. Susana Rocca – Unisinos

Profa. MS Vera Regina Schmitz – Unisinos

Conselho científico

Prof. Dr. Gilberto Dupas – USP – Notório Saber em Economia e Sociologia

Prof. Dr. Gilberto Vasconcellos – UFJF – Doutor em Sociologia

Profa. Dra. Maria Victoria Benevides – USP – Doutora em Ciências Sociais

Prof. Dr. Mário Maestri – UPF – Doutor em História

Prof. Dr. Marcial Murciano – UAB – Doutor em Comunicação

Prof. Dr. Márcio Pochmann – Unicamp – Doutor em Economia

Prof. Dr. Pedrinho Guareschi – PUCRS – Doutor em Psicologia Social e Comunicação

Responsável técnico

Laurício Neumann

Revisão

André Dick

Secretaria

Camila Padilha da Silva

Projeto gráfico e editoração eletrônica

Rafael Tarcísio Forneck

Impressão

Impressos Portão

Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Instituto Humanitas Unisinos

Av. Unisinos, 950, 93022-000 São Leopoldo RS Brasil

Tel.: 51.35908223 – Fax: 51.35908467

www.unisinos.br/ihu

Sumário

Introdução	5
O debate da nanotecnologia exige a definição de um projeto estratégico para o país <i>Entrevistas com Paulo Roberto Martins</i>	8
O impacto da evolução científica para a sociedade <i>Entrevista com Solange Binotto Fagan</i>	16
Nanotecnologia, saúde e ambiente: riscos e benefícios <i>Entrevista com Priscyla Daniely Marcato</i>	18
A nanociência e a importância de uma cultura científica na sociedade <i>Entrevista com Peter Schulz</i>	20
A inserção das nanotecnologias na vida humana: como será o futuro? <i>Entrevistas com Edmilson Lopes Júnior</i>	23
Somos ciborgues? Nanotecnologias e as conseqüências na sociedade <i>Entrevista com Marko Monteiro</i>	28
“Eu mesmo, de certa forma, já sou uma espécie de ciborgue” <i>Entrevista com Richard Dulley</i>	32
O antropocentrismo se esboroa cada vez mais <i>Entrevistas com Attico Chassot</i>	35
A robótica, a biotecnologia e a nanotecnologia <i>Entrevista com Luiz Alberto Oliveira</i>	41
O homem, as máquinas e o futuro <i>Entrevista com João Camillo Penna</i>	46
Tecnobiociências. “Diante do menor risco, devemos parar” <i>Entrevista com Vera Lúcia Caldas Vidal</i>	51
“A vida biológica tornou-se tema e objeto político” <i>Entrevista com Adriano Premebida</i>	54

Nanotecnologia e nanociência	
<i>Entrevista com Victor Carlos Magno</i>	60
“Pensar a célula como uma espécie de computador”	
<i>Entrevistas com Ney Lemke</i>	63
Mundo do trabalho, sindicalismo e nanotecnologias	
<i>Entrevista com Ruy Gomes Braga Neto</i>	69
O Brasil e a pesquisa em nanotecnologias	
<i>Entrevista com Ronaldo Giro</i>	72
O Direito regulamentará as nanotecnologias?	
<i>Entrevista com Ângela Kretschmann</i>	75
Nanotecnologia e filosofia	
<i>Entrevista com Ricardo Timm de Souza</i>	79
Implicações da Física nas nanotecnologias	
<i>Por Carmo Heinemann</i>	81
Agilidade: computação quântica	
<i>Entrevista com Renato Portugal</i>	83
A refundação da Física pela Cosmologia	
<i>Entrevista com Mario Novello</i>	86
As nanotecnologias. Uma reflexão ética a partir de John Finnis	
<i>Entrevista com Wilson Engelmann</i>	88
Sistemas Inteligentes de Apoio à Decisão	
<i>Entrevista com Marco Aurélio Cavalcanti Pacheco</i>	91
Nanovigilância: qual é o limite?	
<i>Por Gerson Neves Pinto</i>	95

Introdução

Sob o título *Nanotecnologias. Possibilidades e limites*, o Instituto Humanitas Unisinos – IHU publica os *Cadernos IHU em formação* nº 26, com entrevistas e artigos de especialistas de diferentes áreas de conhecimento, que ampliam a discussão e a compreensão sobre o mundo quase indizível e ainda praticamente desconhecido pela humanidade que é o mundo das nanotecnologias.

Este número dos *Cadernos* também tem o objetivo de preparar o leitor mais diretamente para o grande evento da discussão das nanotecnologias que pretende ser o Simpósio Internacional *Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e limites das nanotecnologias*, a realizar-se na Unisinos, dias 26 a 29 de maio de 2008.

Além destes *Caderno IHU em formação*, o Instituto Humanitas Unisinos promoveu, nos meses de março, abril e início de maio, um pré-evento ao Simpósio Internacional, sob o título *Uma sociedade pós-humana? Uma visão a partir do cinema*, com o objetivo de discutir os avanços das tecnologias e suas implicações por meio do olhar da cinematografia. Foram apresentados e discutidos os filmes *Matrix*, de Larry Wachowski e Andy Wachows (1999); *Metropolis*, de Fritz Lang (1927); *Blade Runner*, de Ridley Scott (1982); *Gattaca – A experiência genética*, de Andrew Niccol (1997), e *Eu, robô*, de Alex Proyas (2004).

Descobertas recentes deram aos cientistas a habilidade de fabricar materiais simples com precisão atômica. A manipulação de átomos, molé-

culas e partículas subatômicas formarão um conjunto de ferramentas minúsculas, capazes de construir produtos complexos e dos mais variados tipos e tamanhos, mas sempre com a mesma precisão.

Nesse universo virtualmente invisível, é possível reconstruir tecidos humanos, produzir computadores minúsculos, mais potentes e rápidos. Na agricultura, nanosensores poderão medir níveis de água e de nitrogênio. Líquidos com átomos suspensos podem se transformar em bebidas diversas, depois de submetidos a certas frequências de ondas.

Estamos falando do avanço e da precisão da nanotecnologia, formada por estruturas de até 100 nanômetros, unidade que equivale à bilionésima parte de um metro (um fio de cabelo humano, por exemplo, tem 70 mil nanômetros de espessura).

Eric Drexler,¹ pai da nanotecnologia, revela que, atualmente, a nanotecnologia encontra-se ainda ao nível de ferreiro, da criação das ferramentas de base. Inicialmente, a nanotecnologia se manifesta em materiais, aparelhos, sensores e fármacos que já estão no mercado, através de produtos novos ou de produtos já conhecidos que incorporam nanopartículas.

Drexler prevê que a nanotecnologia mais avançada permite usar produtos como minúsculas ferramentas para construir ferramentas maiores, num processo semelhante ao ocorrido no

¹ Eric Drexler: cientista, engenheiro e primeiro PhD em nanotecnologia do mundo, pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, em 1991. Em 1986, escreveu o seu primeiro livro *Engines of creation* (Máquinas da Criação), no qual introduziu o termo nanotecnologia para expressar a nova tecnologia em que máquinas de tamanho nanométrico manipulam os átomos. Atualmente, é chefe do conselho técnico da Nanorex, empresa que desenvolve programas de engenharia molecular, usando como base o DNA, não como um gene, mas uma razão de sua nanotecnologia estrutural. Drexler será o conferencista do dia 27 de maio, das 9h às 10h no Simpósio Internacional *Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e limites das nanotecnologias*, quando falará sobre *Os nanosistemas. Possibilidades e limites para o Planeta e a sociedade*. (Nota da **IHU On-Line**)

passado, quando os ferreiros criaram as primeiras ferramentas, que, com o tempo, se transformaram em máquinas e, finalmente, em fábricas modernas.

Mas, para que isso se torne realidade, segundo Drexler, alguns desafios precisam ser encarados e superados. Primeiro, precisamos apoiar-nos no que já foi alcançado para reproduzir os achados em maior escala através de nanofábricas capazes de manipular com precisão alguns materiais brutos como moléculas simples. Como segundo desafio, Drexler aponta para a necessidade de criarmos novos programas de engenharia molecular, que usam como base o DNA, não como gene, mas em razão de sua nanotecnologia estrutural. Esses novos nanosistemas produtivos permitiriam fabricar moléculas com mais precisão. As chamadas Tecnologias de Precisão Atômica têm o potencial de vencer muitos dos maiores desafios globais, como reverter o acúmulo de gases do efeito estufa, trazendo revoluções para a ciência, a medicina, a energia e a indústria. “Essas tecnologias utilizam um processo controlado de operações para construir estruturas com precisão atômica, em que moléculas são arranjadas em posições e seqüências específicas”, explica o pesquisador Drexler.

Os processos avançados de produção atômica são nanoferramentas que permitem reestruturar e reagrupar moléculas de forma ordenada, criando produtos de alta precisão atômica. São os chamados nanosistemas produtivos, capazes de seguir instruções, passo a passo, até criar produtos complexos, exatamente como ocorre com os ribossomas, na Biologia, que seguem ordens digitais (dos genes) para guiar a montagem de objetos moleculares (as proteínas), explica Drexler.

Representantes de 70 grupos de pesquisadores dos Estados Unidos estão atualmente ocupados em criar o *Roadmap Project*, espécie de mapa que aponta que pesquisas devem ser desenvolvidas para que os processos avançados de produção com precisão atômica possam revolucionar tudo, criando, por exemplo, desde medicamentos inteligentes contra o câncer até células fotoelétricas com eficiência solar.

Trata-se, portanto, de uma tecnologia revolucionária para a fabricação de produtos de alta

performance dos mais variados tamanhos e tipos, a um custo baixo, com pequeno consumo de matéria-prima e de energia e sem emissão de carbono na atmosfera.

Alertamos, porém, como já aconteceu no caso dos transgênicos, para os possíveis prejuízos ao meio ambiente e à saúde humana, quando estas minipartículas entrarem em contato com o ar, a água, o solo e o organismo dos seres vivos. Como de praxe, os grandes grupos empresariais tendem a apropriar-se das novas tecnologias, à revelia de qualquer controle social, apresentando-as posteriormente como fato consumado e incontornável.

Contribuindo para o debate desse tema, a *IHU On-Line* entrevistou especialistas de diferentes áreas de conhecimento, como o Prof. Dr. Paulo Roberto Martins, sociólogo e pesquisador da Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT); Profa. Dra. Solange Binotto Fagan, física e pesquisadora do Centro Universitário Franciscano (Unifra), Santa Maria – RS; Profa. Doutoranda Priscyla Daniely Marcato, química e pesquisadora da Universidade de Campinas (Unicamp); Prof. Dr. Peter Schulz, físico e pesquisador da Unicamp; Prof. Dr. Edmilson Lopes Júnior, sociólogo e professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRGN); Prof. Dr. Marko Monteiro, sociólogo e pesquisador da Universidade do Texas; Prof. Dr. Richard Dulley, agrônomo, sociólogo e pesquisador do Instituto de Economia Agrícola (IEA), de São Paulo; Prof. Dr. Attico Chassot, doutor em Educação e professor da Universidade La Salle (UNILASALLE), Canoas – RS; Prof. Dr. Luiz Alberto de Oliveira, físico e pesquisador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF); Prof. Dr. João Camillo Penna, doutor em Literatura Comparada e professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Profa. Dra. Vera Lúcia Caldas Vidal, filósofa e pesquisadora da Fundação Osvaldo Cruz, do Rio de Janeiro; Prof. Dr. Adriano Premebida, sociólogo, e pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT); Prof. Dr. Wictor Carlos Magno, físico e pesquisador da Universidade do Vale do Rio dos Sinos e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Prof. Dr. Ney Lemke, físico e professor da Universidade Paulista Júlio de Mesquita

Filho (UNESP), de São Paulo; Prof. Dr. Ruy Gomes Braga Neto, sociólogo e professor da Universidade de São Paulo (USP); Prof. Dr. Ronaldo Giro, físico e pesquisador da Universidade de São Paulo (USP); Profa. Dra. Ângela Kretschmann, doutora em Direito e professora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos); Prof. Dr. Ricardo Timm de Souza, filósofo e professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS); Professor MS Carmo Heine-
mann, físico e professor da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos); Prof. Dr. Renato Portugal, físico e pesquisador do Centro Brasileiro de

Pesquisas Físicas (CBPF), do Rio de Janeiro; Prof. Dr. Mario Novello, físico e pesquisador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), do Rio de Janeiro; Prof. Dr. Wilson Engelmann, doutor em Direito e professor da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos); Prof. Dr. Marco Aurélio Cavalcanti Pacheco, doutor em Ciências da Comunicação e professor da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) e da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio); e o Prof. Dr. Gerson Neves Pinto, doutor em Direito e professor da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos).

O debate da nanotecnologia exige a definição de um projeto estratégico para o país

Entrevistas com Paulo Roberto Martins

Paulo Roberto Martins é sociólogo e pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), de São Paulo. cursou graduação em Sociologia e Política na Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo (FESPSP) e mestrado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). É doutor em Ciências Sociais, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Sua tese intitula-se *Trajetórias Tecnológicas e Meio Ambiente: A Indústria de Agroquímicos/Transgênicos no Brasil*. Organizou a obra **Nanotecnologia sociedade e meio ambiente** (São Paulo: Xamã, 2006).

Nestes Cadernos IHU em formação nº 25 sobre nanotecnologias, apresentamos três entrevistas com Paulo Roberto Martins. A primeira foi publicada na edição 120 da **IHU On-Line**, de 25 de outubro de 2004, intitulada “O mundo desconhecido das nanotecnologias”, disponível através do site www.unisinos.br/ihu. Para esta edição, o sociólogo concedeu a entrevista “O debate da nanociência exige a definição de um projeto estratégico para o país”, na qual comenta vários aspectos das nanotecnologias e traz os ecos do I Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, o qual coordenou em outubro de 2004, na Universidade de São Paulo (USP),

Na segunda entrevista, “Nanotecnologia no Brasil sem qualquer controle social”, concedida por e-mail à **IHU On-Line**, em 20 de novembro de 2006, Paulo Martins fala sobre os impactos sociais das nanotecnologias e sobre a produção brasileira de nanociência, que, na opinião do sociólogo, “está no mesmo nível de qualidade do que é produzido na Europa ou nos EUA. O que

não há é a possibilidade de se comparar os trabalhos em quantidades absolutas”.

Na terceira entrevista que Paulo Martins concedeu à **IHU On-Line** e que foi publicada nas **Notícias do Dia** do site do IHU (www.unisinos.br/ihu), em 15 de março de 2008, sob o título “Nanotecnologias: a relação com o meio ambiente e a sociedade”, ele alerta que os riscos das nanotecnologias para o meio ambiente ainda são pouco questionados, mas algumas conseqüências já podem ser previstas. A instalação do modelo de agricultura de precisão é um exemplo. Através deste método, toda atividade rural será realizada através de “nanosensores dispostos ao longo da área cultivada”. Essa atividade possibilitará a manipulação de átomos e moléculas, originando, mais tarde, uma interferência no mercado internacional destes produtos. “Não haverá mais regiões especializadas em produzir determinadas commodities agrícolas, nem regiões consumidoras destes produtos. Assim, teremos áreas industriais de manufatura molecular de alimentos e energia”, explica o pesquisador.

No minicurso Nanotecnologias e meio ambiente para uma sociedade sustentável, parte da programação do Simpósio Internacional Uma sociedade Pós-humana? Possibilidades e limites das nanotecnologias, Paulo Martins ampliará esse debate. O encontro está marcado para o dia 27-05-2008, às 14h.

IHU On-Line – Qual é a sua avaliação do Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, do qual o senhor foi o organizador?

Paulo Roberto Martins – Creio que o nosso seminário alcançou os objetivos. Todos os convidados compareceram, inclusive os internacionais. O conteúdo do seminário foi bastante bom. Tivemos visões que corresponderam àquelas redes que já estão produzindo no Brasil, da área de Ciências Exatas e Biológicas, com quem podemos estabelecer um diálogo. Por outro lado, tivemos a presença de Anabelle Hett, representando a área empresarial, portanto tivemos a visão de quem está trabalhando com essas questões nesse âmbito. A abertura do evento foi feita por um representante do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), portanto tivemos a representação do governo brasileiro. Também lançamos nossos olhares para questões referentes às ciências humanas. Consideramos que o seminário teve um caráter pluralista e integrador. Foi a ocasião em que fizemos o lançamento da rede e vários de seus componentes estavam presentes.

IHU On-Line – O que são essas redes?

Paulo Roberto Martins – No Brasil, existem redes de nanotecnologias. São redes constituídas por várias instituições de ensino e pesquisa. Uma delas é a rede de nanobiotecnologia. A outra é a rede de Rename, rede de moléculas e interfaces moleculares. A outra é a rede de nanomateriais. Esses coordenadores estiveram conosco e demonstraram o quanto têm sido produtivas essas redes, o quanto produziram de papers, participaram de encontros internacionais, o quanto geraram de patentes, bem como o quanto elas podem ser úteis. Essas redes existem no Brasil, desde 2001 e agora estão em processo de avaliação no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para ver como fica daqui para a frente. Nós constituímos a nossa rede, embora não tenhamos ainda nenhum acordo com o CNPq. Começamos ontem (20/10/2004) e vamos ver se, no futuro, o CNPq apresenta um edital para a constituição de redes. Então, iremos nos candidatar. Essa nossa rede é ligada à questão do meio ambiente: Rede de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma).

IHU On-Line – Quais são as estratégias que estão sendo delineadas, além da criação

dessa rede, para as discussões relacionadas ao meio ambiente?

Paulo Roberto Martins – Nessa rede, nós constituímos duas linhas de pesquisa. Uma delas envolve “impactos sociais, econômicos e ambientais da nanotecnologia”. Depois de constituída essa rede, para torná-la pública, cada um de nós, nos seus respectivos estados, vamos encaminhar para agências de fomento projetos de pesquisas nesse campo. Esse seminário nos deu a possibilidade de interação com essas pessoas que vieram do exterior. Estamos discutindo com o professor José Manuel Rodrigues Vitoriano, da Universidade de Valência, e com o professor Kenneth Gould, da Universidade de Saint Lawrence, do Estado de Nova Iorque, a possibilidade de realizar pesquisas nos Estados Unidos, Brasil e Espanha, sobre a mesma temática, de tal forma que possamos fazer um estudo comparado. Em termos de estratégia, queremos consolidar essa rede, realizando, em primeiro lugar, pesquisas no campo dos impactos sociais, ambientais e econômicos, e, em um segundo lugar, pesquisas sobre nanotecnologia, agricultura e sociedade. É mais voltada para aquilo que a nanotecnologia anda produzindo para ser utilizado no âmbito da organização das atividades no campo, na área rural. Isso também vai afetar o meio ambiente rural, onde se dá a produção agrícola, e a sociedade rural, que está diretamente envolvida na produção agrícola.

IHU On-Line – Em relação ao cenário internacional, a partir desses contatos, como se posiciona a pesquisa brasileira nessa área que o senhor está desenvolvendo?

Paulo Roberto Martins – Essas redes já estão realizando trabalhos que estão no nível internacional. Elas publicam nas melhores revistas da área. O que não podemos é comparar a quantidade, porque os recursos existentes nos Estados Unidos e na Europa não são comparáveis aos recursos que temos no Brasil. Nós, da área de Ciências Humanas, estamos começando, como está começando também a área de Ciências Humanas nos Estados Unidos e na Europa. Na Europa e nos Estados Unidos, foi realizado, há algum tempo, esse seminário que nós realizamos agora. Decorrente do seminário que eles realizaram, deu-se des-

taque às pesquisas, que ainda não têm relatórios, conclusões ou publicações. Estamos começando com um pouco de defasagem no tempo, mas com uma grande defasagem de recursos. Nosso recurso até agora é zero. A *Nacional Science Foundation* já colocou 1 milhão de dólares na Universidade da Carolina do Sul, no Instituto de Filosofia, para produzir trabalho nesse campo da nanotecnologia. Esperamos começar nosso trabalho no ano de 2005, para que, no futuro, em 2006, talvez, possamos já apresentar alguns resultados para daí poder fazer comparações com algum estudo no exterior.

IHU On-Line – O senhor acha que existe consciência política que viabiliza esse tipo de financiamento?

Paulo Roberto Martins – Acho que não. Isso é difícil. Não começamos no dia 18. Particpei de uma consulta pública que o Ministério de Ciência e Tecnologia fez em novembro/dezembro de 2003, sobre o Programa Nacional de Desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia. Naquela oportunidade, eu já elaborei um documento indicando a necessidade de incorporar as Ciências Humanas. De lá para cá, as coisas andaram pouco. Foi publicado um edital pelo CNPq. Para a área de nanobiotecnologia, foram destinados dois milhões de reais. Para a área de impacto social, ambiental, foram estabelecidos recursos de 200 mil. Mas foi aprovada apenas a metade, contemplando quatro projetos no valor de 100 mil. Dos 10% que tínhamos previsto, ficaram 5%. Não acho que seja fácil, não. Mas os exemplos que vêm de fora e a questão dos transgênicos, internamente, estão fazendo com que as agências de fomento comecem a olhar a necessidade de se ter esses estudos concomitantes aos outros que já estão sendo feitos. Além dos responsáveis terem essa sensibilidade por causa desses problemas, nós os estamos municiando com uma série de informações. Com isso, acreditamos que possamos ter, em 2005, um avanço maior. Já estamos com uma rede constituída, com 11, 12 pesquisadores em diversas instituições e temos uma massa crítica de elementos que têm experiência e podem, efetivamente, realizar as pesquisas necessárias

nesse campo da nanotecnologia, da sociedade e do meio ambiente.

IHU On-Line – Esse é um tema invisível para a população em geral. Como podemos tornar esse debate mais próximo?

Paulo Roberto Martins – Essa problemática não é exclusivamente nossa. O pesquisador inglês que esteve conosco, Dr. John Rayn, da Universidade de Oxford, nos retratou que, na Inglaterra, em pesquisas quantitativas que eles realizaram, detectaram que o grau das pessoas que tinham algum conhecimento sobre nanotecnologia, era de 29%. Na Inglaterra, 70% da população não têm nenhuma indicação do que seja isso. O desconhecimento do público sobre a matéria é algo generalizado. Acontece na Europa, nos Estados Unidos e aqui. Para superá-lo, há alguns mecanismos, alguns caminhos. E todos esses caminhos precisam ter a contribuição das Ciências Humanas. Além disso, existe a percepção pública, de maneira geral sobre a ciência e a tecnologia, e, de maneira específica, sobre a nanotecnologia. Para levar isso ao público, precisa-se de iniciativas e de recursos. Por outro lado, requer um ato de duas mãos; nós temos que conversar com o público, mas também ouvi-lo sobre isso. Com isso, acreditamos que a comunidade científica em geral, e em particular esses que estão produzindo nanociência e nanotecnologia, terão mais elementos para se pautarem nas suas pesquisas.

IHU On-Line – Que tipo de impacto podemos sofrer na agricultura, na alimentação, em decorrência dessa nova tecnologia e qual é o risco que corremos de esse debate adquirir um tom predominantemente emocional?

Paulo Roberto Martins – A primeira coisa é ter transparência. Quando se tem a transparência das ações que vão levar a um maior desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia no Brasil, se poderá ter um *feedback* maior. Quanto à agricultura, a nanotecnologia está entrando no que poderíamos chamar de uma agricultura que adquire mais tecnologia e tecnologia de precisão, principalmente na questão da agricultura irrigada, da agricultura em que se tem uma série de maquinários

através dos quais podemos saber exatamente a composição do solo, a quantidade de água etc. A questão que fica é: os elementos que podem ser inseridos no solo poderão chegar ao lençol freático, à água subterrânea? Contaminação de água é uma das possibilidades. Nos Estados Unidos, por exemplo, houve um único seminário, na Universidade de Cornell, para discutir especificamente esses assuntos. De maneira geral, tem-se com a nanotecnologia a possibilidade de inserir uma série de sensores que vão mostrar a forma como se comporta a água, o solo, o ar, para que, por meio de máquinas de precisão, seja possível inserir elementos conhecidos num ciclo de produção. O que não se sabe é, ao se colocar esses elementos, via nanotecnologia, nesse ciclo de produção agrícola, o que acontece. Vai para o solo? Permanece no lençol freático? Permanece na planta? Nós comemos esses elementos junto com a planta? O grande diferencial é que as coisas em nanopartículas se comportam de forma diferente das coisas em micropartículas. Elas passam a ter características químicas, físicas, elétricas diferentes. Tudo isso ainda está para ser desvendado. Não há pesquisa que diga que a introdução de tal elemento, nesse processo produtivo agrícola, que agora incorpora a nanotecnologia, terá um resultado A ou B.

IHU On-Line – Historicamente, a sociedade passa a conviver com a introdução de novas tecnologias como fato consumado, ficando sempre a reboque. O senhor acha que a nanotecnologia não se tornará um fato consumado?

Paulo Roberto Martins – No seminário, em várias ocasiões apareceram as expressões “nanooptimistas” e “nanopessimistas”. Há uma realidade que conhecemos (que independe de ser nanotecnologia, biotecnologia, ou a tecnologia em si, dependendo do momento histórico, qual é ela, e, se de ponta, predominante, hegemônica etc.) e tem sido apropriada, fundamentalmente, pelas grandes empresas. O exemplo dos transgênicos está aí. O povo está cultivando uma semente da qual uma empresa se acha proprietária. Está cobrando dos agricultores determinada quantia pelo saco de soja vendido por usar a semente que ela diz ser

dela. A Monsanto assim procede. As grandes corporações, que impõem, de forma global, essas tecnologias produzidas se apropriam delas. Não temos uma bola de cristal para dizer se com as nanotecnologias será diferente, mas temos indicadores de que quem está desenvolvendo nanotecnologia fora do país tem os vínculos com essas grandes corporações. É sabido que já tivemos outros episódios que redundaram nessa apropriação e imposição. Por isso, aqui no Brasil, é necessário que essa tecnologia não seja apropriada pelas grandes empresas, mas por outras. Até o momento isso está difícil, há poucas empresas envolvidas. Além do mais, quem trabalha com nanotecnologia e elabora um produto ou processo pede patente disso. O processo de obtenção de patente, no Brasil, é complicado. Nós levantamos a possibilidade de que, como eles estão produzindo com recursos públicos, em universidades, o fizessem não na forma de patente, mas na forma como ocorre com o *software* livre. O governo disponibiliza o dinheiro, põe os pesquisadores a produzir e, ao final do processo, tem-se um produto que pode ser livre, desde que uma série de empresas possa fabricar produtos que sejam de interesse público. Mas essa discussão está no começo. De modo que eu não sou otimista, do ponto de vista de que a população será, desta vez, a primeira a ser ouvida para depois vermos se teremos ou não nanotecnologia. O que queremos com a introdução da nossa rede é demonstrar para o governo que é assim que temos sido “engolidos”. Vamos ver se não o repetimos.

IHU On-Line – Como o senhor considera a possibilidade do estabelecimento de uma moratória na questão da nanotecnologia?

Paulo Roberto Martins – Esse é um ponto polêmico, porque muitos acham que, se o Brasil adotar uma moratória, mais uma vez vai perder o “bonde da história”, e lembram que não se pode ficar de fora dessas “ondas tecnológicas”. Além disso, fica evidente que estão envolvidos, nessa discussão, todos os interesses já mencionados. Claro que as empresas não aceitam isso. Eu sou simpático à idéia em si, mas o que se coloca para nós, no Brasil, é que precisamos definir rumos,

definir estratégias. Nossa estratégia é o quê? Queremos que tipo de país? Temos a maior biodiversidade do Planeta sendo pirateada. Qual é o estoque de conhecimento do Brasil sobre essa biodiversidade? Suponho que seja muito pouco. Se nos dedicássemos a produzir ciência e tecnologia voltada para essa biodiversidade, certamente em 20 anos ocuparíamos uma posição privilegiada no cenário mundial. Onde a nanotecnologia pode contribuir com isso? Aí, pensaríamos as tecnologias a serem desenvolvidas no Brasil em função disso. Só tendo um projeto, como país, se pode pensar na questão da moratória. Moratória para quê? Em quê? Por quanto tempo? A agenda do exterior, necessariamente, não deve ser a nossa.

IHU On-Line – O senhor gostaria de acrescentar outros comentários?

Paulo Roberto Martins – Nós realizamos o seminário, que foi o primeiro no país, quero ressaltar isso. Foi o primeiro evento no qual as Ciências Humanas se colocaram como a principal interlocutora. Organizamos a rede, portanto somos um grupo de pesquisadores que já se manifestou publicamente. Agora, aguardamos o edital, que permitirá constituir a nossa rede como as outras que existem.

Nanotecnologia no Brasil sem qualquer controle social

IHU On-Line – Quais são os maiores impactos da nanotecnologia na sociedade?

Paulo Roberto Martins – Não podemos falar em nanotecnologia no singular, mas sim em nanotecnologias, pois são de diversas matizes (diversas técnicas de manipular átomos e moléculas). Os impactos das nanotecnologias na sociedade são inúmeros. Por exemplo, no trabalho, muitos postos de trabalho poderão deixar de existir. Com a produção de vidro autolimpantes (um filme com componentes nano impede a aderência de qualquer coisa ao vidro), poderá significar a extinção do limpador de pára-brisa nos veículos. Logo, as fábricas de limpadores de pára-brisa deixarão de existir e, conseqüentemente os empregos. Este é

apenas um exemplo do impacto da nanotecnologia na sociedade.

IHU On-Line – Que relações podem ser estabelecidas entre nanotecnologia, sociedade e meio ambiente?

Paulo Roberto Martins – Ao possibilitar a manipulação de átomos e moléculas, a nanotecnologia proporciona a construção em laboratório de novos materiais (encadeamento de átomos e moléculas não encontrados na natureza) e de produtos híbridos (junção de matéria animada com inanimada, também não existente na natureza). Tanto os novos materiais como os produtos híbridos podem ser qualificados como uma “nova natureza”. A interação entre a natureza (nos seus diversos ecossistemas) e a “nova natureza” é algo que não sabemos no que vai dar, e tampouco temos pesquisas em curso para saber o que poderá ocorrer desta interação. A sociedade, por sua vez, será afetada pela nanotecnologia conforme ela for incremental (neste caso, a sociedade já tem experiência anterior) ou revolucionária (neste caso, a sociedade não tem experiência prévia, como poderá ser o caso dos nanorobôs). Com relação à sociedade, a nanotecnologia poderá determinar a destruição de postos de trabalho via fechamentos de fábricas e/ou ramos industriais e induzir o nascimento de outras fábricas e/ou ramos industriais em que novos conhecimentos serão exigidos da força de trabalho para que ela possa continuar. As nanotecnologias irão aprofundar o fosso (gap) que separa as sociedades desenvolvidas das sociedades subdesenvolvidas? Ou será uma tecnologia que possibilitará a diminuição deste fosso? Certamente, esta é uma das relações que se estabelecerá entre nanotecnologia e as sociedades neste mundo globalizado.

IHU On-Line – E quais são as perspectivas que a nanotecnologia pode trazer para a descoberta de novos tratamentos de saúde e soluções alimentares?

Paulo Roberto Martins – No campo da medicina, a nanotecnologia deverá contribuir para diagnósticos via os chamados chips laboratórios, em que uma quantidade grande de exames poderá

ser realizada *on-line*, em qualquer local, por um chip que faz isso, sem que a amostra precise ser encaminhada a laboratório. Outros aparelhos sofisticados de diagnósticos deverão indicar tratamentos preventivos para uma série de doenças, de tal forma que sejam eliminadas suas causas antes de elas se manifestarem. Quanto às soluções alimentares, eu diria o seguinte: que, primeiramente, a fome reinante no mundo não é um problema tecnológico. Já existe capacidade produtiva para se alimentar toda a população do planeta. A fome no mundo é um problema de renda das pessoas. Quem passa fome não tem renda para adquirir alimentos. Também vendida como a solução para a fome no mundo, a nanotecnologia não irá resolver este problema.

É possível que a nanotecnologia venha a alterar o padrão tecnológico agrícola hoje existente (insumos, fertilizantes, adubos, agrotóxicos, mecanização, tipo e qualidade de produtos, tipo e quantidade de produtores rurais, novos conhecimentos necessários), impondo novas soluções alimentares. Isto poderá implicar em novos incluídos e excluídos deste processo produtivo.

Uma agricultura mais “inteligente” via sensores *on-line* em toda a área plantada com transmissão e tratamento de dados também *on-line* poderá aumentar a produtividade agrícola, aumentar o capital mínimo para este tipo de atividade e deixar de produzir certas culturas que passam a ser “anti-econômicas” nesta nova forma de organizar a produção agrícola.

IHU On-Line – Em 2004, o senhor concedeu entrevista à IHU On-Line, falando sobre o projeto estratégico da nanotecnologia para o Brasil. Como definiria a situação desse projeto hoje, passados dois anos?

Paulo Roberto Martins – O projeto evoluiu na medida que tínhamos quatro redes de pesquisa e agora temos dez. Nenhuma destas dez redes pertence ao campo das ciências humanas, o que denota uma clara opção por uma visão não-multidisciplinar da nanotecnologia. Assim sendo, o projeto envolveu por esta razão, e também na medida que está sendo conduzido sem qualquer participação ou controle social, ficando apenas a

cargo dos cientistas, do Estado e de empresas a deliberação sobre o Programa Nano Brasil.

IHU On-Line – E quanto à situação da pesquisa nessa área em nosso país? Houve progressos de 2004 para cá?

Paulo Roberto Martins – Sem discutir aqui o significado do que pode ser entendido por “progresso” da pesquisa em nanotecnologia, podemos dizer que, com relação à nanociência, a produção brasileira está no mesmo nível de qualidade do que é produzido na Europa ou nos Estados Unidos. O que não há é a possibilidade de se comparar os trabalhos em quantidades absolutas. Portanto, o que se faz no Brasil neste campo se faz com muito boa qualidade. No que toca à transformação daquilo que é produzido pela nanociência em nanotecnologia, as intensas dificuldades ainda estão presentes, o que significa que não houve avanços significativos neste campo. As razões são variadas, mas a principal delas se refere à ausência de empresas inovadoras no parque industrial brasileiro.

IHU On-Line – No que diz respeito ao incentivo governamental à nanotecnologia, aconteceu algum incremento ou a situação permanece semelhante?

Paulo Roberto Martins – O incentivo governamental se ateve mais a iniciar uma segunda fase da nanotecnologia no Brasil com a construção de dez redes de pesquisas em novembro/2005 e a introdução da nanotecnologia na política industrial brasileira. Estes movimentos indicaram a um maior aporte de recursos para o desenvolvimento da nanotecnologia do que estava previsto no plano plurianual 2004/2007. Mais uma vez, as ciências humanas foram excluídas deste processo de desenvolvimento da nanotecnologia.

IHU On-Line – Gostaria de acrescentar algum aspecto não questionado?

Paulo Roberto Martins – Creio que um aspecto não questionado foi o relativo à participação pública e/ou controle social no desenvolvimento da nanotecnologia. No caso brasileiro, quase que integralmente, as pesquisas realizadas o são com re-

curso públicos. As prioridades para a alocação desses recursos públicos em pesquisas no campo da nanotecnologia não têm qualquer participação pública. As prioridades são definidas apenas pelos “especialistas”, membros do governo federal, e empresários. Não há, portanto, controle social sobre estas pesquisas.

Nanotecnologias: a relação com o meio ambiente e a sociedade

IHU On-Line – De que forma as nanotecnologias podem contribuir para o meio ambiente e para uma sociedade sustentável? E quais são os riscos da nanotecnologia para o meio ambiente?

Paulo Roberto Martins – É preciso, em primeiro lugar, dizer que uma sociedade sustentável não é essa na qual vivemos, nas dimensões locais, regionais e globais. Portanto, a contribuição da nanotecnologia para o meio ambiente e para uma sociedade sustentável deve ser pensada em termos da contribuição desta nova tecnologia para mudar as concepções e práticas atuais em relação ao meio ambiente e à sociedade. Em tese, diminuir a utilização de matérias-primas e energia será ótimo para o meio ambiente e a sociedade. É isto que a propaganda oficial da nanotecnologia nos diz. Entretanto, surge a dúvida: quem serão os proprietários desses processos nanotecnológicos? Eles estarão disponíveis a quem queira implementá-los em seus processos produtivos, ou estarão sob patentes, assegurando, assim, o monopólio de seu uso ao detentor das franquias, e com isto continuaremos a desperdiçar energia e matérias-primas?

Nos debates, os riscos da nanotecnologia para o meio ambiente não são questionados. Eles são ocultados pelo marketing pró-nanotecnologia. Aqui, há inúmeras perguntas sem respostas, sem pesquisas, sem recursos para estudos que possam responder a estas indagações. Um exemplo são os processos nanotecnológicos que geram resíduos nanotecnológicos. O que acontece quando estes resíduos são colocados no ar, na água e no solo? Quando produtos nanotecnológicos são

consumidos, o que acontece com o lixo proveniente deste consumo? Colocados em determinados ecossistemas, o que irá acontecer com esses ambientes que acolhem o lixo nanotecnológico? Para responder a esses questionamentos, necessitamos de pesquisas específicas para cada tipo de nanopartícula envolvida no processo. Mas, infelizmente, isto ainda está longe de acontecer em nosso país.

IHU On-Line – Que tipo de impactos as nanotecnologias podem causar no campo da agricultura?

Paulo Roberto Martins – No campo da agricultura, os impactos poderão ocorrer através da instalação do modelo de agricultura de precisão. Neste modelo, toda atividade agrícola será realizada *on-line*, viabilizada por nanosensores dispostos ao longo da área cultivada. Esses sensores emitirão informações coletadas por um sistema que alimenta um computador central. Este analisa e determina as ações a serem tomadas na forma *on-line*.

As informações coletadas apresentam uma análise do solo e a respectiva correção dos elementos químicos em quantidades não adequadas. Esse trabalho também possibilita um exame das questões hídricas, como a correção da falta de água no solo. Estudos relacionados à sanidade das plantas, à dosagem e à aplicação de agrotóxicos para combater determinada enfermidade vegetal também são possíveis através dessa técnica.

Entretanto, a agricultura ainda se encontra dentro dos padrões tecnológicos vigentes, sendo alterados de forma incremental pela nanotecnologia e tornando a produção agrícola semelhante à produção industrial. A perspectiva é que tenhamos isto no curto prazo.

A longo prazo, haverá uma mudança radical do padrão tecnológico de produção de alimentos e energia, com a dominação da manipulação de átomos e moléculas. Isso permitirá a instituição da manufatura molecular, que irá, então, substituir toda a produção agrícola realizada com extensão de terras. Neste caso, a manufatura molecular poderá produzir todo e qualquer produto agrícola que hoje depende de terra, clima, chuva, região. No futuro, o mercado internacional destes produ-

tos agrícolas irá ser afetado intensamente. Não haverá mais regiões especializadas em produzir determinadas commodities agrícolas, nem regiões consumidoras destes produtos. Assim, teremos áreas industriais de manufatura molecular de alimentos e energia.

IHU On-Line – Em relação à interação das nanotecnologias e ao meio ambiente, quais são os principais problemas éticos? Ainda faltam políticas de regulação?

Paulo Roberto Martins – Em termos de regulação falta tudo. Não há nenhum mecanismo de controle destinado à nanopartícula que indique se poderemos ter partes por trilhão/bilhão de alguma nanopartícula, nos corpos d’água, por exemplo. Do mesmo modo, não existem dados que comprovem a possibilidade de ingerir algum produto que contenha nanopartículas. Nem que o resíduo e/ou o lixo que as possua deva ser coletado e encaminhado a alguma área específica.

No que se refere às questões éticas, precisamos pensar se queremos ou podemos construir uma “nova natureza”, até agora não existente no planeta, e colocá-la nos ecossistemas já existentes. Quais são as conseqüências disto para a espécie humana e não humana?

Na medida em que a nanotecnologia já possibilita unir o animado com o inanimado, orgânico com inorgânico, poderemos nós nos tornar o “design” de vidas artificiais? As vidas sintéticas serão patenteáveis? Serão elas de “segunda categoria”

ou irão substituir os contingentes de “humanos descartáveis” presentes em vários continentes?

Já as questões éticas relativas ao poder, à propriedade, ao uso, aos costumes e à cultura estão no rol dos próximos conflitos e consensos.

IHU On-Line – Quais são as principais contribuições desses núcleos que pesquisam nanotecnologia, sociedade e meio ambiente?

Paulo Roberto Martins – A principal contribuição é fazer com que as Ciências Humanas passem a ter a nanotecnologia como objeto de pesquisa, reflexão e ação. A segunda é demonstrar que a nanotecnologia deve ser objeto da multidisciplinaridade, incluindo, neste caso, as Ciências Exatas, Humanas e Naturais. Só desta forma poderemos ter uma compreensão integral da nanotecnologia.

A terceira contribuição propõe discutir a produção da ciência e tecnologia como algo parcial. Por meio desse debate, é necessário mostrar que, por trás deste desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil e no exterior, está a questão dos interesses mercantis de países e empresas. Nesse sentido, queremos chamar a atenção para os interesses da sociedade, os quais também devem ser levados em consideração.

A última contribuição diz respeito à produção de conhecimento sobre esta temática. Isso já vem ocorrendo através de seminários internacionais (quatro já foram realizados), livros (quatro já estão publicados) e divulgação sobre o tema para o público não especialista.

O impacto da evolução científica para a sociedade

Entrevista com Solange Binotto Fagan

Solange Binotto Fagan é graduada, mestre e doutora em Física, pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atualmente, a professora coordena o Centro de Mestrado em Nanociências do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), em Santa Maria (RS). Solange também é revisora dos periódicos internacionais *Physical Review B*, *Chemical Physics Letters*, *Journal of Physical Chemistry B* e *Nanotechnology*.

“A nanotecnologia busca quebrar paradigmas em todos os ramos da sociedade”, afirmou a professora, em entrevista concedida à **IHU On-Line**, no dia 8 de outubro de 2007. Para ela, as nanotecnologias promoverão inúmeras mudanças, as quais poderão gerar impactos na vida em sociedade. Para ilustrar a afirmativa, Solange cita o exemplo de novos materiais como “roupas e tecidos com poder bactericida e fungicidas, carros com reforços mais leves em sua estrutura, mas, por outro lado, super resistentes”. Além disso, a pesquisadora comenta que a utilização de nanopartículas podem contribuir para a remoção dos gases tóxicos. Assim, ela explica que “todas as áreas serão alteradas, de alguma forma, pela nanotecnologia”. No entanto, ela destaca que os estudos sobre o tema precisam ser ampliados para não causar problemas ao ser humano e o ao meio ambiente.

IHU On-Line – Quais são os maiores avanços e os principais desafios da nanotecnologia hoje?

Solange Binotto Fagan – A nanotecnologia envolve o controle e a manipulação da matéria em escala atômica e molecular. Desta forma, um dos maiores desafios é obter um controle rígido sobre

os nanomateriais produzidos para aplicações de alto desempenho. Também se busca conhecer inúmeros novos materiais, pois se acredita que o potencial da nanotecnologia está explorado, ainda de forma muito precoce, e muitos materiais ainda serão conhecidos ou desenvolvidos para um fim específico de aplicação, o que é um dos principais objetivos da nanotecnologia.

IHU On-Line – Quais são as principais contribuições da nanotecnologia para a física e para a ciência?

Solange Binotto Fagan – Na realidade, a nanotecnologia é uma consequência de leis físicas, como a mecânica quântica, a qual explica o comportamento da matéria em escala nanométrica, assim como a Química, que estuda a relação entre átomos e moléculas, e a Biologia que faz a aplicação destas estruturas na vida de um ser vivo. Portanto, a nanotecnologia é uma aplicação de estudos multidisciplinares na escala nanométrica e observa-se que nesta escala fenômenos físicos, químicos e biológicos convergem para um único objetivo: a manipulação destas nanoestruturas. Então, esforços multidisciplinares estão sendo realizados para que a nanociência alcance frutíferas aplicações tecnológicas nas áreas de engenharias, medicina, computação etc.

IHU On-Line – Que tipo de fronteiras a nanotecnologia ultrapassa?

Solange Binotto Fagan – A nanotecnologia não busca somente aprimorar técnicas e equipamentos que já existem, mas busca quebrar paradigmas em todos os ramos da sociedade. Por exemplo, tecidos que são produzidos com nano-

partículas agregadas que podem ser fungicidas, bactericidas e auto-limpantes. Estes materiais são muito interessantes para a aplicação no dia-a-dia das pessoas. Por outro lado, devemos lembrar o número de pessoas que dependem da cultura do algodão para sobreviver, principalmente localizados em países do Terceiro Mundo, e que poderão sofrer conseqüências drásticas. Este fato mostra a diversidades de fronteira científica, tecnológica, humanística, cultura e política que a nanotecnologia está impondo com esta nova revolução científica que está chegando.

IHU On-Line – Em que medida as nanotecnologias impactam em nossa vida em sociedade? O que mais muda?

Solange Binotto Fagan – Existem inúmeras mudanças que são previstas e podem ter um grande impacto da nossa vida em sociedade, por exemplo novos materiais como roupas e tecidos com poder bactericida e fungicidas, carros com reforços mais leves em sua estrutura, mas, por outro lado, super resistentes; impactos na prevenção, detecção e cura de doenças, por meio do uso de fármacos agregados em nanovetores, cosméticos com alto poder de absorção, órgão e músculos artificiais; energias mais limpas e uso de nanopartículas para remoção de gases tóxicos. Enfim, costuma-se dizer que todas as áreas serão alteradas, de alguma forma, pela nanotecnologia e que muitas das aplicações ainda nem somos capazes de vislumbrar.

IHU On-Line – Como o ser humano passa a se ver a partir das nanotecnologias em sua vida?

Solange Binotto Fagan – É um pouco assustador, eu confesso. Repentinamente, estamos em frente a uma nova tecnologia que pode mudar a nossa forma de viver e de nos relacionar na sociedade de forma radical. O ser humano sempre busca julgar os aspectos positivos, bem como os negativos de qualquer inovação. Na nanotecnologia não é diferente. Do mesmo modo que sabemos que a nanotecnologia já vem demonstrando ótimos resultados para curas de doenças, novos materiais já estão à nossa disposição, como tecidos e vidros auto-limpantes, aparelhos eletrodomésticos com nanoestruturas e impactos ainda almeçados. Há também o medo de se usar esta tecnologia e desestabilizar o meio ambiente, criando problemas com o ser humano. Também não sabemos o impacto do uso da nanotecnologia na nossa vida. Portanto, ao mesmo tempo em que nos sentimos extasiados com os possíveis impactos da nanotecnologia, também nos sentimos inquietados com o que pode ser gerado com o mau uso desta.

Pesquisas

Gostaria de frisar que a nanotecnologia está apenas na infância e que para ela seja plenamente usada para o bem da vida das pessoas devemos, nós pesquisadores, realizar trabalhos sérios para possibilitar o seu uso correto do ponto de vista científico e tecnológico. Os pesquisadores do Brasil e do Mundo ligados a esta área devem ter consciência do poder científico que têm em suas mãos, o que está levando a uma nova revolução científica e tecnológica em nossa sociedade.

Nanotecnologia, saúde e ambiente: riscos e benefícios

Entrevista com Priscyla Daniely Marcato

Priscyla Daniely Marcato é graduada e mestre em Química, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Tem experiência na área de Nanobiotecnologia. Atualmente, faz doutorado no Instituto de Química pela Universidade de Campinas na área de Nanobiotecnologia aplicada em cosméticos, com experiência em preparação de nanopartículas lipídicas sólidas, caracterização físico-química destes sistemas e teste in vitro de permeação em pele.

Priscyla Marcato fala sobre o uso da nanotecnologia na área farmacêutica e declara: “A busca pela eterna juventude nunca será saciada”

*Ao falar sobre os benefícios e riscos da nanotecnologia e da nanobiotecnologia, a professora Priscyla Daniely Marcato afirma, em entrevista à **IHU On-Line**, em 31 de março de 2008, que as vantagens desta nova área para a saúde humana são diversas: “a detecção precoce de doenças, como o câncer, tratamentos mais eficientes de diversas doenças, com redução da toxicidade e dos efeitos colaterais e com um número menor de doses”. No entanto, Marcato alerta que, “apesar das vantagens, a nanobiotecnologia pode trazer riscos ao ser humano se produzida sem controle”.*

IHU On-Line – O que podemos entender por nanobiotecnologia, desde seu conceito até sua aplicação? Quais são os seus principais benefícios?

Priscyla Daniely Marcato – Nanotecnologia é a manipulação da matéria ao nível molecular, visando à criação de novos materiais, substâncias e produtos aplicados em processos biológicos. Os benefícios da nanobiotecnologia são diversos, como, por exemplo, redução de toxicidade, libe-

ração lenta de ativos, redução no número de doses no caso de fármacos ou cosméticos que tenham na sua formulação nanoestruturas, aumento da reatividade, e melhoramento das propriedades físicas de materiais, entre outros.

IHU On-Line – A nanobiotecnologia causa algum impacto ambiental? Qual?

Priscyla Daniely Marcato – Sim, a nanotecnologia pode causar tanto impactos positivos quanto impactos negativos ao meio ambiente. Em relação aos impactos positivos, podemos citar tratamentos mais eficientes de águas e solos contaminados e detecção de contaminantes utilizando nanobiosensores. Em relação aos impactos negativos, estes ainda não são bem conhecidos, pois ainda não há relatos de estudos a longo prazo. Entretanto, já há relatos de que nanoestruturas podem se acumular em peixes e alterar o crescimento de milho, soja e cenoura.

IHU On-Line – Quais são os principais avanços da nanotecnologia farmacêutica, principalmente aquela aplicada aos cosméticos? O que já está disponível no mercado?

Priscyla Daniely Marcato – A nanotecnologia já está presente na área de cosméticos há algum tempo, principalmente para proteger moléculas que se degradam facilmente como a Vitamina C. Além disto, nanoestruturas em cremes podem diminuir a perda de água através da pele aumentando a hidratação da mesma. Já há diversos cosméticos com nanotecnologia no mercado, principalmente em cremes antiidade e também em cremes corporais para aumentar a hidratação. Na área de fármacos, ainda há poucos produtos

no mercado, entretanto estes ainda são muito caros e pouco acessíveis.

IHU On-Line – Como os avanços da nanotecnologia contribuem para saciar a sede humana pela eterna juventude?

Priscyla Daniely Marcato – Na minha opinião, esta busca pela eterna juventude nunca será saciada, mas a nanotecnologia pode contribuir muito nos tratamentos antiidade. Isto porque nanoestruturas podem aumentar a penetração de moléculas (princípio ativo) através da pele até a região de ação da mesma, como, por exemplo, até a derme, na qual um princípio ativo específico pode estimular a produção de elastina e colágeno que oferecem à pele firmeza e elasticidade, suavizando rugas. No nosso laboratório, desenvolvemos pesquisas voltadas para esta área, com o desenvolvimento de diferentes nanoestruturas no carreamento de moléculas com atividade cosmética.

IHU On-Line – Quais são as maiores contribuições que a nanotecnologia pode oferecer à saúde humana? Ela oferece algum risco também?

Priscyla Daniely Marcato – As vantagens para a saúde humana são diversas, como a detecção precoce de doenças, a exemplo do câncer, tratamentos mais eficientes de diversas doenças, com redução da toxicidade e dos efeitos colaterais e com um número menor de doses. Apesar das vantagens, a nanobiotecnologia pode trazer riscos ao ser humano se produzida sem controle. Pois, dependendo do diâmetro das nanoestruturas e do material de que estas são formadas, elas podem se acumular em diferentes órgãos causando danos no tecido ao redor e podem até se acumular no cérebro. Porém, se forem produzidas nanoestruturas biodegradáveis e com diâmetros controlados, estes riscos são muito reduzidos.

IHU On-Line – Na sua opinião, quais são as conseqüências de uma possível “popularização” das nanotecnologias na sociedade?

Priscyla Daniely Marcato – Uma das primeiras conseqüências é a queda do preço de produtos com esta tecnologia que ainda são muito elevados. Além disto, pode haver um aumento na qualidade de vida como acontece com a introdução de uma nova tecnologia.

A nanociência e a importância de uma cultura científica na sociedade

Entrevista com Peter Schulz

Peter Schulz é graduado e mestre em Física, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Doutorou-se em Física, pela Unicamp, com doutorado-sanduíche na Universidade Autônoma de Madrid (UAM), Espanha, com a tese Tunelamento em Heteroestruturas de Semicondutores, e é pós-doutor pelo Max Planck Institut Für Festkörperforschung, em Stuttgart, Alemanha, e livre-docente pela Unicamp.

*Como docente na Unicamp, Instituto de Física Gleb Wataghin, o físico Peter Schulz afirma que “se a nanociência e a nanotecnologia cumprirem 20% das promessas veiculadas teremos já incríveis avanços na medicina, economia de combustível, novas melhorias nas tecnologias de informação, e preservação do meio ambiente”. E completa: “Precisamos, no entanto, desenvolver uma cultura científica na sociedade para que essa, como um todo, possa discutir melhor a conveniência dessas mudanças tecnológicas. Estamos acostumados a considerar que qualquer mudança tecnológica é um progresso. Não necessariamente, a questão nuclear é um exemplo de quão complexo é o debate em torno de novas tecnologias”. Estas declarações foram feitas por Peter Schulz na entrevista concedida à **IHU On-Line**, dia 5 de novembro de 2007. Schulz foi o palestrante do III Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI: o admirável e o desafiador mundo das nanotecnologias, com o tema “Os caminhos entre a ciência e a tecnologia no mundo nanoscópico: seus precursores e as perspectivas futuras”, no dia 7 de novembro de 2007. Este Ciclo é pré-evento do Simpósio Internacional Uma sociedade pós-humana? Possi-*

bilidades e limites das nanotecnologias, que se realizará de 26 a 29 de maio de 2008, na Unisinos.

IHU On-Line – Quais são os atuais caminhos entre a ciência e a tecnologia no mundo nanoscópico?

Peter Schulz – Em primeiro lugar, eu gostaria de chamar a atenção ao que significa o mundo nanoscópico. Trata-se de manipular de modo controlado, aproveitando fenômenos físicos, químicos e biológicos, objetos com dimensões da ordem de até um bilionésimo de metro. Um bilionésimo de metro é o comprimento de 10 átomos de hidrogênio em fila.

Existem atividades em várias frentes. A mais conhecida talvez seja a pesquisa e desenvolvimento em torno das tecnologias de informação. Aqui, eu me refiro aos esforços na contínua miniaturização de circuitos integrados (microprocessadores e chips de memória). O contínuo desenvolvimento dos circuitos baseados em silício já chegou à escala nanoscópica, pois, atualmente, as dimensões características dos dispositivos gravados nos chips são de apenas algumas dezenas de nanômetros. Por outro lado, existe um esforço intenso para achar substitutos a essa tecnologia, ou seja, tentar construir uma eletrônica baseada em moléculas. É a chamada eletrônica molecular, que permitiria diminuir as dimensões dos componentes de um fator 10.

Além disso, existem produtos já disponíveis no mercado (que é da ordem de dezenas de bilhões de dólares) baseados em nanopartículas, principalmente na indústria química, no meio

ambiente e na medicina. Nesse último item, merecem destaque os chamados remédios inteligentes, que reconhecem as células doentes e têm uma ação seletiva muito mais eficaz.

IHU On-Line – E quais seriam os maiores desafios que se apresentam nesse campo do conhecimento?

Peter Schulz – É difícil responder, pois, se estamos no limiar de uma verdadeira revolução tecnológica, não é possível prever os desdobramentos pontuais mais inovadores. Um exemplo interessante (que também se insere no contexto da pergunta acima) é a busca de substitutos eficientes para as atuais lâmpadas para iluminação pública. Aqui, teríamos possivelmente a contribuição de diodos emissores de luz baseados em nanotubos de carbono.

Na construção da nanociência em si, existe o desafio da interdisciplinaridade, que é a característica principal dessa atividade. Aqui, vale lembrar uma estudiosa da interdisciplinaridade, Julie Klein, que destaca que qualquer atividade interdisciplinar incorpora uma rede complexa de fatores históricos, sociais, psicológicos, políticos, econômicos, filosóficos e intelectuais. Independentemente da opção de que essa atividade torne-se uma instrumentação de curto prazo ou uma reconcepção a longo prazo, do modo que aprendemos e conhecemos de resolver problemas e respondemos questões, o conceito de interdisciplinaridade é um importante meio de resolver problemas que não podem ser tratados usando métodos ou abordagens singulares.

IHU On-Line – A quais precursores podemos nos referir quando falamos em ciência e nanotecnologia no mundo nanoscópico?

Peter Schulz – Existem vários. Muitos dos aspectos que hoje constituem a nanociência e a nanotecnologia já foram alvos de intensa pesquisa, mas em contextos isolados. Por exemplo, quando falamos de nanopartículas, estamos nos referindo a objetos estudados há mais de um século, mas eram chamados de colóides (bem, nem todo colóide é nano). Várias possibilidades de aplicação para as nanopartículas já eram pesquisadas há

muito tempo, inclusive com aplicações na medicina. Como curiosidade, eu posso mencionar um estudo de Albert Sabin, de 1940, sobre o uso terapêutico de nanopartículas de ouro.

Um outro exemplo é a busca de manipulação em escala microscópica e mesmo nanoscópica já na década de 1930 do século passado, quando contatos elétricos podiam ser aproximados e afastados por distâncias controladas de até 1 nanômetro.

IHU On-Line – Que perspectivas futuras se delineiam a partir do desenvolvimento da nanotecnologia?

Peter Schulz – É muito difícil fazer esse exercício de futurologia. Uma característica fantástica da ciência é que existem os chamados fenômenos emergentes, ou seja, que não podem ser previstos a partir de regras e leis conhecidas. Isso ocorre muito na minha especialidade, a Física da Matéria Condensada. E aqui vai um exemplo: os chamados Mosfets de silício, que são um tipo de transistor com um canal de condução de carga elétrica efetivamente em duas dimensões, ou seja, os elétrons estão presos em um plano. Pois bem, esse desenvolvimento tecnológico permitiu que se fizesse pesquisa básica nesses sistemas físicos em duas dimensões e descobertas fundamentais e inesperadas, como o efeito Hall quântico. E continuam sendo feitas: a mais recente é a obtenção do Grafeno (uma única camada de átomos de carbono, “descolada” de um pedaço de grafite), forte candidato a aplicações em nanoeletrônica.

Uma imagem de fenômenos emergentes é a do futebol. As regras que permitiriam a um grupo de pessoas, que nunca tivesse ouvido falar desse esporte, começar a jogar cabem em uma página. No entanto, em mais de um século, nunca ocorreram dois jogos iguais. Esse conjunto de regras que possibilitam o jogo em si não consegue prever fenômenos como, por exemplo, aquela fantástica jogada da Marta no último campeonato mundial.

IHU On-Line – Quais serão os principais ganhos à humanidade e, por outro lado, as principais limitações ou embates, inclusive

tecnológicos e éticos, surgidos desse contexto?

Peter Schulz – Se a nanociência e a nanotecnologia cumprirem 20% das promessas veiculadas, teremos já incríveis avanços na medicina, economia de combustível, novas melhorias nas tecnologias de informação e preservação do meio ambiente. Precisamos, no entanto, desenvolver uma cultura científica na sociedade, para que essa, como um todo, possa discutir melhor a conveniência dessas mudanças tecnológicas. Estamos acostumados a considerar que qualquer mudança tecnológica é um progresso. Não necessariamente, a questão nuclear é um exemplo de quão complexo é o debate em torno de novas tecnologias. A percepção adequada das implicações de novas tecnologias é um assunto considerado ainda muito superficialmente por todos os agentes envolvidos: pesquisadores, imprensas, governos e públi-

cos (o plural é proposital, pois é um problema universal). Nesse cenário, insere-se a necessária discussão ética, pois novas soluções tecnológicas podem representar novas potenciais ameaças ao meio ambiente, por exemplo.

IHU On-Line – Gostaria de acrescentar algum aspecto não questionado?

Peter Schulz – O desenvolvimento do que eu chamei de cultura científica precisa ter uma componente forte de educação não formal e mecanismos para promovê-la precisam ser fomentados. Uma alternativa são os museus de ciência, que precisam ser estimulados e disseminados por todo o país. No caso específico da nanociência, temos em Campinas a Nanoaventura, que já passou pelo país afora. Convido a todos passear virtualmente pelo site <http://www.mc.unicamp.br/nanoaventura/>

A inserção das nanotecnologias na vida humana: como será o futuro?

Entrevistas com Edmilson Lopes Júnior

Edmilson Lopes Júnior é graduado e mestre em Sociologia, pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRGN), e doutor em Ciências Sociais, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), com a tese *A construção Social da Cidade do Prazer: Urbanização Turística, Cultura e Meio Ambiente em Natal (RN)*. Atualmente, é docente do departamento de Ciências Sociais da UFRGN.

A **IHU On-Line** fez duas entrevistas com Edmilson. Na primeira, sob o título “A inserção das nanotecnologias na vida humana: como será o futuro?”, publicada na edição 251, de 17 de março de 2008, Edmilson afirma que “há mais especulações e projeções do que fatos concretos que alicersem algumas das análises alarmistas com as quais nos defrontamos sempre que alguém se dispõe a comentar sobre os impactos sociais das nanotecnologias”. Entretanto, reconhece o sociólogo, os processos de inovação tecnológica criam, como de praxe, “novos campos de atuação e novas possibilidades de desenvolvimento das potencialidades criativas dos humanos”. Para Edmilson Lopes Júnior, as nanotecnologias apenas “radicalizam tendências atuais”. Não há por que atribuir poderes mágicos a elas, garante o sociólogo. Entre as promessas de benefícios milagrosos e o medo de criar objetos incontroláveis, crescem as especulações sobre o futuro humano integrado às tecnologias. “Mudanças sociais significativas, as quais impactam profundamente nossa forma de ser e estar no mundo” acontecerão com o tempo, afirma o pesquisador.

Na segunda entrevista, sob o título “As Ciências Sociais têm papel estratégico nas definições

sobre nanotecnologia”, publicada na edição 120, de 25 de outubro de 2004, Edmilson sustenta que a nanotecnologia não é de fácil compreensão dos leigos, por isso tornou-se “terreno fértil para a construção de profecias apocalípticas e escatológicas”. Sustenta também que as Ciências Sociais podem e devem exercer um papel estratégico, como “fornecer elementos para aumentar a reflexividade do público leigo sobre essa tecnologia”.

IHU On-Line – Como construir um debate não emocional, como o senhor diz, sobre os ganhos e riscos colocados pelas nanotecnologias?

Edmilson Lopes Jr. – Advogar a realização de um debate menos emocional sobre os ganhos e riscos colocados pela nanotecnologia nas Ciências Sociais implica, antes de tudo, em levar sempre em conta o conselho de Pierre Bourdieu, maior sociólogo da segunda metade do século XX, de que devemos ter cuidados para não transplantar mecanicamente para o campo científico as querelas ideológicas da luta política. Ele expressa também a preocupação de não incorrerem, nesta questão, no mesmo tipo de equívoco que boa parte das Ciências Sociais embarcou quando da discussão sobre os organismos geneticamente modificados: buscou-se mais demarcar e fazer avançar posições definidas do que compreender o que estava de fato ocorrendo. Numa situação como essa, o perdedor é o grande público, que não pode contar com análises distanciadas e realmente críticas. Isso não significa, obviamente, que, enquanto cidadãos, engajemo-nos apaixonadamente em defesa dessa ou daquela proposição sobre

as implicações do desenvolvimento da nanotecnologia. O que não podemos, repito, é subordinar a análise científica àquelas proposições emocionalmente defendidas.

Obviamente não se trata, por certo, de fazer entrar novamente em cena superados preceitos positivistas do que venha a ser um debate científico objetivo. Longe disso! E nem de propor que se guarde no armário nossas paixões e interesses. Muito pelo contrário, quanto mais claros e expostos ao conhecimento geral eles estiverem, melhor. A objetividade é sempre o resultado do esclarecimento do lugar social, político e científico a partir do qual emergem as análises e proposições.

IHU On-Line – Como as Ciências Sociais podem ajudar a democratizar as discussões sobre os impactos das nanotecnologias? De que maneira isso vem sendo feito?

Edmilson Lopes Jr. – As nanotecnologias abrem uma importante oportunidade para uma interconexão entre as Ciências Sociais e as outras ciências. E isso será possível na medida em que os cientistas sociais não caírem na tentação de criar mais um campo interdisciplinar, o qual, como já nos alertou Stephen Wood, pode levar a produção de “especialistas de coisa nenhuma”. Na medida em que construamos uma boa ciência social (seja antropologia, ciência política ou sociologia) das nanotecnologias, estaremos cumprindo um importante papel. O conhecimento produzido por essas Ciências Sociais contribuirá para democratizar as informações sobre as nanotecnologias.

Há uma agenda de pesquisa que pode e deve ser enfrentada: como se configura o campo científico das nanotecnologias (suas linhas de força, relações de poder, capital científico etc.)? Com base nas informações disponíveis – fornecidas pelos cientistas envolvidos em projetos de nanotecnologias –, que cenários sociais e econômicos podemos desenhar para o futuro próximo? Quais expectativas, desejos e fantasias são expressos nos materiais produzidos pela mídia e pela indústria cultural a respeito das nanotecnologias? Quais são as dimensões econômicas, culturais e sociais que envolvem o desenvolvimento das nanotecnologias?

Em parte, aqueles preocupados em trabalhar com a temática das nanotecnologias no campo das ciências sociais têm incorporado, em seus trabalhos, algumas das questões acima apontadas.

IHU On-Line – As nanotecnologias podem redefinir os usuais modelos da realidade social? Isso já está acontecendo e nem estamos nos dando conta?

Edmilson Lopes Jr. – As nanotecnologias, de algum modo, apenas radicalizam tendências atuais. Na realidade, mudanças sociais significativas, as quais impactam profundamente nossa forma de ser e estar no mundo, vão ocorrer aos poucos. A redefinição de espaço e tempo provocado pelo uso generalizado da telefonia móvel é um exemplo dessas transformações. Em alguns campos, como o da leitura ótica, a nanotecnologia barateará a produção e isso, acredito, implicará num aumento exponencial do controle da privacidade. Esse controle, não será nenhum produto da nanotecnologia, mas a expansão de uma tendência social hoje presente.

Claro que em alguns setores, na medicina, por exemplo, as aplicações das nanotecnologias poderão provocar grandes revoluções nas formas de tratar de doenças e de enfrentar vulnerabilidades e limites físicos.

IHU On-Line – E no que se refere ao mundo do trabalho? O desenvolvimento das nanotecnologias tem transformado a realidade dos meios de produção e a dinâmica do mercado, exigindo até maior qualificação dos profissionais?

Edmilson Lopes Jr. – Também em relação à redefinição dos postos de trabalho, acredito que haja mais especulações e projeções do que fatos concretos que alicercem algumas das análises alarmistas com as quais nos defrontamos sempre que alguém se dispõe a comentar sobre os impactos sociais das nanotecnologias.

Destruição criadora, essa a lógica dos processos de inovação tecnológica. Não será diferente com as nanotecnologias. Com o desaparecimento de formas de trabalho e organização da produção hoje existentes, teremos novos campos de atua-

ção e novas possibilidades de desenvolvimento das potencialidades criativas dos humanos. Mas é sempre bom lembrar que as inovações tecnológicas não se desenvolvem num vazio, mas embebidas em relações econômicas, culturais e sociais. Por outro lado, o aumento da complexidade dos sistemas sociais conspira contra as análises causais simples.

IHU On-Line – Alguns pesquisadores apontam apenas vantagens para a sociedade no que se refere à utilização das nanotecnologias. Entretanto, uma vez que grandes multinacionais dominarem essa tecnologia, países e populações pobres podem ser particularmente afetados?

Edmilson Lopes Jr. – Os países com maior investimento na pesquisa de ponta serão, inevitavelmente, os principais ganhadores da nova revolução técnico-científica que as nanotecnologias anunciam. Mas também foi assim em relação a revoluções precedentes. Por outro lado, na medida em que o desenvolvimento das nanotecnologias implica um grande investimento de capital econômico e científico, os grandes grupos empresariais tenderão a ser os dominantes na área. Essa perspectiva, mais do que legitimar o imobilismo ou a negação do desenvolvimento científico, deve nos conduzir a uma postura de maior cobrança de investimentos públicos tanto nas pesquisas na área quanto em investigações das Ciências Sociais. Estas últimas poderão fornecer informações e saberes importantes para o monitoramento dos agentes públicos e dos atores sociais.

IHU On-Line – Esse debate está bastante polarizado entre os especialistas. Os que são favoráveis argumentam que as nanotecnologias serão benéficas e, entre outras coisas, possibilitarão a eliminação de desperdícios na produção de produtos, reduzindo a dependência de recursos naturais no desenvolvimento de novas tecnologias. Em contrapartida, os críticos apontam que elas podem ter impactos negativos na saúde e no meio ambiente. Diante dessas divergências, qual a sua avaliação?

Edmilson Lopes Jr. – Devo reafirmar que existem muitas especulações e projeções irrealistas em relação às nanotecnologias. De algum modo, mesmo que involuntariamente, essas projeções constroem muitas das posturas alarmistas que vemos por aí. Nunca é demais repetir, já que lições básicas da sociologia estão sendo olvidadas no debate sobre as nanotecnologias, que são os atores sociais (nós, homens e mulheres concretos), com suas ações (nem sempre controladas e previsíveis, por certo) e relações, que determinam o rumo dos acontecimentos. Nesse sentido, não há por que atribuir poderes mágicos (malignos ou milagrosos) a uma determinada tecnologia.

IHU On-Line – As nanotecnologias podem ser vistas como uma conquista e uma extensão do ser humano, já que ela foi desenvolvida pelo homem? Nesse contexto, não precisamos temê-las?

Edmilson Lopes Jr. – As nanotecnologias são, sim, uma expressão da criatividade humana. E, como tal, com potencialidades e possibilidades em aberto. Tanto podem contribuir para a melhoria de nossa vida como para agravar velhos problemas sociais, como, por exemplo, o da desigualdade.

As Ciências Sociais têm papel estratégico nas definições sobre nanotecnologia

IHU On-Line – No que diz respeito às relações da nanotecnologia com a sociedade, quais são as suas principais preocupações?

Edmilson Lopes Jr. – A nanotecnologia não é algo de fácil entendimento pelos leigos. Tem sido, até agora, terreno fértil para a construção de profecias apocalípticas e escatológicas. Desvencilhar o debate e as informações, relacionadas a essa nova tecnologia das armadilhas, apresentadas pelo sensacionalismo, é a primeira e mais urgente tarefa exposta para todos quantos estejam preocupados com um desenvolvimento responsável e eticamente orientado da pesquisa científica. Ora, esse é um desafio com o qual a comunidade cien-

tífica, ainda prisioneira de uma forma de compreensão do mundo em que a ciência se autojustifica, tem muitas dificuldades em se relacionar de forma séria e responsável, principalmente em relação às objeções legítimas antepostas pelos leigos. Em resumo, entendo que precisamos construir, enquanto há tempo, as bases para um debate não emocional sobre os ganhos e riscos colocados pela nanotecnologia.

IHU On-Line – Tendo participado como palestrante do Seminário Internacional de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, quais as impressões que o senhor colheu sobre as manifestações dos palestrantes de outros países?

Edmilson Lopes Jr. – Incompreensões mútuas, desconfianças e uma certa animosidade ainda marcam o relacionamento da comunidade científica envolvida com a pesquisa de ponta em nanotecnologia e nós outros, preocupados em entender as suas conseqüências – que, no meu entender, serão radicais – para as nossas vidas individuais e coletivas. Tanto é assim que, nos Estados Unidos, cientistas sociais e entidades da sociedade civil estão propondo uma “moratória” em inovações (e não em invenções) na área de nanotecnologia. Mas é uma proposição sem nenhuma possibilidade de vir a se concretizar, tanto pelas expectativas sociais criadas em torno da nanotecnologia quanto pelas pressões dos investidores financeiros que têm vislumbrado, nessa área de pesquisa, uma nova e deslumbrante fronteira para a acumulação de capital num futuro próximo.

IHU On-Line – A humanização da tecnologia é um tema recorrente nas ciências sociais. À luz das experiências sociais anteriores de adoção e introdução de novas tecnologias, quais são as perspectivas para o bom uso da nanotecnologia?

Edmilson Lopes Jr. – Não existem garantias, *a priori*, a respeito do emprego de certa inovação tecnológica revolucionária. A nanotecnologia tanto pode contribuir para tornar mais sustentável o relacionamento dos humanos com o meio ambiente – penso na sua aplicação para erradicar a polui-

ção – quanto para aumentar as formas de controle do poder. Não é fora de sentido pensar em um cenário distópico, no qual os seres humanos teriam todas as suas atividades e informações vitais facilmente obtidas pelas instituições do poder. Por outro lado, dada a complexidade desse campo – sua, digamos, “invisibilidade” para o público leigo –, podemos estar nos aproximando de algo muito perto do que ocorreu com o desenvolvimento da pesquisa em energia nuclear: uma incorporação muito competente da pesquisa de ponta pelas instituições militares. Mas, uma vez que estamos, como dizem os especialistas, “no começo”, acredito que ainda tenhamos tempo para um acompanhamento mais consistente do que está ocorrendo nesse campo. E, perdoe-me por parecer um tanto quanto corporativista, acredito que, nesse aspecto, as ciências sociais podem (e devem) cumprir um papel estratégico. Elas podem, por exemplo, fornecer elementos para aumentar a reflexividade do público leigo sobre essa tecnologia. Esse pode ser um caminho que leve ao “bom uso”

IHU On-Line – O programa nacional de nanotecnologia e nanociência contempla adequadamente a participação social? O senhor considera que a sociedade já se apropriou desse debate? Ela está se manifestando e participando? É preciso abrir outros canais de participação? De que tipo?

Edmilson Lopes Jr. – São questões que não estão imediatamente ligadas, mas dizem respeito a uma preocupação única e relevante: qual é o controle social da nanotecnologia? Se você pensar que em um país, como a Inglaterra, menos de 29% das pessoas ouviram falar de nanotecnologia; e que dessas a metade não consegue construir uma definição precisa dela, então, você tem uma idéia do quanto à tarefa de construção do “debate” é importante. Reações como a do Príncipe Charles, a qual expressa uma preocupação legítima com desdobramentos negativos da nanotecnologia, se tem o mérito de chamar a atenção para o que está ocorrendo na nanotecnologia, podem contribuir, e aí negativamente, para uma deslegitimação social da pesquisa científica. Não podemos nos encerrar em oposições maniqueístas.

O desenvolvimento científico é fundamental, e ninguém de bom senso pode propor a suspensão desse tipo de pesquisa. Isso é a anticiência e abertura para o misticismo. Algo da Idade Média! Bom, mas como garantir a participação do público leigo? Eu acredito que as pessoas, desde que tratadas com uma lógica de reconhecimento (como nos aponta, por exemplo, Axel Honneth), possam se inserir no debate. Ora, uma vez que a informação sobre a nanotecnologia é complexa, a comunidade científica precisa se desdobrar para conquistar o que Anthony Giddens define como “confiança ativa”. Isso significa uma emocionalidade cooperativa para fazer com que, a partir desse reconhecimento inicial, o público possa participar desse debate ainda inexistente. Eu acho que essa não é uma tarefa fácil, até porque, envolvidos em seus problemas ordinários, os cientistas têm pouco tempo, disposição (quando não um olímpico desprezo) por esse “público leigo” que é quem, afinal de contas, sofre as conseqüências e “paga o preço” – de diferentes maneiras – das inovações tecnológicas.

IHU On-Line – Em linhas gerais, quais serão os prejuízos potenciais advindos da ausência da sociedade nesse debate? E os benefícios?

Edmilson Lopes Jr. – A ausência de debate e de socialização de informações, em qualquer processo de desenvolvimento científico de ponta, é socialmente desastroso. Tanto abre a brecha para situações nas quais a manipulação – mesmo quando há boas intenções e nem sempre elas estão presentes –, o autoritarismo e o desrespeito aos direitos humanos predomina, quanto, por outro lado, a ausência de debate, legitima as reações místicas e anticientíficas. Situação igualmente desastrosa.

IHU On-Line – O senhor gostaria de acrescentar outras observações ao tema em questão?

Edmilson Lopes Jr. – Eu diria que, para as Ciências Sociais, a apreensão do que está ocorrendo na pesquisa em nanotecnologia é algo fundamental. Mudanças substanciais se avizinham. Mudanças que podem redefinir usuais modelos de compreensão da realidade social. Assim sendo, adentrar no mundo da “revolução invisível”, do que já se começa a identificar como o pontapé da 5ª Revolução Industrial, é decisivo. Por outro lado, as Ciências Sociais podem ajudar a democratizar as discussões – fornecendo categorias analíticas e repertórios mais complexos – sobre a nanotecnologia, o que, digamos, não é nada desconsiderável.

Somos ciborgues?

Nanotecnologias e as conseqüências na sociedade

Entrevista com Marko Monteiro

Marko Monteiro é doutor em Ciências Sociais, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atualmente, realiza o pós-doutorado na Universidade do Texas, nos Estados Unidos, onde também atua como professor e pesquisador. Também é membro do grupo de pesquisas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. É autor de **Tenham piedade dos homens! Masculinidades em mudança** (Juiz de Fora: Ed. Feme, 2000).

“Eu, pessoalmente, não creio que o perigo mais imediato venha de nanorobôs, que ainda são uma possibilidade teórica nunca efetivada, mas da crescente e invisível ‘nano poluição’”, afirmou o professor Marko Monteiro, em entrevista à **IHU On-Line**, e publicada no site das **Notícias do Dia** do site do IHU (www.unisinos.br/ihu), em 19 de fevereiro de 2008. Focado em temas como a relação entre as biotecnologias e o corpo, Marko falou sobre o desenvolvimento das nanotecnologias e o impacto sobre as sociedades contemporâneas.

Marko acredita ser difícil prever o futuro e, assim, compreender a presença das nanotecnologias na sociedade do futuro, mas, como estudioso do assunto, pensa nas tendências pelas quais as nanotecnologias vão avançando para entender e preparar-se enquanto parte desta sociedade. “A idéia de que todos podemos ser ciborgues não é tão difícil de imaginar, se pensarmos em coisas como cirurgias plásticas, vacinas, lentes de contato, próteses de todos os tipos, tratamentos de saúde, malhação, entre tantas outras práticas de alteração corporal comuns em nossa sociedade. Mesmo se reduzirmos a definição de ciborgue para interações entre máquinas artificiais e nossos

corpos, como marca-passos, ainda assim temos muitos exemplos do cotidiano de tecnologias que permitem uma certa ‘ciborguização’”, declarou o pesquisador.

IHU On-Line – Alguns estudiosos acreditam que todo ser humano é potencialmente um ciborgue, resultado da união entre nanotecnologias e engenharia genética. Para o senhor, o desenvolvimento avançado das nanotecnologias altera o modo de vida da sociedade atual? E como ele deverá atuar na sociedade do futuro?

Marko Monteiro – Primeiramente, é difícil dizer com qualquer precisão como será o ser humano do futuro. O máximo que podemos fazer é imaginar os futuros possíveis e, especialmente, como estudiosos, tentar antecipar tendências, a fim de ficarmos melhor preparados enquanto sociedade. A idéia de que todos podemos ser ciborgues não é tão difícil de imaginar, se pensarmos em coisas como cirurgias plásticas, vacinas, lentes de contato, próteses de todos os tipos, tratamentos de saúde, malhação, entre tantas outras práticas de alteração corporal comuns em nossa sociedade. Mesmo se reduzirmos a definição de ciborgue para interações entre máquinas artificiais e nossos corpos, como marca-passos, ainda assim temos muitos exemplos do cotidiano de tecnologias que permitem uma certa “ciborguização”. Ou seja, esse fenômeno independe de tecnologias mais recentes, como a nano e a biotecnologia. A novidade dessas duas é a de trazer a promessa de alterações no nível molecular, seja em seres vivos (como animais transgênicos) ou objetos inanima-

dos (nano partículas de ouro e prata), que começam a ter impactos importantes em áreas como agricultura e saúde. Esse tipo de controle a cada dia mais completo dos processos “naturais” promete tornar essa dualidade (natureza e cultura) cada vez mais difícil de perceber, e promete multiplicar o número de ciborgues com os quais já lidamos atualmente, tornando-os ainda mais uma parte inseparável do nosso cotidiano.

IHU On-Line – Por mais que as nanotecnologias possam se desenvolver muito mais, elas estão bastante presentes no nosso cotidiano atual. Caminhamos para uma sociedade pós-moderna? Como o senhor define essa sociedade pós-moderna?

Marko Monteiro – Bom, ainda que seja difícil definir o que seja pós-moderno, esse termo refere-se geralmente a um movimento intelectual que influenciou a arquitetura, as artes e disciplinas acadêmicas das humanidades desde a teoria literária até as Ciências Sociais. Os pós-modernos questionam as formas de pensar ditas modernas, baseadas em meta-narrativas abrangentes (como religião, ciência) e postulam que os universais do modernismo (sujeito, objetividade, sociedade) devam ser desconstruídos, como forma de revelar relações de poder e pressupostos ocultos. As nanotecnologias, atualmente, começam a ter impacto especialmente no desenvolvimento de novos materiais (como a incorporação de nanotubos de carbono em metais e cerâmicas), na miniaturização de componentes eletrônicos e começa a ser utilizado na medicina e química também. Creio que, com o desenvolvimento maior da nanotecnologia e do crescente controle que possuímos sobre processos naturais, o tipo de pensamento que muitos chamam de pós-moderno pode iluminar essa quebra de fronteiras entre humano/não-humano e entre natural/artificial.

IHU On-Line – Se o homem tem uma tendência cada vez maior de transformar-se

em ciborgue, que tipos de reinvenções do corpo já estão sendo feitas na sociedade tecnológica contemporânea? Que consequências essa transformação poderá ter na sociedade?

Marko Monteiro – Alterações corporais são comuns na maior parte das sociedades humanas. Desde tatuagens, escarificações, exercícios físicos, piercings, até as alterações tecnológicas mais comuns a nossa sociedade ocidental e tecnocientífica. Os impactos que as nanotecnologias podem ter em termos de alterar o corpo ainda não estão totalmente claras, mas muitos teóricos prevêem que poderemos corrigir com precisão seqüências de DNA defeituosas ou criar nano-máquinas que possam efetuar intervenções cirúrgicas antes impossíveis. Além disso, já existem testes para a criação de novas drogas que se beneficiam dos conhecimentos das interações entre moléculas e células no nível nanométrico. Assim como promessas de uma revolução na área da saúde, muitos teóricos alertam para os perigos de uma nanotecnologia que fuja ao controle da ciência, espalhando novas partículas tóxicas no meio ambiente e alterando a espécie de forma irreversível. Pensadores como Bill Joy² já vêm alertando para o perigo de nano-máquinas auto-replicas que podem fugir ao nosso controle, e movimentos ambientalistas vêm clamando por uma moratória a algumas pesquisas.

IHU On-Line – Depois de tantas transformações e criações, poderá o homem perder seu espaço para os nanorobôs?

Marko Monteiro – Alguns intelectuais, como o já citado Bill Joy, acreditam que máquinas super inteligentes podem um dia ameaçar a espécie humana, um alerta que também refere-se à crescente velocidade do desenvolvimento tecnológico e à nossa inabilidade de adaptação. Eu, pessoalmente, não creio que o perigo mais imediato venha dos nanorobôs, que ainda são uma possibilidade teórica nunca efetivada, mas da crescente e invisível

² Bill Joy: cientista da computação estadunidense. Mostrou-se preocupado com os efeitos das tecnologias emergentes em seu artigo “Why the future doesn’t need us”, publicado na revista *Wired*, impactado pelos escritos de Theodore Kaczynski. Posteriormente, fundou um fundo de capital de risco destinado a inverter as fortunas tecnológicas a partir de um enfoque de prevenção secundária. (Nota da *IHU On-Line*)

vel “nanopoliuição”. Refiro-me ao contato que podemos ter com nanopartículas que podem atravessar as membranas celulares e afetar nossos organismos de formas desconhecidas. Novas disciplinas, como a nanotoxicologia, estão começando a investigar os potenciais perigos para o meio ambiente de substâncias na nanoescala que começam a ser despejadas na água e em depósitos de lixo. Ou seja, temos tarefas muito mais imediatas a cumprir do que temer os nanorobôs.

IHU On-Line – Como o ciborgue pode ser utilizado como um recurso heurístico, em sua opinião?

Marko Monteiro – O ciborgue serve como recurso heurístico na medida em que permite que percebamos processos que desrespeitam as tradicionais divisões entre natural e artificial. As nano e biotecnologias, por exemplo, conseguem atuar de forma “artificial” em processos que entendemos como “naturais”. Seria uma planta de milho transgênica completamente natural ou completamente artificial? O que dizer da ovelha Dolly?³ Com a multiplicação dessas capacidades, as ciências sociais precisam desenvolver ferramentas teóricas que permitam a análise das interações entre tecnologias e sociedades para além de entendimentos mais tradicionais. As novas tecnologias reprodutivas são um exemplo marcante desse tipo de processo: com o avanço de tecnologias de seleção de embriões ou de definição de doenças em nível genético, como podemos entender escolhas reprodutivas, novas formas de família e percepções acerca da saúde? Em termos raciais, discursos científicos começam a alterar as formas pelas quais os brasileiros entendem-se como “brancos” e “negros”, entre outras categorias. Nenhum des-

ses processos pode ser entendido de forma adequada se deixarmos de questionar as tecnologias que participam desses processos; processos que são, antes de tudo, sociais.

IHU On-Line – Com o desenvolvimento das nanotecnologias e engenharia genética modificando as sociedades, como fica a ética?

Marko Monteiro – Disciplinas como a bioética deverão levar em conta essa multiplicação de ciborgues e de processos que são possibilitados por novas tecnologias. Creio que questões éticas que envolvem a tecnologia, como aquelas relativas à agricultura transgênica e à pesquisa com células-tronco, por exemplo, são desde já assuntos importantes e polêmicos no Brasil. O que faltam são compreensões mais ricas desses processos que possam informar tanto o público em geral quanto os tomadores de decisão.

IHU On-Line – A genética, a nanotecnologia, a clonagem, a cibernética e as tecnologias de computador são parte de uma visão pós-humana, que não acredita que a biologia seja um destino, porque não existiria uma “lei natural”. Que tipos de discussões devem ser feitas para que possamos distinguir entre as transformações que são edificantes e as que são destrutivas?

Marko Monteiro – A figura do ciborgue seria útil para dar mais corpo a discussões sobre o que seria pós-humano. Quem definirá o que é destrutivo ou produtivo serão os atores sociais envolvidos, e não um padrão universal que possa servir de bula ou guia neutro. O que é indispensável é um debate público mais informado e mais claro a respeito de como as tecnologias estão participando de pro-

³ A ovelha Dolly foi o primeiro mamífero a ser clonado com sucesso a partir de uma célula adulta. Dolly foi criada por investigadores do Instituto Roslin, na Escócia, onde viveu toda a sua vida. Os créditos pela clonagem foram dados a Ian Wilmut, mas este admitiu, em 2006, que Keith Campbell seria na verdade o maior responsável pela clonagem. Dolly foi gerada a partir de células mamárias de uma ovelha adulta com cerca de seis anos, através de uma técnica conhecida como transferência somática de núcleo. Apesar das suas origens, Dolly teve uma vida normal de ovelha e deu à luz dois filhotes, sendo cuidadosamente observada em todas as fases. Em 1999, foi divulgado, na revista *Nature*, que Dolly poderia ter a desenvolver formas de envelhecimento precoce, uma vez que os seus telômeros eram mais curtos que os das ovelhas normais. Esta questão iniciou uma acesa disputa na comunidade científica sobre a influência da clonagem nos processos de envelhecimento, que está ainda hoje por resolver. Em 2002, foi anunciado que Dolly sofria de um tipo de artrite degenerativa, o que foi interpretado por alguns sectores como sinal de envelhecimento. Dolly foi abatida em fevereiro de 2003, para evitar a sua morte dolorosa por uma infecção pulmonar incurável. (Nota da **IHU On-Line**)

cessos sociais, para que, de forma democrática, tais definições possam ocorrer.

IHU On-Line – A sociedade atual está cada vez mais dependente das máquinas e das tecnologias para acompanhar o desenvolvimento do mundo. No entanto, essa mesma sociedade nega essa dependência. Por que a pessoa humana precisa fazer essa negação para afirmar sua humanidade, em sua opinião?

Marko Monteiro – Temos dificuldade de imaginar a condição humana como algo “artificial” ou “tecnológico”. A divisão entre natural e artificial ainda permeia as nossas visões a respeito do mundo, ainda que ela esteja sendo subvertida em diversas instâncias. Talvez as gerações futuras não sintam essa mesma necessidade, mas não há modo de saber ao certo.

IHU On-Line – Para o senhor, o desenvolvimento da tecnociência e das nanotecnologias são uma distopia ou uma utopia? Viveremos num mundo diferente do que conhecemos?

Marko Monteiro – Estou certo de que o mundo dos nossos filhos será bem diferente daquele em que vivemos agora. A velocidade do desenvolvimento científico e tecnológico está aumentando e isso vem tendo efeitos dramáticos na forma como vivemos. O exemplo da internet é um dos muitos: tecnologia bem recente, ela já revolucionou diversos aspectos das nossas interações com o mundo e com outras pessoas. Com o desenvolvimento de nano e biotecnologias, tais mudanças prometem ser ainda mais drásticas, mas se serão utópicas ou distópicas depende do nosso esforço de compreender e definir que tipo de futuro queremos.

“Eu mesmo, de certa forma, já sou uma espécie de ciborgue”

Entrevista com Richard Dulley

Richard Dulley é agrônomo, com mestrado em Desenvolvimento Agrícola, pelo Centro de Pós-Graduação em Desenvolvimento Agrícola, e doutor em Ciências Sociais, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). É pesquisador do Instituto de Economia Agrícola (IEA). É autor de **Políticas estaduais para a agricultura: São Paulo, 1930-80** (São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 1995), **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente** (São Paulo: Xamã, 2007) e **Revolução invisível** (São Paulo: Xamã, 2007).

“Os riscos das nanotecnologias para o meio ambiente devem-se ao fato de que não existe nenhum tipo de regulação quanto à realização de pesquisas laboratoriais e muito menos para o lançamento de produtos no mercado para o consumidor com componentes nanotecnológicos”, afirma o professor Richard Dulley, na entrevista concedida à **IHU On-Line** e publicada nas **Notícias do Dia** do site do IHU (www.unisinos.br/ihu), em 28 de fevereiro de 2008, sobre a relação das nanotecnologias e o meio ambiente. Com o crescente crescimento das pesquisas e da aplicação das nanotecnologias, a preocupação em torno dessa área de conhecimento também tem gerado inúmeras discussões. Dessa forma, na entrevista que segue, Dulley falou sobre a inserção dos conceitos de meio ambiente, natureza e recursos naturais na concepção das nanotecnologias, dos riscos desse campo e da relação de ética e controle com a nova ciência.

A grande preocupação de Dulley é em relação a quem terá acesso a essa tecnologia, o que ela permitirá e de quem será excluído dos seus benefícios por falta de recursos financeiros. “Eu mesmo, de certa forma, já sou uma espécie de ciborgue,

pois operei a catarata das duas vistas e passei de uma situação em que tinha nove graus de miopia para praticamente zero, recuperando totalmente e minha visão normal. Não houvesse as tecnologias que permitiram isso, eu estaria inutilizado e com uma péssima qualidade de vida. O problema do pós-humano será o do acesso”, acredita o pesquisador.

IHU On-Line – Quais seriam as principais diferenças entre os conceitos de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos naturais e recursos ambientais a partir da introdução das nanotecnologias neste meio?

Richard Dulley – Estas considerações decorreram da necessidade que tive ao elaborar minha tese de doutorado, em diferenciar esse termos uma vez que os textos os tratavam como sinônimo. Portanto, não significa que eu esteja certo, mas é a minha visão. Natureza seria tudo o que existe, tenha o ser humano conhecimento ou não. Já ambiente seria tudo aquilo que compreende a natureza e que é conhecido pela raça humana (para não dizer pelo homem). Já meio ambiente seria formado por elementos que são necessários à sobrevivência de cada uma das espécies conhecidas pela raça humana.

Assim teríamos tantos meios ambientes quantas forem as espécies conhecidas. Haveria, portanto, por exemplo, o meio ambiente das minhocas que compreendem os elementos do ambiente que lhes são indispensáveis a sua vida e reprodução. Os seres humanos teriam o seu meio ambiente também. A soma de todos os meios ambiente das espécies conhecidas comporiam o ambiente. Já recursos naturais seriam os elementos

do meio ambiente humano vistos mais sob o ponto de vista econômico e da produção de riquezas. O termo recurso ambiental, na realidade, se refere aos mesmos recursos naturais, mas visto mais sob o prisma da preservação deles, colocando o fator econômico num segundo plano, ou até mesmo o excluindo.

IHU On-Line – Quais são suas perspectivas e suas previsões de riscos para essa relação entre nanotecnologias e meio ambiente?

Richard Dulley – Os riscos das nanotecnologias para o meio ambiente devem-se ao fato de que não existe nenhum tipo de regulação quanto à realização de pesquisas laboratoriais e muito menos para o lançamento de produtos no mercado para o consumidor com componentes nanotecnológicos. Na realidade, da mesma forma que ocorreu com os agrotóxicos e alimentos transgênicos, a população está consumindo produtos sem que se tenha uma noção exata dos possíveis impactos negativos sobre a saúde humana, dos animais e também em relação ao meio ambiente. Basta lembrar que até alguns anos era permitido, dentro de certos limites, a presença de traços de resíduos em alimentos do DDT (sigla de Dicloro-Difenil-Tricloroetano) e depois descobriram que era cancerígeno e ele foi totalmente proibido em todos os países. E aquelas pessoas que foram contaminadas ou morreram? Qual foi a consequência para as empresas de agrotóxicos?

IHU On-Line – Enquanto as nanotecnologias são vistas como uma evolução para acabar com a poluição, também são vistas com maus olhos por não sabermos suas consequências no meio ambiente e natureza. Como o senhor vê a inserção das nanotecnologias dentro da área da saúde?

Richard Dulley – As nanotecnologias aparentemente apresentam em relação às biotecnologias mais vantagens potenciais, ainda que os riscos possam ser muito maiores, pois as biotecnologias

abrangem apenas alguns setores da vida e das atividades humanas. Já as nanotecnologias e mais ainda as nanobiotecnologias (que conseguem unir o vivo com o não vivo) são de alcance horizontal atingindo profundamente todas as atividades humanas. E, ademais, as formulações de produtos nanotecnológicos podem ter efeitos totalmente desconhecidos, pois há informações de que os elementos químicos na escala nano apresentam propriedade físicas, químicas e biológicas completamente diferentes da formulação macro ou na escala normal.

IHU On-Line – E como a ética deve ser vista a partir dessa nova relação?

Richard Dulley – Considera-se que a noção sobre ética que predomina na sociedade está muito próxima do senso comum, confundindo com o que é legal, moral, dilema entre aspectos positivos e negativos, risco de perda de oportunidade de avanço tecnológico para o país, fazendo da ética uma análise de custo versus benefício, conforme aponta Jean-Pierre Dupuy,⁴ que considera que:

“Um primeiro erro a denunciar é aquele que consiste em confundir ética e prudência, e em compreender ‘prudência’ como gestão racional do risco. 90% dos relatórios, artigos ou livros que se pode consultar sobre esse assunto cometem esse erro. Pois é um erro tão grave quanto aquele que cometeria um físico que não fizesse a diferença entre massa e peso. É um erro sério tratar questões éticas em termos de balanço entre custos e benefícios, ou seja, reduzir a ética a uma espécie de cálculo econômico ampliado. Num dos pratos da balança, colocam-se os benefícios que se espera do progresso tecnológico e econômico e, no outro, os custos. A incerteza afeta mais o segundo prato que o primeiro e é, evidentemente, em termos de risco que o apreendemos”.

As diferenças existentes entre ética e moral, assim explicitadas por Rosas (2002):

1) Ética é princípio, moral são aspectos de condutas específicas;

⁴ Jean-Pierre Dupuy: nascido em Paris, é diretor de Pesquisas do Centro Nacional de Pesquisa Científica (CNRS), professor da Escola Politécnica de Paris, na qual fundou o Grupo de Pesquisa sobre a Ciência e a Ética e fundou e dirigiu o centro de pesquisa em Epistemologia Aplicada, CRIA (1982-1999). É também professor de Filosofia Social e Política na Universidade de Stanford. (Nota da **IHU On-Line**)

- 2) Ética é permanente, moral é temporal;
- 3) Ética é universal, moral é cultural;
- 4) Ética é regra, moral é conduta da regra;
- 5) Ética é teoria, moral é prática.

IHU On-Line – Para o senhor, como as nanotecnologias devem ser controladas e por quem?

Richard Dulley – Veja, essa questão é fundamental, pois, dependendo de quem é perguntado e do que faz em relação às nanotecnologias (sempre no plural, pois são muitas formas), a visão sobre o controle varia. Os pesquisadores que trabalham diretamente com as nano consideram que quem não entende não deve opinar. É mais ou menos o que ocorre em relação CNTBio. Alguns acham que pessoas como você e eu que não entendem do “riscado” devem “ficar no seu lugar” confiando na sabedoria dos cientistas. Há outros, entretanto, entre os quais me coloco que consideram que a sociedade organizada TEM O DIREITO de opinar a e decidir por onde deve ir o avanço tecnológico com base nas questões de quem vai ficar de fora das vantagens?, quem vai ganhar?, quem vai perder?, quem vai lucrar?, quem terá prejuízo? etc.

IHU On-Line – As nanotecnologias devem ser limitadas, ou seja, usadas apenas para uma ou outra área?

Richard Dulley – As nano serão aplicadas às mais diversas áreas das atividades humanas, pois se trata de inovação de alcance horizontal ao contrário das biotecnologias, que são de alcance mais vertical, ou seja, não são aplicáveis a todas as atividades humanas. Não é, portanto, uma questão de dever ou não. Isso irá acontecer, e a questão relaciona-se mais com a pergunta anterior: quem estará no controle?

IHU On-Line – A relação que surge entre a tecnociência contemporânea e vontade de ultrapassar cada vez mais os limites do ser humano podem gerar uma mutação antropológica?

Richard Dulley – Creio que o pós-humano será cada vez mais uma realidade. Eu mesmo, de certa forma, já sou uma espécie de ciborgue, pois opere a catarata das duas vistas e passei de uma situação em que tinha nove graus de miopia para praticamente zero, recuperando totalmente a minha visão normal. Não houvesse as tecnologias que permitiram isso, eu estaria inutilizado e com uma péssima qualidade de vida. O problema do pós-humano será o do acesso. Quem terá acesso? E quem será excluído dos seus benefícios por falta de recursos financeiros?

O antropocentrismo se esboroa cada vez mais

Entrevistas com Attico Chassot

Attico Chassot é licenciado em Química, mestre em Educação, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), doutor em Educação, pela UFRGS, e pós-doutor, pela Universidade Complutense de Madri. Escreveu diversos livros, entre os quais citamos: **Para que(m) é útil o ensino de Química?** (Canoas: ULBRA, 1995), **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação** (Ijuí: Editora Unijuí: 2001) e **A Ciência é masculina? É, sim senhora!** (3. ed. revisada. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2007). Este último foi tema do IHU Idéias do dia 20 de agosto de 2003, antes mesmo de sua publicação.

Attico concedeu duas entrevistas à **IHU On-Line** sobre o tema das nanotecnologias. Na primeira, publicada na edição 231, de 13 de agosto de 2007, Chassot reflete sobre o tema Do infinitamente pequeno ao infinitamente grande, questionando “Quantos de nós conseguem operar mentalmente com prefixo nano simbolizado por *n*, originado do grego *nánnos*, ‘de excessiva pequenez’ ou *nânos* ‘anão’”. O tema é instigante e suscita muitas perguntas, afinal de contas quem de nós não se sente impactado pelas mudanças que a nanotecnologia já está provocando e ainda irá provocar em nossas vidas? Ele reflete sobre como as nanotecnologias farão o ser humano repensar seu papel e centralidade no Universo: “Muito provavelmente o antropocentrismo se esboroa cada vez mais”, afirma Chassot. O tema desta entrevista foi também o tema da palestra de abertura proferida por Chassot na abertura do III Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI: o admirável e o desafiador mundo das nanotecnologias, em preparação ao Simpósio Internacional Uma Sociedade Pós-Humana? Possibilidades e limites das

nanotecnologias, a ser realizado nos dias 26 a 29 de maio de 2008, na Unisinos, promoção do Instituto Humanitas Unisinos – IHU.

Na segunda entrevista, publicada na edição 233, de 27 de agosto de 2007, ele desafia: “Levante o dedo quem tem zero de ciborgue”. Segundo Chassot, não há dúvidas: “Pelo acoplamento que temos, por exemplo, à memória de nosso computador pessoal, que é um apêndice de nossa memória orgânica, somos todos ciborgues. Quantos há que hoje não podem viver no mundo sem depender de memórias eletrônicas?”. Esta reflexão de Chassot sobre os cada vez mais imperceptíveis limites entre o humano e o não-humano também fez parte do III Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI: o admirável e o desafiador mundo das nanotecnologias, em preparação ao Simpósio Internacional Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e limites das nanotecnologias, a ser realizado nos dias 26 a 29 de maio de 2008, na Unisinos.

IHU On-Line – Como o infinitamente pequeno e o infinitamente grande se relacionam com as nanotecnologias?

Attico Chassot – Trazer essa temática à sessão de abertura ao III Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI: o admirável e o desafiador mundo das nanotecnologias é quase um momento de preparar as ferramentas para as sessões que se seguem. Na verdade, o infinitamente grande foi colocado nessa primeira sessão para fazer o contraponto com o infinitamente pequeno, assunto central do Ciclo. A centralidade das discussões vai colocar óculos, ou melhor, microscópios para olhar mundos fantásticamente pequenos que não

só não fazem parte de nosso cotidiano como são quase impossíveis de se imaginar. Quantos de nós conseguem operar mentalmente com prefixo nano simbolizado por n, originado do grego *nánnos*, “de excessiva pequenez”, ou *nânos* “anão”, adotado na 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, de 1960 (resolução nº 12), equivalente a um multiplicador 10⁻⁹, seja, milésimo milionésimo da unidade indicada, por exemplo nanograma = um milésimo milionésimo do grama, ou para um nanômetro ou nanolitro.

IHU On-Line – Poderia citar alguns exemplos de coisas infinitamente grandes e infinitamente pequenas para que tracemos um paralelo?

Attico Chassot – Há muitos exemplos para nos familiarizarmos com essas dimensões. Qual é o volume, em nanolitros, de uma gota de água? Algo da ordem 50 milhões de nanolitros. Nesta sessão inaugural, vamos entrar em um mundo ficcional. Imaginem (e imaginar é fazer imagem) todos os habitantes da Terra (e aqui não é força de expressão: são mais de 6 bilhões de pessoas) contando as moléculas de apenas um centímetro cúbico (um dado com aresta de 1 cm) de gás nas condições normais de temperatura e pressão admitindo que cada pessoa conte duas moléculas por segundo. Essa tarefa exigiria mais de 70 anos. Assim podemos tentar imaginar em que mundo operam as nanotecnologias. Para adentrar em mundos infinitamente grandes ao invés de microscópios, vamos usar telescópios. Podemos ilustrar com as distâncias interplanetárias. Por exemplo, vamos experimentar entender o significado de “ano-luz”, que não é medida de tempo, mas de distância.

IHU On-Line – Que avanços na ciência essas descobertas podem trazer?

Attico Chassot – Muito provavelmente, quando o Instituto Humanitas Unisinos – IHU projetou, há mais de um ano, esse evento, era porque queria que a comunidade que gravita na Unisinos pudesse conhecer respostas a essa questão que você me propõe. Qualquer prognóstico que me atrevesse

fazer aqui e agora estaria avançando o sinal de maneira incompetente, pois não tenho o preparo daqueles profissionais muito especializados que estarão nas próximas sessões.

IHU On-Line – Em nosso cotidiano, quais seriam as mudanças ocasionadas por tais descobertas?

Attico Chassot – Talvez bastasse olharmos a miniaturização do mundo tecnológico que testemunhamos. Veja as microcirurgias, a miniaturização dos suportes de armazenamento de dados: LP ao CD e deste ao Pen Drive, temos a diminuição do suporte físico contrapondo-se ao aumento da quantidade informações armazenadas. Vejam a diminuição dos aparelhos de telefones móveis e a expansão de seus recursos. Olhemos a diminuição dos computadores, das calculadoras. Mas deveria responder a essa pergunta como respondi à anterior. Os próximos conferencistas trarão muito melhores respostas.

IHU On-Line – Como essas estruturas podem fazer o homem repensar seu papel e centralidade no universo?

Attico Chassot – Muito provavelmente, o antropocentrismo se esboroa cada vez mais. Parece que aumenta o nosso convencimento de maior respeito ou pelo menos maiores interrogações com os outros seres vivos, tanto animais como vegetais. O respeito à vida dos outros viventes talvez tenha sido um dos meus maiores aprendizados quando olho esses avanços tecnológicos.

IHU On-Line – Gostaria de acrescentar algum aspecto não questionado?

Attico Chassot – Apenas gostaria de destacar o quanto o Instituto Humanitas Unisinos – IHU tem uma função distinguida na Unisinos. Atrevo-me a dizer que a realização deste *III Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI: o admirável e o desafiador mundo das nanotecnologias* é mais uma das muitas evidências de que o Humanitas faz muita diferença nessa universidade, pois é ele que a faz diferente.

“Levante o dedo quem tem zero de ciborgue”

IHU On-Line – Os possíveis “andróides” do futuro, ágeis e inteligentes, serão capazes de desenvolver sentimentos humanos? Até que ponto a ciência e a tecnologia poderão avançar?

Attico Chassot – Muito provavelmente, esse seja um campo de conhecimento no qual é temerário fazer qualquer previsão. Quando Júlio Verne⁵ escreveu muito de seus livros, não imaginaria que seria superado tão rapidamente. Aqui, as ilustrações se ampliam com discussões sobre ciborgues – entendidos como qualquer forma de acoplamento entre ser humano e máquina – e alguns exemplos da robótica, partindo de uma discussão quase bizantina sobre batizar ou não robôs. Muito provavelmente, entre os leitores desta entrevista, há aqueles que têm mais ou menos de ciborgues. Esse termo é da década de 1960, do século XX, e foi criado pela junção das palavras *cybernetic organism*, usado para designar uma criatura na qual há uma mistura de partes orgânicas e mecânicas.⁶ Desde então, esse termo tem sido usado com muita flexibilidade. Timothy Lenoir,⁷ uma das presenças anunciadas para o Simpósio Internacional *Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e limites das nanotecnologias*,⁸ na Unisinos, no ano que vem, diz que ciborgue é “qualquer forma de acoplamento entre ser humano e máquina”. Há os que classificam como ciborgues pessoas com implantes como marca-passos, próteses e até imunizações por vacinas, juntamente com organismos transgênicos, produzidos pela

bioengenharia. Assim, pelo acoplamento que temos, por exemplo, à memória de nosso computador pessoal, que é um apêndice de nossa memória orgânica, somos todos ciborgues. Quantos existem hoje que não podem viver no mundo sem depender de memórias eletrônicas. Levante o dedo quem tem zero de ciborgue! Não esqueçam o quanto o telefone celular é para alguns um acoplamento que influi na qualidade de vida. Pensem como muitos de nós (e eu me incluo nestes), usando o computador, temos nosso humor diferente quando não estamos conectados à rede. Hoje, também se fala no inverso: a introdução de partes de seres vivos (não necessariamente humano) em máquinas. Assim, um robô (= a máquina) pode ter pele, cabelos... de animais.

IHU On-Line – O senhor acha que os limites entre humano e não-humano são quase imperceptíveis, atualmente?

Attico Chassot – Acredito que sim. Talvez melhor seja dizer que nós, em muitas ações de nosso cotidiano, não percebemos a presença de robôs em nossas vidas. Nós não nos damos conta o quanto eles nos servem e também nos atrapalham a cada momento. Claro que aqueles que se servem da tecnologia são mais dependentes do que os que não a usam. Esta semana, em função de uma atividade acadêmica aqui na Unisinos, visitei, numa mesma tarde, um acampamento e um assentamento do Movimento Sem Terra (MST). No primeiro, não havia energia elétrica nem água encanada. No segundo, havia internet e outros recursos da tecnologia. Nas duas situações, os robôs podem ser alienígenas. Numa são completamente

⁵ Júlio Verne (1828-1905): escritor francês considerado por críticos literários como o precursor do gênero de ficção científica. Em seus livros, fez predições sobre o aparecimento de novos avanços científicos, como os submarinos, máquinas voadoras e viagem à Lua. Entre suas obras mais famosas, destacamos, **Vinte mil léguas submarinas**, escrito em 1870. (Nota da IHU On-Line)

⁶ A palavra não está dicionarizada na última edição do Houaiss. Está no **Aurélio Século XXI**: “Suposto ser humano ao qual se adaptam dispositivos mecânicos que comandam suas funções fisiológicas vitais”. Pode ser encontrada com mais detalhes em <http://en.wikipedia.org/wiki/Cyborg>. Na Wikipédia, em português, o verbete é muito recente, mas está bem completo. (Nota do entrevistado)

⁷ Timothy Lenoir: filósofo da ciência americano, docente na Universidade de Duke, Estados Unidos. Entre outros livros, escreveu, **The strategy of life: Teleology and mechanics in nineteenth century german biology** (Dordrecht and Boston: D. Reidel, 1982) e **Instituindo a Ciência: a produção cultural das disciplinas científicas** (São Leopoldo: Editora Unisinos, 2004). Lenoir será um dos conferencistas do **Simpósio Internacional Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e limites das nanotecnologias**, que acontece de 26 a 29 de maio de 2008, na Unisinos. Confira a programação do evento no site do Instituto Humanitas Unisinos – IHU, www.unisinos.br/ihu. (Nota da IHU On-Line)

⁸ O tema da conferência de Timothy Lenoir é “Biotécnica, nootécnica e nanotécnica. Os desafios para as ciências humanas”. (Nota da IHU On-Line)

ausentes, e por isso talvez nem cheguem povoar o imaginário dos que vivem em situação que lembra o medievo. No entanto, na outra situação se usufrui dos benefícios dos robôs quando se usa, por exemplo, um buscador (Google, Yahoo) para fazer uma pesquisa na internet. Assim, para preparar a fala que vou fazer no *III Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI: o admirável e o desafiador mundo das nanotecnologias*, muitos robôs me ajudaram – buscando-me, com velocidades espantosas em bibliotecas de todo o mundo (aqui todo o mundo não está em sentido metafórico), textos, figuras, referências –; outros me atrapalharam, quando me enviaram vírus ou mensagens me oferecendo uma miríade de artefatos que não me interessam. Alguém de mais idade há se recordar como se iniciava antes uma pesquisa. Ia-se à biblioteca e se manuseava revistas para ver como estava o estado da arte do objeto de nossa investigação. Os mais afortunados cometiam esse fazer aos bolsistas de pesquisa. Hoje, quem faz isso com muito mais eficiência são robôs, que vão a milhares de bibliotecas e em segundos nos dizem ter manuseado milhares de documentos e localizado centenas de referências. Aqui, há o desafio do humano frente ao não-humano: sofisticarmos, ou melhor, refinarmos, aquilo que solicitamos aos robôs. Vale lembrar o que significa em termos de resultados usar o Google Scholar. Sobre a nossa não percepção de quem faz o quê, refiro que um dia comentei com um colega, que, como respondedor de questões de sala de aula em um sítio ligado à PUC-Rio e ao Instituto Humanitas Unisinos – IHU,⁹ nunca recebi qualquer agradecimento a mais de uma centena de respostas oferecidas. Meu colega perguntou-me: “Já agradeceste as buscas que o Google te faz? Teus respondentes podem achar que são robôs que respondem as questões que te enviam”.

IHU On-Line – Hans Moravec, cientista Diretor do Instituto de Robótica da Universi-

dade Carnegie Mellon, nos Estados Unidos, fala da possível criação de “seres” com cérebros humanos em corpos robóticos. Será possível, através das nanotecnologias, criar seres híbridos, um misto de máquina e homens?

Attico Chassot – Devo confessar que não conhecia o Instituto de Robótica da Universidade Carnegie Mellon, muito menos seu diretor. Mas os robôs do Google me levaram até lá com fantástica eficiência. Amealharam-me 65 boas referências em 0,29 segundo. Encontrei muitos assuntos à questão que trazes. A maior parte dos experimentos ali descritos parecem ficção científica, e há uma situação prosaica como esta: um livro de um aluno do Instituto de Robótica da Universidade Carnegie Mellon está destinado a ficar famoso fora dos laboratórios da escola de robótica. E não se trata de um olhar investigativo sobre os laços do instituto com o Departamento de Defesa dos Estados Unidos: é um guia bem-humorado para combater e sobreviver a uma rebelião de robôs. “Desde uma torradeira até o Exterminador, qualquer máquina poderia se rebelar, por isso é tão crucial aprender sobre a força e as fraquezas de cada robô inimigo”, avisa o autor Daniel H. Wilson, em *How to survive a robot uprising: tips on defending yourself against the coming rebellion* (New York: Bloomsbury, 2005), ou, numa tradução livre, *Como sobreviver à revolta dos robôs: dicas de proteção contra a rebelião que virá*. Quem quiser acreditar acredite. Nos últimos dias, por exemplo, um dos sítios mais visitado foi www.afraudedoseculo.com.br, que “prova” que o feito estadunidense da chegada do homem à Lua, em 1969, foi uma fraude. Assim, todos temos, ainda, dificuldades para conviver com estas realidades.

IHU On-Line – As nanotecnologias propiciam a criação de seres totalmente diferentes do que hoje somos? Que implicações teremos, no futuro, entre o humano e o não-humano?

⁹ O entrevistado refere-se à página www.amaivos.com.br que, em parceria com o IHU, oferece o **Serviço Professor On-Line**. O serviço está sob a responsabilidade do Prof. Attico Chassot e da Profa. Janira Aparecida da Silva, ambos da IHU On-Line)

Attico Chassot – Muito provavelmente, sim. As implicações: vou colocar duas bem extremadas. Um robô mata um humano (algo muito provável) com a administração de um medicamento em dose equivocada ou pela indução a um choque elétrico, por exemplo. Ele irá a julgamento. A ficção da escritora britânica Mary Shelley, com seu Frankenstein ou “O moderno Prometeu”, escrito há quase 200 anos, é quase realidade. Teremos em breve uma ética e um corpo jurídico para robôs? Meu outro exemplo de nossas dificuldades de convivência é bem mais banal: muito brevemente, os jogadores de futebol portarão nas canelas chips que se comunicarão a computadores, onde robôs analisarão e decidirão a arbitragem dos lances. Provavelmente, continuaremos a excomungar (e literalmente isso só valeria se os robôs fossem batizados) a mãe do juiz, digo, o criador dos robôs, pois claro que, no gol que foi anulado, se o atacante for do nosso time, ele não estava impedido. Mas se foi do time adversário, o robô está coberto de razões.

IHU On-Line – Quais são os principais limites que o ser humano enfrenta, atualmente com as nanotecnologias?

Attico Chassot – Acredito que os limites são de duas ordens. Um deles é o científico-tecnológico: as possibilidades limitadas de miniaturização. Esse assunto eu abordei na primeira fala deste Ciclo.¹⁰ O outro é mais complexo: ele está fundamentado em aspectos éticos. Esse é um tema que merece ser cada vez mais trazido aos fóruns de discussão e nisso temos em nossa Unisinos autoridades renomadas. Talvez esse segundo limite seja mais complexo e de mais difícil aprendizado que o primeiro. Estima-se que em 2014 o mercado de produtos comerciais que incorporarão a nanotecnologia terá 15% do valor total da indústria manufatureira. O que esses dados representam e significam para o futuro? Eu não tenho nenhuma condição de responder a essa pergunta. Qualquer coisa que eu dissesse seria mera especulação.

IHU On-Line – Como se dá a relação entre ciência e fé, quando falamos em nanotecnologias?

Attico Chassot – Não sei se aqui cabe compartilhar e achar algo particular para as nanotecnologias. O assunto é relevante. Vou repetir o que tenho dito quando trabalho com o ensino de ciência em sala de aula, aqui na universidade, e que está mais extensamente apresentado em meu livro *A Ciência é masculina? É, sim senhora!* (3. ed. revisada. São Leopoldo: Unisinos, 2007). Há diferentes perspectivas para olharmos o mundo natural: podemos fazê-lo com os óculos das religiões, dos mitos, da ciência, do senso comum, do pensamento mágico, dos saberes populares. Não afirmamos qual é o melhor e mesmo que haja a necessidade de exclusividade, isto é, de nos valermos apenas de um destes óculos. Consideremos duas dessas perspectivas que trazem na sua pergunta: religião e ciência. Estas, mesmo que tenham uma ambição comum de oferecer uma leitura coerente do mundo sensível, ocupam o mesmo espaço: o do pensamento humano.

As religiões afirmam a existência de uma verdade global, imanente, eterna, completa, que trata tanto da natureza como do homem. Esta verdade só tem uma exigência para crê-la: a fé. A fé é o necessário e suficiente para a aceitação da verdade inquestionável. Os dogmas, arcabouços de uma determinada religião, devem ser aceitos mesmo com o pressuposto de paradigmas inexplicáveis; e mais, indiscutíveis. A ciência não tem a verdade, mas aceita algumas verdades transitórias, provisórias em um cenário parcial onde os humanos não são o centro da natureza, mas elementos da mesma. O entendimento destas verdades, e portanto a não crença nas mesmas, tem uma exigência: a razão. É o raciocínio, isto é, o uso da razão, a exigência fulcral para o conhecimento. Os paradigmas de qualquer conhecimento científico são constantemente postos à prova e substituídos quando deixam de oferecer explicações convincentes.

¹⁰ Attico Chassot abordou o tema na entrevista intitulada “O antropocentrismo se esboroa cada vez mais”, publicada na edição número 231, de 13 de agosto de 2007, cujo tema de capa foi **Gramsci, 70 anos depois**. A edição está disponível em www.unisinos.br.ihuonline. (Nota da **IHU On-Line**)

E aqui parece que se podia pensar em uma não dicotomia. Não seria aqui o espaço privilegiado das religiões para o chamamento à concórdia e à recordação de princípios éticos? Assim, não se prognostica um choque entre o racionalismo científico e a autoridade da fé. Ao contrário: à ciência estaria reservado o papel de explicar e transformar o mundo, e às religiões, entre outras práticas que

lhes são funções históricas, como a re-ligação dos humanos ao divino, estaria destinada, juntamente com outros grupos organizados de movimentos sociais, à garantia de que essas transformações sejam para melhor. Parece pouco? Ao contrário, é muito. São utopias, mas...

A robótica, a biotecnologia e a nanotecnologia

Entrevista com Luiz Alberto Oliveira

Luiz Alberto Oliveira é formado em Física, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e possui mestrado pela mesma área, pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), onde também obteve o título de doutorado em Cosmologia. Atualmente, é pesquisador do CBPF, no Rio de Janeiro, onde também atua como professor de História e Filosofia da Ciência.

“No limite, o próprio trabalho humano se tornaria dispensável (ou inconveniente). Enfim, realizar-se-ia o sonho utópico da libertação do fardo do trabalho, mas com uma peculiaridade: a transferência da espécie portadora da força produtiva, dos organismos humanos para os robossistemas. O impacto deste asteróide econômico nos converteria em dinossauros mamíferos, irremediavelmente obsoletos, aguardando a extinção auto-produzida.” Esta é uma das previsões e conclusões de Luiz Alberto Oliveira na entrevista concedida à **IHU On-Line** e publicada nas **Notícias do Dia** do site do IHU (www.unisinos.br/ihu), em 12 de dezembro de 2007.

Nesta conversa, o físico fala sobre questões relacionadas a seu artigo “Sobre o caos e novos paradigmas”. Ele reflete sobre como a Teoria do Caos mudou nossos conceitos de mundo, sobre uma possível hibridização entre homens e máquinas a partir das tecnociências e sobre a partir de quais paradigmas podemos pensar as sociedades futuras. Para Luiz Alberto, “o que se engendra em nossa pós-modernidade impelida pela aceleração tecnológica é a artificialização generalizada, que, ao diluir as fronteiras tradicionais entre natureza e cultura, sujeito e objeto, interioridade e exterioridade, começa a nos converter em híbridos de humano e inumano”.

IHU On-Line – De que forma inovações como as Teorias do Caos mudaram nossos conceitos sobre o mundo?

Luiz Alberto Oliveira – Um dos avanços mais significativos das Matemáticas no século XX se deu com o estabelecimento das chamadas Teorias do Caos: resumidamente, a verificação de que diferenças minúsculas na configuração inicial escolhida para a evolução de um sistema dinâmico podem conduzir a estados finais vastamente distintos, o que implica que em longo prazo o comportamento do sistema se torna “caótico”. Tal incomensurabilidade entre passado e futuro é especialmente importante no caso de sistemas complexos, ou seja, compostos por muitos elementos capazes de fazer muitas ligações entre si, e que podem exibir diversos níveis de organização, hierarquicamente estruturados – como os organismos vivos e os agentes econômicos.

Com efeito, sistemas complexos são caracterizados por uma mediação – realizada pela hierarquia de modos de organização – entre o todo (o sistema) e a parte (os elementos). Assim, ademais das ações que exercem e sofrem sobre e desde o meio externo, esses sistemas podem auto-afetar-se, ou seja, seu comportamento pode alterar sua própria estrutura e remodelar sua própria evolução. Por exemplo: se uma espécie inteligente adquire a capacidade de manipular as cadeias moleculares que constituem os genomas dos organismos, surge a possibilidade – ou tendência – de substituir-se a seleção natural como o operador da evolução biológica das espécies; uma neofinalidade tecnicamente administrada almeja deslocar a casualidade darwiniana. Se, por outro lado, o conjunto das atividades produtivas dessa espécie

alcança uma escala planetária, a economia passa a ter por horizonte a ecologia, a produção torna-se contexto para a própria produção, e o mercado tem como limite a continuidade dele mesmo. Duplo dobramento, dupla indeterminação: a microinerência da técnica, visando a assegurar a realização da finalidade, a macroabrangência do capital visando assegurar a conversão do horizonte em ambiente. Em ambos os casos, por ambas as vias, apresentam-se as condições para um desenvolvimento caótico. Como reza a antiga maldição chinesa, viveremos tempos interessantes.

IHU On-Line – Como a Tecnociência engendra a perspectiva de uma futura hibridização entre homens e máquinas?

Luiz Alberto Oliveira – Segundo a Teoria dos Sistemas Complexos, a Vida é uma matéria organizada que, aprendendo a modificar sua própria estrutura para responder a alterações do meio, passou a conectar os tempos infinitesimais das reações moleculares aos milhares de anos das transformações ambientais, aos milhões de anos das transformações geológicas, às centenas de milhões das transformações astrofísicas. A aceleração tecnoprodutiva vigente na contemporaneidade superpôs um novo modo temporal a esta conexão entre os ritmos materiais e biológicos: o prestíssimo característico das produções culturais. O aspecto crítico aqui é a condensação dos ritmos naturais em ritmos tecnológicos, transformação que corresponde à instalação de um novo patamar de ordenação do sistema complexo Terra e que justamente por este motivo instaura uma imprevisibilidade radical: doravante, o passado não nos servirá como guia, pois a história – seja da natureza, seja da cultura – não pode mais ser rebatida sobre o futuro como expectativa de continuidade. Não crise do que somos, mas mutação para o que viremos a ser. Pois o que se engendra em nossa pós-modernidade impelida pela aceleração tecnológica é a artificialização generalizada, que, ao diluir as fronteiras tradicionais entre natureza e cultura, sujeito e objeto, interioridade e exterioridade, começa a nos converter em híbridos de humano e inumano.

De fato, as três grandes promessas de inovação tecnológica para o século XXI, a saber, a

Robótica (a produção de sistemas capazes de comportamento autônomo), a Biotecnologia (a manipulação dos componentes dos seres vivos, inclusive seu código genético) e a nanotecnologia (a fabricação de dispositivos moleculares), compartilham tanto um fundamento comum – a crescente capacidade de manipular objetos microscópicos – quanto a abertura de uma dupla possibilidade: a de engendrar novos tipos de “vida”, quer dizer, de sistemas capazes de replicar-se e evoluir, e a de incluir, como matéria-prima para a inovação técnica, nossos próprios corpos e mentes. Estamos a caminho de poder redesenhar a forma humana e as formas da vida. Esta virtualidade, desnecessário dizer, é inteiramente singular na história da cultura. Por exemplo, de um ponto de vista estritamente microfísico, não há diferença entre moléculas biológicas e inorgânicas, naturais ou artificiais. À medida que aumenta o poder de manipular objetos em escala molecular, a tendência seria ocorrer uma integração crescente entre componentes orgânicos, gerados biologicamente, e componentes eletrônicos, fabricados artificialmente. Sínteses de carbono e de silício: essa fusão se daria por uma real mescla de formas, pela interpenetração entre terminais nervosos orgânicos e semicondutores. A perspectiva, então, é a de que nosso devir, nosso futuro, seja nos tornarmos borgues, híbridos de células e chips. Essas conexões estão ainda em estágio muito rudimentar, neurônios inteiros postos em contato com condutores metálicos, mas brevemente será possível penetrar em um nível subneuronal, associando subestruturas dos neurônios a componentes eletrônicos. Nesse momento que não está longe veremos o nascimento de autênticos híbridos biotrônicos, veremos o nascimento de centauros cognitivos, e logo esses centauros seremos nós.

IHU On-Line – Por que somos constantemente obrigados a rever as fundações de nosso entendimento sobre o mundo, sobre a coletividade e sobre nós mesmos?

Luiz Alberto Oliveira – Os mitólogos costumam chamar de imagens de mundo certas estruturas simbólicas pelas quais, em todas as épocas, as diferentes sociedades humanas fundamenta-

ram, tanto coletiva quanto individualmente, a experiência do existir. Ao longo da história, essas constelações de idéias foram geradas quer pelas tradições étnicas, locais, de cada povo, quer pelos grandes sistemas religiosos. No Ocidente, contudo, desde os últimos três séculos, uma outra prática de pensamento veio se acrescentar a estes modos tradicionais na função de elaborar as bases de nossas experiências concretas de vida: a Ciência. Com efeito, a partir da revolução científica do Renascimento as ciências naturais passaram a contribuir de modo cada vez mais decisivo para a formulação das categorias que a cultura ocidental empregará para compreender a realidade e agir sobre ela.

Mas os saberes científicos têm uma característica inescapável: os enunciados que produzem são necessariamente provisórios, sempre sujeitos à superação e à renovação. Outros exercícios do espírito humano, como a cogitação filosófica, a inspiração poética ou a exaltação mística poderão talvez aspirar a pronunciar Verdades últimas. As ciências só podem pretender formular verdades transitórias, sempre inacabadas. Ernesto Sábato assinala, com precisão, que todas as vezes que se pretendeu elevar um enunciado científico à condição de Dogma, de verdade final e cabal, um pouco mais à frente a própria continuidade da aplicação do método científico invariavelmente acabou por se demonstrar que tal Dogma não passava de um Equívoco (não há exemplo melhor deste tipo de superstição que o do estatuto da noção de raça no nazismo).

Os enunciados científicos, portanto, são inexoravelmente voláteis. Bem ao contrário de uma deficiência, porém, essa impermanência inevitável, essa perpétua readaptação, é que assegura às ciências seu caráter evolutivo – e sua extraordinária capacidade de descrever e transformar a Natureza. Em conseqüência, uma vez que a Ciência

veio a adquirir o papel de co-geradora das Imagens de Mundo que a sociedade atual opera, somos continuamente convidados – na verdade, impelidos, forçados – a reassentar em novas e novas bases nosso entendimento sobre os estados-de-coisas, sobre a coletividade, sobre os indivíduos e, sobretudo, nossos sistemas de valores. Vivemos, pois, na contemporaneidade, uma crise contínua, um espasmo interminável: em plena paradoxalidade, portanto. Este não é, não pode ser, um acontecimento indolor; a mídia do recente final de milênio nomeou esta conjuntura de ruptura incessante de crise da pós-modernidade.

IHU On-Line – De que forma os estados caóticos podem imaginar organizações sofisticadas e comportamentos ricos em potenciais de evolução?

Luiz Alberto Oliveira – Desde seu início, o século XX testemunhou a realização de uma série de experimentos decisivos e teorizações audaciosas que acabaram por demonstrar a inadequação da abordagem newtoniana ou clássica com respeito a fenômenos que ocorrem em escalas (de comprimentos, durações ou velocidades) inumanas, estranhas à nossa percepção habitual dos acontecimentos – como o comportamento dos componentes microscópicos da matéria (moléculas, átomos, partículas), ou a estrutura do universo astronômico (galáxias, grupos, aglomerados). Bilionésimos de segundo, quintilhões de quilômetros: o acesso a esses novos domínios de investigação terá uma implicação deveras notável – a Natureza deixa de ser monótona. A Revolução Científica contemporânea – para usar a bem conhecida denominação de Thomas Kuhn¹¹ – veio assim motivar toda uma nova compreensão acerca da realidade física básica.

Como resultado, a Cosmologia relativística nos revela um Universo dinâmico, histórico e ati-

¹¹ Thomas Samuel Kuhn: foi um físico estadunidense, cujo trabalho incidiu sobre história e filosofia da ciência, tornando-se um marco importante no estudo do processo que leva ao desenvolvimento científico. Thomas S. Kuhn ocupou-se principalmente do estudo da história da ciência, no qual mostra um contraste entre duas concepções da ciência: Por um lado, a ciência é entendida como uma atividade completamente racional e controlada. Em outro lado, a ciência é entendida como uma atividade concreta que se dá ao longo do tempo e que em cada época histórica apresenta peculiaridades e características próprias. Este contraste emerge na obra *A estrutura das revoluções científicas*, e ocasionou o chamado giro histórico-sociológico da ciência, uma revolução na reflexão acerca da ciência ao considerar próprios da ciência os aspectos históricos e sociológicos que rodeiam a atividade científica, e não só os lógicos e empíricos, como defendia o modelo formalista, o qual estava a ser desafiado pelo enfoque historicista de Kuhn. (Nota da **IHU On-Line**)

vo. A microfísica quântica delinea uma matéria dessubstancializada, elusiva, eivada de indeterminação, configurando-se uma realidade não-“objetiva”, fundamentalmente incerta, em relação à qual o observador se torna um participante; e ainda o estudo dos Sistemas Dinâmicos, que, longe do equilíbrio, conduz à concepção de estados caóticos marcados pela imprevisibilidade, mas aptos a engendrar hierarquias sofisticadas de organização bem como comportamentos ricos em potenciais de evolução. A noção quântica de metaestabilidade, por exemplo, permitirá conceber a proliferação de assimetrias temporais como propriedades coletivas de sistemas, desdobrando-se a partir de operações transdutivas, integrações díspares que têm por motor um acaso estruturante. Esta casualidade produtiva conduz a uma inteligibilidade paradoxal – todavia, apta a traduzir o engendramento de novas composições formais a partir de um Caosmos, correspondente em última análise ao próprio reino da complexidade. Múltiplas temporalidades, Acaso inventor, Caos cosmógeno: eis os elementos de um materialismo renovado. O mundo natural configura uma hierarquia complexa, uma pirâmide da complexidade (segundo a bela metáfora de Hubert Reeves:¹² das partículas elementares passamos aos núcleons, aos núcleos, aos átomos, às moléculas, às substâncias, às estrelas, às galáxias, aos aglomerados, ao Cosmos. A imagem de uma Natureza Inacabada: eis o novo âmbito no qual se poderá refletir sobre a constituição da matéria, o comportamento dos seres vivos, as formações psíquicas pessoais e coletivas, e a elaboração de uma ética da – ou melhor, para a – complexidade.

IHU On-Line – Quais são os paradigmas que podemos pensar para o futuro das sociedades?

Luiz Alberto Oliveira – Nossa espécie sempre foi hábil em produzir próteses de movimento, extensões das capacidades físicas não muito notáveis

de nosso corpo que ampliaram em muito seu alcance de ação – tacapes, rodas, foguetes. A seguir, produzimos um extraordinário conjunto de próteses sensoriais – como os instrumentos de medida –, que estenderam nossos sentidos até a atual onipresença telemática. Mas ainda mais recentes – e espantosas – são as próteses de cognição, os recursos para controlar informação que principiamos a infundir em um sem-número de objetos. Com efeito, a capacidade de antecipar os desenvolvimentos futuros dos acontecimentos e de escolher diretrizes de ação com base nessas antecipações seria a característica principal da faculdade que denominamos de inteligência. Durante muito tempo, pensou-se que a posse do domínio simbólico necessário para exercer essa faculdade era exclusiva dos seres humanos (ou, pelo menos, que neles se manifestava de modo qualitativamente diferente dos demais animais superiores). Hoje, reconhecemos que o fator essencial das operações inteligentes é a habilidade de processar grandes quantidades de informação, e principiamos a elaborar dispositivos que incorporam funções de processamento altamente sofisticadas. Estima-se que, em vinte e cinco anos, os chips de computadores serão milhões de vezes mais poderosos que os atuais, tornando-se comparáveis em eficiência a setores do córtex humano. Assim, delineia-se no horizonte próximo a produção de artefatos dotados de autêntica Inteligência Artificial, fato que está confrontando os pesquisadores atuais com uma série de indagações sumamente intrigantes – acerca da natureza do pensamento, do grau de inteligência de outros seres vivos e de nossas próprias capacidades cognitivas. A pergunta decisiva é: o que é esta matéria (este corpo biológico, este dispositivo artificial) pensante?!

Uma especulação servirá para dar o tom dos problemas que teremos pela frente: com o desenvolvimento da Inteligência Artificial, a Robótica mudaria de enfoque, da automação para a auto-

¹² Hubert Reeves: doutor em Astrofísica Nuclear. De 1960 a 1964, ensina na Universidade de Montreal e é conselheiro científico da Nasa. Em 1965, foi professor convidado na Universidade Livre de Bruxelas. A partir de 1966, é diretor de pesquisas no Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), em Paris, e conselheiro científico no Departamento de Energia Atômica (CES) de Saclay (França). Escreveu diversas obras sobre a história do universo e sobre os grandes desafios ecológicos, das quais as mais célebres são *Patience dans l'azur*, *L'heure de s'enivrer* e *Poussière d'étoiles*. (Nota da **IHU On-Line**)

nomia. A simples automatização mecânica derivaria rumo à elaboração de sistemas industriais cada vez mais independentes e auto-suficientes, com capacidades abrangendo desde a aquisição de insumos até a distribuição dos produtos acabados. Robofábricas deste tipo poderão se revelar indispensáveis, por exemplo, no desbravamento de outros planetas. É difícil imaginar o grau de eficiência que uma tal entidade – auto-provedora, auto-reparadora e mesmo auto-reprodutora – poderia alcançar, mas parece certo que nenhuma indústria calcada nos “velhos” moldes poderia competir com um sistema assim. No limite, o pró-

prio trabalho humano se tornaria dispensável (ou inconveniente). Enfim, realizar-se-ia o sonho utópico da libertação do fardo do trabalho, mas com uma peculiaridade: a transferência da espécie portadora da força produtiva, dos organismos humanos para os robossistemas. O impacto deste asteróide econômico nos converteria em dinossauros mamíferos, irremediavelmente obsoletos, aguardando a extinção auto-produzida. Seria esse o triunfo supremo do capital?!

O homem, as máquinas e o futuro

Entrevista com João Camillo Penna

João Camillo Penna é graduado e especialista em Letras Modernas, pela Universidade de Paris, onde também realizou o mestrado na mesma área. Doutorou-se em Literatura Comparada, pela Universidade da Califórnia, nos EUA. É pós-doutor, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, onde é, atualmente, professor adjunto, e autor de **A imitação dos modernos** (São Paulo: Paz e Terra, 2000).

Pensar as mudanças que acontecerão no mundo no futuro é imponderável. Alguns prognósticos que transcendem o mundo conhecido e tem como horizonte a possibilidade virtual foram estudados pelo professor João Camillo Penna e apresentados no Programa Cultura e Pensamento, que aconteceu em setembro de 2007, no Rio de Janeiro. Nele, Penna apresentou o trabalho “Máquinas utópicas e distópicas”, no qual, a partir do movimento das evoluções, analisa algumas produções de ficção científica e pensa na construção de um “mundo possível”. Sobre este assunto, João Camillo Penna falou à **IHU On-Line**, por e-mail.

Na entrevista concedida à **IHU On-Line** e publicada nas **Notícias do Dia** do site do IHU (www.unisinos.br/ihu), em 6 de novembro de 2007, Camillo Penna fala sobre a dependência e independência do homem em relação às tecnologias, das nanotecnologias e tecnociências como utopias e distopias desenvolvidos no mundo contemporâneo e as diferenças entre o homem e as máquinas. Segundo Penna, “a substituição do trabalho humano pela tecnologia gerou uma classe de inúteis ao sistema produtivo, dispensável e excrescente, ao invés de energia livre para o ócio,

ele próprio integrando o ciclo reprodutivo da produção”.

IHU On-Line – A sociedade contemporânea está cada vez mais dependente das máquinas e das tecnologias para acompanhar o desenvolvimento do mundo. No entanto, essa mesma sociedade nega essa dependência. Por que a pessoa humana precisa fazer essa negação para afirmar sua humanidade, em sua opinião?

João Camillo Penna – A discussão sobre a dependência das máquinas depende e está ligada à da independência delas, as duas proposições sendo contemporâneas uma da outra, e interdependentes. Precisamos estar dependentes das máquinas, sentirmo-nos quase escravizados por elas, numa fantástica inversão dos desígnios que deram origem a elas, sob a forma de um pesadelo, para podermos, então, nos libertar delas. O que me impressionou em meu estudo sobre ficção científica é o sonho de um outro ser, semelhante ao ser humano, mas artificial e por ele produzido, que desembocará na temática da automação e dos robôs, uma máquina das máquinas, capaz não apenas de cumprir programas estabelecidos pelos homens, mas reprogramar-se e produzir programas. Ele consiste imediatamente em um alerta contra os perigos que isso representaria para a humanidade. A máquina é em si a imagem deste perigo, é refletido nelas que nos vemos como dependentes/independentes. Ela existe para que afirmemos a partir dela a nossa liberdade e libertação dela.

Há um roteiro clássico que reaparece de forma recorrente tanto em ficção científica quanto

nos relatos de viagem, e que hoje em dia estrutura *reality shows*, como *Survivor*¹³ e *No limite*,¹⁴ que consistem em imaginar um grau zero da técnica: uma nova sociedade estabelecida numa ilha fechada, onde faltam o conforto e as conquistas da civilização, e para onde são jogados estes náufragos da cultura. O que estes relatos contêm é uma imagem da reinvenção da civilização a partir da sua tábula rasa, e constituem pesadelos organizados sobre precisamente o problema que ecoa em sua pergunta: o que fazer quando não temos mais nenhuma máquina em que nos apoiar? Precisaríamos nos desvencilhar delas, treinarmo-nos asceticamente a não mais depender delas para no momento preciso não sentirmos tanto a sua falta?

Esta seria uma reação programada por este pesadelo, que é posto em prática incessantemente hoje em dia pelos mais diversos grupos refratários aos avanços tecnológicos. Mas o que invariavelmente se comprova nestes *reality shows*? Que os humanos são plenos de recursos, têm “muitos truques”, como se dizia de Ulisses, na *Odisséia* de Homero,¹⁵ e invariavelmente prevalecem sobre as agruras da natureza, reconstituindo a civilização inclusive e, sobretudo, no que ela tem de mais terrível: a competição e o critério seletivo dos melhores. O que este laboratório darwiniano-capitalista demonstra é que nos refazemos invariavelmente, prevalecemos necessariamente, que somos de fato os melhores e que prevalecem os melhores. Que isso tudo se dê na superfície da tela da televisão – uma máquina de imagens, e das mais poderosas, sintoma central de nossa “dependência” delas – significa o que dizia no início: que a máqui-

na é quem produz tanto o sonho de um mundo no qual seríamos independentes delas (utilizá-las, sem ser contaminados por elas), em que elas representariam um acréscimo de conforto em nossa existência social, quanto o pesadelo de sermos delas dependentes (sem elas morreríamos).

IHU On-Line – No texto “máquinas utópicas e distópicas”, o senhor fala sobre as projeções que se faziam na ficção científica dos anos 1960, 1970. Essas projeções eram, geralmente, otimistas, ou seja, imaginavam um futuro repleto de tecnologias (muitas surreais ainda hoje) e o homem totalmente conectado a elas. As ficções científicas produzidas hoje são bastante pessimistas. Elas projetam um mundo caótico e o fim dos seres humanos. Para o senhor, o desenvolvimento da tecnologia e das nanotecnologias são uma distopia ou uma utopia? Viveremos num mundo diferente do que conhecemos?

João Camillo Penna – A ficção científica é o relato sobre o futuro e, especificamente, sobre a parte que a tecnologia desempenhará neste futuro. O progressismo do século XIX gerou uma série de projeções otimistas sobre o futuro da humanidade, em um mundo que seria de fato melhorado pela mecanização. Este mesmo otimismo está presente na futurologia de Herman Kahn¹⁶ nos anos 1960, ou na ficção científica de Isaac Asimov,¹⁷ na série de relatos otimistas sobre os robôs (*Eu, robô*¹⁸) – ambos correspondendo à perspectiva da tecnocracia estadunidense, que desembocará nas epopéias espaciais e interplanetárias, que desdo-

¹³ *Survivor*: *reality show* competitivo popular nos EUA e produzido em vários outros países. No programa, participantes são isolados em um local remoto onde competem por um prêmio em dinheiro e outros prêmios. Seu formato foi criado no Reino Unido em 1992 por Charlie Parsons, e sua primeira produção foi o programa sueco *Expedition Robinson*, em 1997. A versão estadunidense é conhecida como a mãe dos *reality shows* americanos devido ao seu pioneirismo na TV americana e pelos altos índices de audiência nos EUA. Seu produtor é Mark Burnett, o mesmo responsável por sucessos como *O Aprendiz*. (Nota da **IHU On-Line**)

¹⁴ *No limite*: a versão brasileira (não-autorizada) de *Survivor*. editada por três vezes pela Rede Globo. (Nota da **IHU On-Line**)

¹⁵ Homero: primeiro grande poeta grego cuja obra chegou até nós. Teria vivido no século VIII a.C. período coincidente com o surgimento da escrita na Grécia. Consagrou o gênero épico com as obras *Ilíada* e *Odisséia*. (Nota da **IHU On-Line**)

¹⁶ Herman Kahn: foi um estrategista e teórico do sistema militar empregados na Rand Corporation, nos EUA. Suas teorias contribuíram para o desenvolvimento da estratégia nuclear dos EUA. (Nota da **IHU On-Line**)

¹⁷ Isaac Asimov: foi um escritor e bioquímico famoso como popularizador da ciência e como autor de ficção científica, sendo suas séries mais populares *Fundação* e *Robôs*. Nesta última criou as famosas *Três Leis da Robótica*. Sua obra de ficção destaca-se por introduzir ao leitor leigo conhecimentos científicos e a ideia do método científico. (Nota da **IHU On-Line**)

¹⁸ *Eu, robô*: filme futurista estadunidense lançado em 2004. É baseado em uma história de Isaac Asimov, mais precisamente, nas *Três Leis da Robótica* criadas pelo escritor. Nos contos da série, Asimov brincava com as diferentes implicações da lógica das

bram o imaginário da “corrida espacial” entre Estados Unidos e União Soviética, uma ficcionalização tecnológica da Guerra Fria.

Há, no entanto, uma outra linhagem da ficção científica, que se inicia precisamente no Pós-Segunda Guerra Mundial, quando tanto Hiroshima e Nagasaki, de um lado, e os campos de concentração e extermínio nazistas, de outro, ambos produtos diletos da tecnociência, demonstraram de forma insofismável que nem tudo eram flores no que tocava à tecnociência. Vem daí esta corrente, de fato dominante hoje em dia na ficção científica, de relatos distópicos, com uma forte ênfase em uma temática biológico-genética, que projetam um futuro entrópico: o que ocorreria à humanidade após uma grande catástrofe, frequentemente nuclear, que erradicaria a vida na superfície do planeta? A ficção científica tem uma certa veleidade preditiva, pode representar horizontes possíveis de nosso futuro, mas não é de fato esta a sua pretensão mais essencial.

Assim, quando assistimos ao maravilhoso *2001 – Uma odisséia no espaço* (1968), de Stanley Kubrick,¹⁹ percebemos que de fato as viagens interplanetárias ainda não se transformaram em episódios corriqueiros explorados por linhas áreas comerciais. É possível que um dia isso venha a ocorrer, embora a hipótese seja cada dia menos verossímil. O mais importante aqui, no entanto, não é o fato de que *2001* passou e esta representação do futuro esteja bem longe de ser confirmada, demonstrando a falha preditiva de A. C. Clarke²⁰ e de Kubrick. O importante no filme e no livro sobre o qual é baseado, como na ficção científica em ge-

ral, é que constituem um espelho analógico a partir do qual podemos ver o nosso presente, refletir sobre o que significa o humano, esta a pergunta essencial da ficção científica.

IHU On-Line – Esse desenvolvimento das tecnologias, tornando tudo cada vez menor, mas nos tornando cada vez mais cidadãos dessa aldeia global, como pensou McLuhan,²¹ pode mudar nossa moral e os valores que predominam hoje na sociedade? De que forma?

João Camillo Penna – McLuhan descreveu de forma aguda, nos anos 1960, o mundo contemporâneo a partir da invenção da eletricidade, que introduziu a simultaneidade de espaços-tempos, a aproximação, coexistência e inclusão recíproca de mundos, por oposição à especialização, segmentarização, seqüenciamento do mecanismo, a revolução tecnológica anterior. Esta descrição do mundo unificado em uma “aldeia global” – formulação que, diga-se de passagem, foi transposta na logomarca da TV Globo, a ponto de não mais poder dela ser distinguida (sendo contemporâneas: *Compreendendo a mídia: as extensões do homem* é de 1964, e a fundação da Globo de 1965) – corresponde de fato à uma representação possível, parcialmente realizada no mundo atual. Com a sabedoria que um certo olhar retrospectivo lança sobre o *insight* de McLuhan, percebemos, no entanto, que a eletricidade, ou sua derivação, a informática e a comunicação, não apenas juntou o mundo, mas permitiu a coexistência de diversos mundos simultâneos, ao mesmo tempo separados e internamente articulados.

leis, criando situações absurdas e perigosas para os humanos envolvendo os robôs, mas sempre elegantemente resolvidas também de forma lógica. (Nota da ***IHU On-Line***)

¹⁹ Stanley Kubrick: foi considerado um dos cineastas mais importantes do século XX, responsável por uma obra polêmica, mas que gozou de uma excelente recepção crítica, *2001 – Uma odisséia no espaço* (1968). Cinco anos de produção foram necessários para o desenvolvimento de *2001*, para muitos, a melhor ficção científica já filmada. Foi escrito ao mesmo tempo em que o livro homônimo de Arthur C. Clarke estava em produção. (Nota da ***IHU On-Line***)

²⁰ Arthur Charles Clarke: escritor e inventor britânico, autor de obras de divulgação científica e de ficção científica, como, por exemplo, os romances *2001 - Uma odisséia no espaço*, *A revelação de Rama* e *As fontes do paraíso*. Talvez sua contribuição de maior importância seja o conceito de satélite geoestacionário como futura ferramenta para desenvolver as telecomunicações. (Nota da ***IHU On-Line***)

²¹ Herbert Marshall McLuhan: foi um filósofo e educador canadense. McLuhan introduz o impacto sensorial, o meio é a mensagem e aldeia global como metáforas para a sociedade contemporânea, a ponto de se tornarem parte da nossa linguagem do dia-a-dia. Teórico dos meios de comunicação, foi precursor dos estudos midiológicos. Seu foco de interesse não são os efeitos ideológicos dos meios de comunicação sobre as pessoas, mas a interferência deles nas sensações humanas, daí o conceito de “meios de comunicação como extensões do homem” (título de uma de suas obras), ou “prótese técnica”. (Nota da ***IHU On-Line***)

Se a hipótese da integração crescente, tendendo à simultaneidade e à unificação dos mundos em um mundo único, gerava uma perspectiva universalista de fundo iluminista, com o eventual predomínio de uma ética progressista e libertária, ocidental, vemos hoje em dia que um movimento inverso também se deu: uma inesperada reação entrópica, arcaizante, que reage a esta dissolução dos mundos violentamente, produzindo o ressurgimento de particularismos. A aldeia de McLuhan no campo da moral seria de fato o relativismo: a transcendência das hierarquias, fundadora dos sistemas morais, sendo substituída por uma horizontalidade imanente dos mundos em um mundo, afirma então que tudo é certo, e que, portanto, qualquer perspectiva auto-justificada é certa e pode e deve legitimamente coexistir com as outras.

IHU On-Line – Se mudarmos esses valores, estaremos caminhando para uma ética mundial, onde haverá uma unidade entre as nações, ou as diferenças e singularidades ficarão ainda mais em evidência predominando o estado de exceção?

João Camillo Penna – Minha hipótese é que, na política contemporânea, o estado de exceção deixou precisamente de ser uma exceção, isto é, uma eventualidade, mesmo que implícita a todas as constituições nacionais modernas, e passou a ser a regra. Estamos diante de um paradoxo: a exceção perdeu o seu *status* excepcional e passou a constituir o nosso cotidiano político de cidadãos que vivem no mundo hoje em dia. O estado de exceção é, na verdade, a condição para a vigência do estado de direito (que em tese se oporia a ele). Há largos segmentos de populações inteiras do mundo hoje em dia que vivem em um estado de exceção explícito, indisfarçado. Ao contrário do que queria um certo relato da modernização progressista, que entendia que gradativamente o cír-

culo modernizante se expandiria, atingindo um número cada vez maior de pessoas, é necessário que estes bolsões de estado de exceção existam, para que aqueles onde vige o estado de direito possam subsistir.

É provável que a coexistência necessária destas duas ordens esteja ligada à revolução tecnológica de que estamos falando: uma ordem única globalizada ou mundializada, horizontal e imanente, subsumindo singularidades as mais diversas, diversos mundos num mundo, estados de exceção e estado de direito. A descrição lógica disso seria o seguinte: uma igualdade geral entre segmentos desiguais, que subsumem desigualdades internas a cada sistema. O certo é que o horizonte das revoluções tecnológicas é o mesmo do estado de exceção: ambos têm origem na modernidade (a primeira formulação do estado de exceção data do terror revolucionário francês), no programa de uma revolução racional social. Que esta revolução tenha ao mesmo tempo ocorrido (dado certo), e rotundamente fracassado, é um dos enigmas que a política contemporânea nos apresenta.

IHU On-Line – O senhor cita autores que dizem que o robô, ou seja, a máquina é o escravo ideal do homem. No entanto, o senhor afirma, também, que o homem é a tecnologia. Quais são as principais diferenças entre o homem e a máquina que de fato definem quem é o criador e quem é o dominado?

João Camillo Penna – A palavra robô vem do tcheco *robot*, “trabalho tedioso e maçante”, com fortes conotações feudais do trabalho escravo e servo. Ela surge justamente na ficção científica, na obra dos irmãos Karel e Josef Capek²² nos anos 1920. A tese do que Marx e Engels chamaram de “socialismo utópico” do século XIX era baseada na hipótese de que a mecanização da sociedade produziria uma melhoria em nossas vidas, fazendo com que parte ou eventualmente a totalidade

²² Karel Capek nasceu em 1880 e seu irmão, Josef, em 1887, na Checoslováquia. Karel foi romancista, dramaturgo e encenador. Simultaneamente, foi o editor do jornal de Praga, fundador e diretor do Vinohradsky Art Theater, em Praga, e ensaísta político. É reconhecido pelas suas peças, sendo a *R.U.R.* a mais famosa. Realizada em 1921, retrata uma fantasia dramática em que cada uma das personagens é desumanizada pela máquina da idade. *R.U.R.* é a sigla de Rossum’s Universal Robots e foi nesta peça que surgiu a palavra inglesa “robot”. Já Josef é conhecido com um notório pintor, escritor e poeta. Inventou a palavra “robot” que foi usada por seu irmão. Primeiramente, foi um pintor cubista, mas inventou seu próprio estilo, chamado *playfull*. Escreveu poemas no campo de concentração de Bergen-Belsen-Belsen, onde morreu em 1945. (Nota da **IHU On-Line**)

dos trabalhos de sustentação social seja realizada por máquinas. Na utopia de Saint-Simon ou nos falanstérios de Fourier, teríamos uma sociedade sem trabalhadores, com homens exercendo funções de chefia no exército e na empresa. Podemos dizer com segurança que, mais uma vez, a profecia maquinica utópica ao mesmo tempo realizou-se e fracassou. É verdade que as máquinas se ocupam de certas funções antes exclusivas a humanos. No entanto, isso não liberou o nosso tempo para termos uma vida melhor.

Pelo contrário, a arqueologia prova que o homem do neolítico trabalhava muito menos do que nós, seu dia sendo constituído por longos períodos de espera e ócio, pontuados de atividades circunscritas. A substituição do trabalho humano pela tecnologia gerou uma classe de inúteis ao sistema produtivo, dispensável e excrescente, ao invés de energia livre para o ócio, ele próprio integrando o ciclo reprodutivo da produção. Tudo indica que esta perspectiva da máquina como escravo ideal, tão presente nas ficções científicas, não se efetivou na realidade. Mas não sendo pre-

ditiva a ficção científica, entende-se, então, por que os robôs fornecem tão somente analogias para com as relações humanas. A partir deles, a ficção científica formula a sua questão essencial: o que é o humano?

Pergunta complexa já que o homem é essencialmente técnica, isto é, artifício, sua natureza sendo por assim dizer artificial, constituído que é, em sua diferença específica, como fala articulada, a partir de um sistema fonador que se instala como prótese num sistema vocal digestivo. Debruçando-se sobre este paradoxo, a ficção científica vai constantemente perguntar-se: o que nos diferencia das máquinas? Esta, na verdade, é a razão de ser das máquinas na ficção científica. E partirá freqüentemente da resposta rousseauiana à pergunta: o que nos diferencia é a compaixão, a piedade, no léxico rousseauiano, a capacidade de se identificar com a dor do outro. Esta resposta precária, constantemente expandida, contradita, mas renovada, é o ponto de partida da pergunta sobre a paradoxal natureza técnica do humano.

Tecnobiociências: “Diante do menor risco, devemos parar”

Entrevista especial Vera Lúcia Caldas Vidal

Vera Lúcia Caldas Vidal é graduada e mestre em Filosofia, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Obteve doutorado, também em Filosofia, pela Universidade de Paris, na França. Atualmente, atua como pesquisadora da Fundação Oswaldo Cruz. É autora de **Os enunciados de identidade – Uma análise filosófica** (Rio de Janeiro: Gráfica da PUC-Rio, 1977).

Nanotecnologia, transgênicos, clones, genoma, genética modificada: até que ponto podemos interferir no meio ambiente para o bem do homem? Como relacionar ética, meio ambiente e filosofia? Hoje, vivemos um período de inconsistência epistemológica em relação ao conceito e ao desenvolvimento da bioética. Por isso, a união da filosofia e da ciência seja uma forma de repensarmos nossos avanços, a partir daquilo que fazemos com o meio em que vivemos. Questões como essas foram debatidas com a professora Vera Lúcia Caldas Vidal, na entrevista que concedeu à **IHU On-Line** e que foi publicada nas **Notícias do Dia** do site do IHU (www.unisinos.br/ihu), em 17 de novembro de 2007, na qual falou também sobre a distância que por muito tempo manteve separadas a filosofia e ciência. Segundo Vera Lúcia, “diante do menor risco, devemos parar. Se não sabemos o impacto das sementes transgênicas nos próximos dois bilhões de anos, então devemos ter cuidado com o que estamos fazendo hoje”, afirmou a pesquisadora.

IHU On-Line – A senhora une a ciência e a filosofia. No entanto, essas são áreas que, embora tenham surgido juntas, andavam afastadas. Com a biotecnologia e os avanços desta ciência em relação às pesquisas

sobre a evolução do homem, qual é, hoje, a importância de romper esse bloqueio e efetivar a união entre a ciência e a filosofia?

Vera Lúcia Caldas Vidal – Bem, eu estudo a relação da Filosofia com as ciências da vida e da saúde. Desde os cientistas filósofos antigos, que eram uma coisa só, porque não havia diferença entre ciência e filosofia, o filósofo era amigo da sabedoria, um *sofho*, um sábio, isto é, aquele que se interessa em conhecer os significados das coisas que nos cercam, do próprio homem e sua relação com o homem, sob todos os aspectos, como o físico, metafísico, social etc. O filósofo era quem tinha interesse em ter essas respostas da forma mais global possível. Tanto que os filósofos antigos constroem sistemas de interpretação em que todas as questões básicas teriam a resposta para as diversas áreas da relação da filosofia com o mundo e com o homem, com a realidade social, entre outros elementos. Então, você pode dizer, que do início das reflexões do homem sobre si e sobre o mundo até propriamente o início da ciência moderna, no século XVII, a filosofia e a ciência eram a mesma coisa. A ruptura começou no século XVII, por meio das chamadas ciências experimentais, que começaram a desenvolver pesquisas, em que se começava a ter uma comprovação empírica, ou seja, não eram muitas teóricas, utilizando métodos mais ligados à realidade objetiva. Surgiu, pelo menos, o ideal de que o saber científico devia se basear na experimentação científica. Bom, nesse ponto começou a separação. As ciências humanas, a partir do século XVIII, começam a construir uma metodologia própria e a sair do campo da filosofia. Assim, vão surgindo os campos específicos: sociologia, psicologia, antropologia etc. No

século XIX, acontece uma bela ruptura geral, e cada saber irá desenvolver sua metodologia própria e querer ser independente, impondo limites ao seu campo. Isso ocorre porque nesse século os métodos elementares começam a se sofisticar por causa das tecnologias e seus avanços. O século XX começa assim com cada um em seu campo. A partir da metade do século XX, começa a se compreender que não é possível se trabalhar sozinho.

A partir dos anos 1970, 1980, inicia-se a grande moda da interdisciplinaridade, da transdisciplinaridade, da multidisciplinaridade e volta a se reunir os campos outra vez, surgindo áreas como a psicossociologia, a fossilbiologia, a psicobiologia. A partir daí, a filosofia começa a fazer uma reflexão sobre a ciência. Essa reflexão evolui com os neopositivistas, com o Círculo de Viena, por volta dos anos 1930, começando, dentro da filosofia, a ter uma partição. Assim, há aqueles que utilizam uma metodologia próxima do discurso da ciência e aqueles que são mais metafísicos e desenvolvem um discurso mais baseado nas argumentações, que não têm relação direta com a observação, isto é, que são mais especulativos. Cada vez mais, é possível perceber que as ciências da vida, as ciências da natureza, as ciências físicas em geral, estão procurando vir à filosofia para ajudá-la em determinados impasses que aqui se encontram na sua prática. Sobretudo, a biologia e as ciências da vida, o desenvolvimento das biotecnociências, a engenharia genética, o mapeamento do genoma humano, as clonagens, começam a levantar uma série de problemas filosóficos. Até onde levar a pesquisa científica? Quais são os limites dela? Qual é o grau de rigor que podemos esperar das nossas previsibilidades para, efetivamente, termos o direito de interferir na vida como estamos intervindo? Como podemos calcular os riscos? Como podemos acreditar nas nossas previsibilidades? As próprias ciências duras começaram a ficar meio inseguras quanto ao valor de verdade dos seus enunciados. Com isso, ocorre uma mudança em relação ao conceito de verdade.

Nós somos uma geração feliz, porque, tanto cientistas quanto filósofos, entramos no século XXI e temos consciências de que, mesmo que nossas teorias sejam uma descrição objetiva e fiel da rea-

lidade, não sabemos se será a mesma coisa no futuro, porque não temos como efetivamente provar se uma teoria corresponde realmente aos fatos. Temos como demonstrar logicamente, empiricamente, os dados, mas isso não garante que uma determinada informação será verdadeira para todo o sempre. Sob esse ângulo, a verdade absoluta já não é mais meta de nenhuma pesquisa científica. A nossa de verdade ficou muito mais *light* no século XXI. Hoje em dia, não há mais divórcio possível entre filosofia e ciência. Todos estão dentro do mesmo barco, conscientes da indeterminação das teorias diante dos fatos. Nenhuma teoria pode ser provada, apenas demonstrada, o que implica que eu posso revisar essa teoria um dia e até refutá-la, o que é uma marca do discurso científico, filosófico etc. As fronteiras, realmente, a cada dia, se dissolvem cada vez mais; estamos mesmo na Era de Aquarius. Atualmente, queremos, sobretudo, conhecer. Para isso, precisamos de inúmeras formas de argumentação e de leitura da realidade. Cada um vai apresentar um certo modelo de interpretação da realidade. Os modelos de interpretação podem conflitar, mas passarão bem nos testes empíricos.

***IHU On-Line* – A ética das ciências da saúde é totalmente filosófica?**

Vera Lúcia Caldas Vidal – Você tem uma ética que é filosófica, entre outras: ética médica, ética da veterinária, ética da odontologia etc. Então, você tem éticas que são específicas de cada saber, que são mais ou menos regras e códigos. Mas as especulações sobre o que é ser ético, sobre o bem, como decidir sobre a validade de uma determinada intervenção na vida, trazem questões mais filosóficas. Isso já envolve a ética filosófica. O que quero dizer, com isso, é que nem toda ética é filosófica. Quando se fala em código de ética, isso não é filosófico: trata-se de um conjunto de regras daquele saber para nortear moralmente as suas ações.

***IHU On-Line* – Em sua opinião, que direito o homem tem para poder interferir no meio ambiente?**

Vera Lúcia Caldas Vidal – A minha teoria, e cada um terá a sua, pois não há uma teoria unifi-

cada, é de que caiu o mito de que o homem é um ser superior capaz de colocar a natureza a seu serviço. Isso é um mito construído, por exemplo, nas religiões, nas quais o homem é o principal ser e ele é valorizado. Um mito também da época do racionalismo exacerbado, em que o homem é considerado o único ser racional. Desse modo, você concede poder ao homem por ele ser o único ser espiritual, ligado a uma transcendência, que seria Deus, daí o mito religioso. Os discursos científicos racionalistas irão valorizar o homem, porque ele é o único ser racional capaz de interpretar a realidade. Aí se criou o princípio filosófico de que, na medida em que o homem desenvolveu tecnologias, ele é capaz efetivamente de colocar a natureza a seu serviço. Na época antiga e medieval, o saber era usado para contemplar e não para interferir. A noção de interferência se deu a partir do século XVII, sobretudo com a revolução tecnológica, que deu o poder de interferir cada vez mais. A questão ética precisa ser debatida, portanto, muito seriamente. É preciso avaliar os argumentos e eu, pessoalmente, não vejo nenhum que possa justificar que o homem seja um ser superior, capaz de dominar, transformar, manipular a natureza em seu favor. Tudo isso precisa ser feito com muita consideração ética. Por exemplo, o homem tem o direito, por exemplo, de construir uma hidrelétrica e afetar gravemente o meio ambiente? Se não construí-la, fica-se sem luz e sem ela há um desconforto para ele. Como é que fica? É uma questão extremamente complexa para ser resolvida e, infelizmente, não acaba sendo resolvida em nível filosófico, mas sim nos planos econômico e políti-

co. Para mim, diante do menor risco, devemos parar. Se não sabemos o impacto das sementes transgênicas nos próximos dois bilhões de anos, então devemos ter cuidado com o que estamos fazendo hoje. Penso, então, que seja melhorar estabelecer um limite.

IHU On-Line – As áreas de humanas e biociências da saúde estão conscientes dessa interferência que o homem está fazendo na natureza e nas conseqüências que isso pode ter para a Ética Mundial?

Vera Lúcia Caldas Vidal – Eu afirmo o seguinte: todos estão bastante conscientes, pois a mídia tem divulgado os problemas. Uma coisa nem é tanto divulgar o problema, e sim que tipo de teorias se pode desenvolver para atacar esse problema. Eu acredito que as áreas humanas, especialmente a filosofia, ainda apresentem reflexões precárias. Os cientistas de todas as áreas parecem não estar conscientes da necessidade de desenvolver uma sabedoria mais empírica, mais voltada para essas questões. Acaba ficando tudo excessivamente pragmático. Parece que os filósofos estão fora desse tipo de área. Parece implicar em temas menos nobres; eu não sei bem o que acontece. Mas, a bem da verdade, é muito difícil encontrarmos filósofos e cientistas humanos sociais que efetivamente sejam mergulhados profundamente nessa questão, tentando desenvolver metodologias de análise, argumentos, concepções que possam efetivamente ajudar a tratar essas questões num nível rigoroso, objetivo, demonstrável e tudo o mais.

“A vida biológica tornou-se tema e objeto político”

Entrevista com Adriano Premebida

Adriano Premebida é graduado em História, pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Obteve mestrado em Desenvolvimento Rural e doutorado em Sociologia, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente, é pesquisador da rede de pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

Entender o desenvolvimento das novas tecnologias, em especial as nanotecnologias, é o objetivo de Premebida. Na entrevista concedida por e-mail à **IHU On-Line** e publicada nas **Notícias do Dia** do IHU, em 22 de fevereiro de 2008, Premebida fala sobre a relação do conceito formulado por Michel Foucault e as nanotecnologia, ciborgues e Ética Mundial relacionada às biotecnologias. “Para mim, a noção foucaultiana de biopoder, principalmente na sua derivação biopolítica, torna-se uma ferramenta conceitual importante na interpretação de formas de gestão do indivíduo e, agora de forma mais atuante, do ambiente. Sua importância está vinculada ao problema da ‘população’ (seu bem-estar, sua riqueza, sua saúde, alimentação, felicidade, longevidade etc.) e suas relações com as variáveis regulatórias da vida biológica, principal-

mente ao se cruzarem de forma cada vez mais estreita com os avanços das bio e nanotecnologias”, declarou.

IHU On-Line – Como você analisa o potencial heurístico do conceito de biopoder presente nas nanotecnologias em desenvolvimento no país hoje?

Adriano Premebida – Para mim, a noção foucaultiana²³ de biopoder, principalmente na sua derivação biopolítica, torna-se uma ferramenta conceitual importante na interpretação de formas de gestão do indivíduo e, agora de forma mais atuante, do ambiente. Sua importância está vinculada ao problema da “população” (seu bem-estar, sua riqueza, sua saúde, alimentação, felicidade, longevidade etc.) e suas relações com as variáveis regulatórias da vida biológica, principalmente ao se cruzarem de forma cada vez mais estreita com os avanços das bio e nanotecnologias. Teoricamente, eu me apóio numa perspectiva, digamos, mais estreita da noção de biopoder/biopolítica. Não vejo utilidade para minha pesquisa a extensão dada a esta noção por Negri²⁴ e Hardt,²⁵ por exemplo. A vida biológica tornou-se uma positividade e em nome dela criam-se extensas redes de

²³ Michel Foucault: foi professor no Collège de France de 1970 a 1984. Tratou principalmente do tema do poder, rompendo com as concepções clássicas do termo. Para ele, o poder não pode ser localizado em uma instituição ou no Estado, o que tornaria impossível a “tomada de poder” proposta pelos marxistas. Para analisar o conceito, estudou o poder disciplinar e o biopoder e os dispositivos da loucura e da sexualidade. As edições 119 e 203 da revista **IHU On-Line** foram especial sobre Foucault. Também a edição 13 dos **Cadernos IHU em formação** tratou do pensamento do autor. (Nota da **IHU On-Line**)

²⁴ Antonio Negri: filósofo político marxista italiano. Conhecido por sua atividade política, Negri adquiriu notoriedade internacional nos primeiros anos do século XXI, graças aos livros *Multidão* (Rio de Janeiro: Record, 2001) e *Império* (5. ed. Rio de Janeiro: Record, 2003), escritos em co-autoria com seu ex-aluno Michael Hardt. O livro tornou-se um dos manifestos do movimento anti-globalização. Negri foi preso político. Negri refugiou-se França e ensinou na Universidade de Paris-VIII e no Collège International de Philosophie. Atualmente, Negri vive em Veneza. (Nota da **IHU On-Line**)

²⁵ Michael Hardt: professor de Literatura da Duke University. Autor de *Gilles Deleuze – Um aprendizado em Filosofia* (São Paulo: Editora 34, 1996). Atualmente, trabalha em uma pesquisa sobre a obra do cineasta Pier Paolo Pasolini. (Nota da **IHU On-Line**)

poder que influenciam estruturas de formação de identidades (pautadas, por exemplo, na sexualidade, no corpo, nos genes) e relações com entidades tidas como sociais ou naturais. Ao pensar sobre as possibilidades de convívio com estes novos artefatos bio e nanotecnológicos, é necessário atentar que estas interações perfazem um espaço político. E, como aponta Agnes Heller,²⁶ em seu livro *Biopolítica*, as implicações da incidência do biológico sobre a política acabam modificando a maneira como as relações de poder se expressam concretamente sobre a sociedade. A leitura que Francisco Ortega [UERJ]²⁷ faz de Heller sobre isto é muito instigante, pois ele aponta que as possibilidades de controle técnico sobre a vida podem criar ou reforçar um entendimento de sujeito que luta (ou se constitui politicamente) não por seus direitos, mas pelas possibilidades da vida (biológica). Toda esta temática sobre onde começa e termina a vida, incluindo as regras de atuação sobre o próprio corpo (mudança de sexo e aborto são algumas das mais expressivas), a clonagem humana e alimentos geneticamente modificados, são exemplos de o quanto a vida informada e controlada pela tecnociência tornou-se um tema político e não simplesmente científico.

Quanto à relação desta discussão sobre conceitos das ciências humanas com o desenvolvimento de pesquisas nanotecnológicas no Brasil, considero que ainda sejam incipientes as abordagens que levem em conta as interfaces entre o uso de artefatos e informações provenientes das inovações nanotecnológicas pela sociedade, e as pesquisas com viés nas ciências humanas. Existe um frutífero campo de pesquisa (principalmente para os estudos sociais sobre ciência e tecnologia), que pode instilar investigações sobre como grupos específicos de usuários ou a média da população in-

ternalizam descrevem e reelaboram suas ações cotidianas, e mesmo os sentidos de suas ontologias (o que é natural e artificial?), com o constante uso destas novas tecnologias. Eu considero que a Renanosoma²⁸ esteja sendo pioneira nestes estudos no Brasil, ao reunir pesquisadores de várias áreas das humanidades com interesses nos possíveis impactos socioeconômicos, éticos, agrícolas, no mundo do trabalho e ambientais provocados pelas nanotecnologias. Além disso, a rede mantém um esforço em torno do constante diálogo com pesquisadores envolvidos diretamente com a produção de nanociência e nanotecnologias, na tentativa de formar um espaço tanto teórico, como político, para se pensar estas questões em conjunto e de forma multidisciplinar.

IHU On-Line – Caminhamos cada vez mais para nos transformarmos em ciborgues. Que interpretação você faz das transformações possibilitadas pelas nanotecnologias e biotecnologias e da reconfiguração da nossa identidade e sociabilidade?

Adriano Premebida – Realmente, com as tecnologias convergentes (biotecnologias, nanotecnologias, ciências cognitivas e tecnologias da informação), a metáfora do ciborgue foi para além da ficção científica. Graças à Donna Haraway,²⁹ o termo ciborgue adquire maior consistência ao expressar uma possibilidade de romper com um ideal de “sujeito natural”, pleno de humanidade, pensado neste sentido mesmo anterior a qualquer tipo de socialização. Haraway pretende desconstruir uma imagem natural de categorias, tais como sexo, corpo, raça, animal (primatas). Em seus estudos, ela procura mostrar como a humanidade é fruto da técnica. É isso que me atrai nela. Através de uma abordagem vinculada à sociologia da ciência

²⁶ Agnes Heller: foi professora de Sociologia na Universidade de Trobe, na Austrália. Atualmente, leciona na New School for Social Research, em Nova Iorque. (Nota da ***IHU On-Line***)

²⁷ Francisco Javier Guerrero Ortega: doutor em Filosofia, pela Universität Bielefeld, Alemanha. Atualmente, é coordenador da equipe brasileira do projeto de cooperação intercultural Brasil/Alemanha PROBRAL sobre o tema “O sujeito cerebral: impacto das neurociências na sociedade contemporânea”. É professor do departamento de ciências humanas em saúde do Instituto de Medicina Social da UERJ. (Nota da ***IHU On-Line***)

²⁸ Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente da fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. (Nota da ***IHU On-Line***)

²⁹ Donna Haraway: escritora, criadora da Ciborgologia. Seu objetivo aparece logo na primeira frase de seu livro *Manifest for cyborgs*: “Este ensaio servirá para construir um mito político cheio de fé sobre feminismo, socialismo e materialismo (...). No centro de minha fé irônica, minha blasfêmia, é a imagem de um cyborg”. (Nota da ***IHU On-Line***)

(e seu foco é a biologia), procura desfazer uma imagem humanista de indivíduo calcada em uma ontologia da pureza naturalista, o que para ela é um prejuízo para as mulheres, por exemplo (e neste ponto critica parte das feministas), ao essencializar uma “natureza feminina”. Para esta autora, a humanidade é a expressão de fusões entre artefatos técnicos e corpo, no processo de distinção entre humano e animal: a política da hominização. O ciborgue é uma promessa política instalada desde a literatura, teorias sociais e movimentos reivindicatórios com visão quase metafísica da tecnologia contemporânea, como os transumanistas. É uma narrativa enaltecida do refinamento de novas faculdades (cognitivas, estéticas, físicas), da diversidade de possibilidades nas construções identitárias e de experiências promovidas por estas novas tecnologias.

IHU On-Line – Como se dá a biopolitização da vida nas diversas esferas da vida afetadas pelo desenvolvimento das biotecnologias?

Adriano Premebida – A vida biológica tornou-se tema e objeto político. Talvez sempre tenha sido, mas, com as possibilidades de seu controle e manipulação molecular pela tecnociência, existe atualmente uma mudança qualitativa. A noção de biopolítica, neste caso, se originalmente pensada quase como uma premonição por Michel Foucault, consuma-se como fato. O que discuto na minha pesquisa é a tendência dos discursos de (des)legitimação das novas biotecnologias fundamentarem-se apenas na dimensão dos benefícios à saúde, ao ambiente, ao bem-estar. Estes categorias acabam fundamentando-se sobre um cientificismo biologizante, “politicamente correto”, e demandam expectativas políticas baseadas em variáveis biológicas. Vários autores, entre eles Francisco Ortega, Peter Pál Pelbart³⁰ e Agnes Heller, apontam os limites deste tipo de demanda em relação a um ideal de espaço público. Este funciona pelas discussões baseadas na noção de opinião

e não do enunciado da verdade – biológica, genética, pois científica.

Não existe uma neutralidade na confluência de artefatos tecnológicos à nossa rotina diária. Estes artefatos sempre modificam, de uma forma ou outra, a imagem que temos do mundo e de nós mesmos. Para as ciências humanas, isso é importante em termos políticos, pois um modelo de governo (dos humanos e não-humanos) necessita de uma imagem de subjetividade. No atual contexto de inovações biotecnológicas, existem grandes chances da constituição de um sujeito que se compreende e se governa sobre processos de distinção biológicos, e não culturais ou sociais. Se Foucault apontou o papel da sexualidade na questão das tecnologias de construção de si, prevê-se isso, no atual contexto, com os genes. A racionalidade política baseada no liberalismo modifica os termos da problemática da governamentalidade. Aos indivíduos prega-se a liberdade para dirigirem-se a si mesmos de acordo com seus interesses particulares. Mas esta liberdade é dada quanto mais se internaliza mecanismos de autogoverno e auto-regulação. A questão é como técnicas de si baseadas em entidades biológicas se constituirão: ou de modo essencialista ou de modo criativo e cheio de surpresas. Os usos das novas biotecnologias constituem mais uma experiência para a manutenção de um regime de verdade (que legitima os anseios por estas inovações) e de controle sobre a vida. As promessas da modernidade, do conhecimento científico principalmente, podem ser analisadas por um enfoque do avanço da lógica biopolítica sobre variadas áreas do conhecimento. Se o eixo de ação política de um sistema de poder situa-se principalmente sobre o corpo, o que está em jogo agora não é apenas o corpo humano em sua inteireza individual e limitada por barreiras entre espécies (como apontam Jonatas Ferreira³¹(UFPE) e Rosa

³⁰ Peter Pál Pelbart: doutor em Filosofia, pela Universidade de São Paulo. Atualmente, é professor da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. (Nota da **IHU On-Line**)

³¹ Jonatas Ferreira: doutor em Sociologia, pela University of Lancaster. Atualmente, é professor da Universidade Federal de Pernambuco. (Nota da **IHU On-Line**)

Pedro³² (UFRJ), mas a indistinção de fronteiras culturais como a de animal, vegetal e humano na instrumentalização industrial de políticas sociotécnicas sobre a vida biológica. A própria natureza em sua totalidade, agora mais do que nunca, é um espaço moldável, flexível e transitável para uma lógica política atada a um novo horizonte tecnológico.

IHU On-Line – Por mais que as nanotecnologias possam se desenvolver, elas estão bastante presentes no nosso cotidiano atual. Caminhamos para uma sociedade pós-moderna? Como o senhor define essa sociedade pós-moderna?

Adriano Premebida – Este é um debate árduo, pois implica a difícil definição ou mapeamento de critérios que indiquem o que seja a modernidade. Vejo o pós-moderno mais como um *corpus* que agrega todo um conjunto de mudanças conceituais e estilísticas, de 30 anos para cá mais ou menos, ocorrido na academia (construcionismo, estudos culturais, multiculturalismo etc.), na expressão individual (cultura pop), no discurso político e no campo artístico. Eu não consigo articular muito bem as mudanças sociais e culturais de nossa época sob a expressão de “sociedade pós-moderna”. Utilizo algumas das dicas metodológicas de autores apontados como pós-modernos, mas não consigo situar-me muito bem, em termos empíricos ou históricos, na vasta agenda temática e de pressuposições deste conjunto de idéias.

IHU On-Line – E como o senhor vê o lugar da ética dentro dessa sociedade em constante transformação devido à evolução das tecnologias e a inserção dela na vida das pessoas? Qual será a ética do futuro pós-moderno, em sua opinião?

Adriano Premebida – Espero que o termo ética não se torne moeda gasta pelo seu uso excessivo em um momento em que mais se precisará dela. As constantes ondas de transformações tecnológicas impõem-nos escolhas sociotécnicas mais complexas e radicais. Se nossas intenções e razões práticas

(o campo do julgamento) não estiverem focadas mais no plano público e menos no privado, sem dúvida tudo continuará como está (para o bem o para o mal). Não faço idéia de como será constituída uma ética do futuro, mas posso apontar algumas questões de cunho teórico, válidas, imagino, para esta constante interação entre humanos e não-humanos. A modernidade ocidental, graças à influência do cristianismo, ensinou-nos a tomarmos decisões corretas sobre nossos comportamentos como se existisse estruturalmente no mundo uma verdade orientadora deste comportamento (no caso, a verdade divina): basta-nos seguir esta verdade e tomarmos a decisão sobre nossas ações.

Isso transpõe-se para o mundo moderno e secular. É por isso que temos dúvida de tudo, precisamos de experts, de uma autoridade para nos orientarmos sobre saúde, o que comer, como educar nossos filhos, como fazer isso ou aquilo. Não estou criticando esta postura, mas indicando como, de forma geral, tomamos nossas decisões. A questão é que entre a verdade e comportamentos corretos existe muita contingência. Quero dizer com isso, de forma muito resumida, que nossas decisões a respeito de questões sociotécnicas não podem ser deixadas apenas nas mãos de especialistas. Eles são imprescindíveis para estas decisões, mas precisam considerar outras opiniões em uma arena de debate público. Dá-se a palavras a eles, que explicam a justeza de seus argumentos, a validade de suas informações, mas não precisamos lhes dar o poder de decisão. Isso contraria o exercício da democracia. No entanto, de certa forma, já temos alguns modelos interessantes de fóruns sobre escolhas e posturas a adotar em relação a nanotecnologias, por exemplo – os nanofóruns realizados em alguns países no âmbito da União Européia.

Se aproximarmos a discussão sobre ética de uma “estética da existência”, as possibilidades dadas por estas novas tecnologias são muito interessantes, em termos de novas configurações sociais. Os indivíduos terão chances extraordinárias de experimentação de formas de vida e de auto-elaboração corporal, um prato cheio para quem gos-

³² Rosa Maria Leite Ribeiro Pedro: doutora em Comunicação, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente, é professora do Instituto de Psicologia da UFRJ, onde coordena a Pós-Graduação em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social. (Nota da *IHU On-Line*)

ta das discussões sobre o pós-humano. Esta é uma discussão que Foucault desenvolveu no final de sua vida, ao associar ética e estética, para além de um sujeito desejante e ávido por encontrar sua identidade sexual. Este espaço de encontro entre ética e política torna-se um *locus* de discussão teórica a respeito da criação de novas relações sociais e sistemas de pertencimento grupal, centradas em uma ética da amizade. Francisco Ortega, no livro *Para uma política da amizade*, analisa brilhantemente esta questão.

IHU On-Line – Será que estamos preparados para tamanhas transformações?

Adriano Premebida – Não sei. Só saberemos disso após o “acontecimento”. Alguns se preocupam com a velocidade dessas inovações tecnológicas e a maneira como iremos acompanhar isso. Ou seja, nossas instituições sociais, nossas regras jurídico-normativas estão preparadas para tamanha velocidade de mudança? Vejam-se as possibilidades da reprodução assistida e as discussões sobre maternidade ou paternidade daí decorrentes. As tecnologias reconfiguram categorias sociais (como maternidade, filiação etc.). As disciplinas que tratam destas categorias, como a psicologia, sociologia e antropologia, precisam acompanhar estas mudanças. De acordo com Laymert Garcia³³ (Unicamp), a distância entre a tecnologia contemporânea e os parâmetros que utilizamos para representá-la, julgá-la e entendê-la é enorme. Para quem segue estas inovações em bio e nanotecnologias, esse fenômeno é impressionante. A questão é como se equipar com ferramentas conceituais, éticas e políticas (geopolítica), para lidarmos com estas mudanças que abalam nossos referenciais sobre natural/artificial, corpo/espírito, ambiente/sociedade. As reivindicações relacionadas a estas novas tecnologias pululam por todo lado, possibilidades de clonagem de seres humanos, modificações corporais radicais, animais transgênicos de

uso doméstico, mudanças relacionadas à identidade sexual, por exemplo. Precisamos nos equipar com um bom arsenal teórico para compreendermos estas demandas e seus impactos.

IHU On-Line – Esse desenvolvimento das tecnologias, tornando tudo cada vez menor, mas nos tornando cada vez mais cidadãos dessa aldeia global, como pensou McLuhan, pode mudar nossa moral e os valores que predominam hoje na sociedade? De que forma?

Adriano Premebida – Creio que quanto mais nos entrelaçamos nesta “aldeia global” mais explicitamos nossas diferenças. Precisaremos ter cada vez mais, pela aproximação das distâncias geográficas e “atenuação” das fronteiras nacionais, que aprender a conviver com o outro. A humanidade constitui-se pela diversidade, e o âmbito público é essencial para as potencialidades de expressão desta diversidade (formas de vida). A constituição de uma política que inclua, de forma justa, a demanda pelo uso destes novos artefatos tecnológicos – num processo de mundanização – é algo importante para refletirmos este constante recrutamento do ambiente e da vida biológica nas decisões humanas.

IHU On-Line – Se mudarmos esses valores, estaremos caminhando para uma ética mundial, onde haverá uma unidade entre as nações, ou as diferenças e singularidades ficarão ainda mais em evidência predominando o estado de exceção?

Adriano Premebida – Não basta elaborarmos cartas de intenções se a disposição das relações de poder no mundo econômico, por exemplo, continuar desigual e concentrada. Se Giorgio Agamben³⁴ estiver certo, o estado de exceção é o paradigma político da atualidade. Para mim – e concordo com ele –, a narrativa política contemporânea é fortemente baseada sobre a “vida nua”. Com a

³³ Laymert Garcia dos Santos: jornalista, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, doutor em Ciências da Informação, pela Université de Paris VII – Université Denis Diderot, e pós-doutor, pela Universidade de Paris VII, pela Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales e pela St. Antony’s College – Oxford University. Atualmente, é professor do departamento de Sociologia da Unicamp. (Nota da **IHU On-Line**)

³⁴ Giorgio Agamben: nasceu em Roma, em 1942. Formado em Direito, com uma tese sobre o pensamento político de Simone Weil, é responsável pela edição italiana da obra de Walter Benjamin. Foi professor da Università Di Verona e da New York University, cargo ao qual renunciou em protesto à política de segurança do governo norte-americano. Atualmente, leciona Estética

produção e difusão vertiginosa de conhecimentos bio e nanotecnológicos a vida (diversidade de formas de vida social) transforma-se, em termos de regime discursivo, em vida biológica. Para Hannah Arendt,³⁵ a entrada do “fato da vida” na política foi decisiva na constituição da modernidade ocidental, concretizando-se no estado nazista um regime biopolítico por excelência. Por outro lado, a biopolítica, enquanto modelo explicativo, tem seus limites empíricos. Dependendo da forma como as pessoas interagem com estas novas tecnologias (e a enunciação da verdade científica) e o conseqüente arranjo estrutural de poder sobre elas, as possibilidades de ação são imensas. Digo isso, pois as pessoas não validam as crenças ou enunciados científicos, tidos como verdadeiros, de uma forma estritamente conceitual.

Elas validam suas crenças pela experimentação diária, abusando das possibilidades e rompendo as barreiras postas pelo conceito. Isto é importante nesta discussão sobre como as pessoas podem utilizar de forma flexível categorias tidas

como fundamentais para a construção de identidades, como a sexualidade e, agora, as informações genéticas. Se estas categorias forem utilizadas de forma estrita (conceitual), validando-as de forma universal e atemporal como determinantes do humano, corre-se o risco de legitimarmos uma “eugenia liberal” disponível no mercado biotecnológico, como mencionado por Jürgen Habermas.³⁶ Mas as crenças são utilizadas – e modificadas – pelas pessoas como formas de ação, como meio de ajustar as interações dos objetos no mundo e consigo mesmo. Neste ponto estou mais próximo de Ian Hacking,³⁷ e seu realismo de entidades, com uma proposta que visa mostrar as constantes adequações das pessoas com as categorias e classe de seres que transitam por suas experiências cotidianas. É uma posição teórica mais aberta, sem dúvida, embora precisemos estar atentos às disposições concretas das relações de poder envolvidas nos problemas sociotécnicos contemporâneos.

na Facoltà Di Design e Arti della IUAV, de Veneza. Sua produção centra-se nas relações entre filosofia, literatura, poesia e, fundamentalmente, política. Entre suas principais obras, estão *Infância e história*, *Estâncias*, *A linguagem e a morte* e *Homo sacer: o poder soberano e a vida nua I* (todos lançados pela editora UFMG) e *Estado de exceção e Profanações* (lançados pela Boitempo). Leia também a edição 81 da revista **IHU On-Line** sobre “Estado de exceção e vida nua”, baseado nas teorias de Agamben. (Nota da **IHU On-Line**)

³⁵ Hannah Arendt: teórica política alemã. Estudou filosofia com Martin Heidegger, relacionando-se passional e intelectualmente com ele. Posteriormente, Arendt foi estudar em Heidelberg, tendo escrito na respectiva universidade uma tese de doutoramento sobre a experiência do amor na obra de Santo Agostinho, sob a orientação do filósofo existencialista Karl Jaspers. O trabalho filosófico de Hannah Arendt abarca temas como a política, a autoridade, o totalitarismo, a educação, a condição laboral, a violência, e a condição de mulher. Sobre seu trabalho, existem os **Cadernos IHU em formação** de número 17, intitulado *Hannah Arendt & Simone Weil – Duas mulheres que marcaram a Filosofia e a Política do século XX*. As edições 168 e 206 da **Revista IHU On-Line** também falaram sobre a autora. (Nota da **IHU On-Line**)

³⁶ Jürgen Habermas: filósofo e sociólogo alemão. Foi assistente de Theodor Adorno no Instituto de Pesquisa Social de Frankfurt. Em 1968, transferiu-se para Nova York, passando a lecionar na New Yorker New School for Social Research. A partir de 1971, dirigiu o Instituto Max Planck, em Starnberg, na Baviera. Em 1983, transferiu-se para a Universidade Johann Wolfgang von Goethe, de Frankfurt, onde permaneceu até aposentar-se, em 1994. Continua, até o presente momento, muito prolífico, publicando novos trabalhos a cada ano, e freqüentemente participa de debates e atua em jornais, como cronista político. Em geral considerado como o principal herdeiro das discussões da Escola de Frankfurt, Habermas procurou, no entanto, superar o pessimismo dos fundadores da Escola, quanto às possibilidades de realização do projeto moderno, tal como formulado pelos iluministas. (Nota da **IHU On-Line**)

³⁷ Ian Hacking: filósofo especializado em Filosofia da Ciência. Graduou-se na University of British Columbia (1956) e na University of Cambridge (1958), onde estudou no Trinity College. Hacking doutorou-se em Cambridge em 1962, sob a orientação de Casimir Lewy, um ex-aluno de Wittgenstein. Após lecionar por vários anos na Stanford University, foi para a University of Toronto em 1982. Em 2001, ele foi apontado para a cátedra de Filosofia do Collège de France. (Nota da **IHU On-Line**)

Nanotecnologia e nanociência

Entrevista com Wictor Carlos Magno

Wictor Carlos Magno é graduado, mestre e doutor em Física, pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e pós-doutor, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atualmente, é professor de Engenharia da Computação da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) e pesquisador colaborador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Tem experiência na área de Física, com ênfase em Técnicas Experimentais e Instrumentação, atuando principalmente nos temas sobre nanociência e nanotecnologia, física atômica e molecular, óptica não-linear e ensino de física.

Na entrevista que Wictor Carlos Magno concedeu à **IHU On-Line**, publicada nas **Notícias do Dia** no site do IHU (www.unisinos.br/ihu), dia 19 de outubro de 2006, sobre nanotecnologia e nanociência, ele explica que “A nanociência estuda objetos com dimensões físicas da ordem de alguns nanômetros. Um nanômetro ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) representa a bilionésima parte do metro, um comprimento extremamente pequeno para nós seres humanos”.

IHU On-Line – Como podemos definir nanotecnologia e nanociência? Quais suas aplicações na contemporaneidade? Quais foram os avanços?

Wictor Magno – A nanociência estuda objetos com dimensões físicas da ordem de alguns nanômetros. Um nanômetro ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) representa a bilionésima parte do metro, um comprimento extremamente pequeno para nós seres humanos. A espessura de um fio de cabelo humano, por exemplo, é tipicamente da ordem de um décimo de milímetro (0.1 mm). Um nanômetro é, portanto, 100.000 vezes mais fino que um fio de cabelo.

Esta escala de comprimento compreende o mundo dos infinitamente pequenos, como os vírus, pequenas bactérias e a própria molécula de DNA, fundamental para a existência da vida na Terra. A nanotecnologia emprega as propriedades dos nanomateriais para produzir dispositivos tecnológicos aplicados nunca antes imaginados, como a produção de nanomáquinas, nanorobôs, miniaturização dos computadores, criação de novos materiais e novos *displays* de altíssima resolução, utilizando nanotubos de carbono, dentre outras aplicações. Estas áreas são interdisciplinares, pois envolvem conhecimentos diversos como química, física, biologia, medicina, informática, filosofia, dentre outras áreas.

Avanços nos estudos

Nos últimos anos, foram feitos enormes avanços no desenvolvimento das bases teóricas e experimentais desta nova ciência, com o aumento das pesquisas em instrumentação na escala nanométrica e a criação de novos sistemas de imagens na escala abaixo da microscopia eletrônica convencional (submicrométrica). A nanotecnologia promete para um futuro próximo uma revolução tecnológica de forma semelhante à Revolução da Informação, ocorrida logo após a invenção do transistor há 50 anos e com o advento da microeletrônica e o estabelecimento da base tecnológica dos materiais semicondutores na escala micrométrica, a partir dos quais surgiram os computadores e os dispositivos eletroeletrônicos atuais que caracterizam a sociedade de informação contemporânea em que vivemos.

***IHU On-Line* – Um novo tipo de ser humano está em ascensão. Qual é o seu ponto de vista?**

Wictor Magno – Acredito que a tecnologia e a informação têm mudado o modo como os países se relacionam e como as pessoas interagem entre si. A miniaturização dos dispositivos eletrônicos (celulares, computadores portáteis, *palmtops*) tem favorecido a disseminação da informação em um ritmo sem igual na história da Humanidade, o que favorece o acesso permanente a dados e a informação, de forma independente de equipamento, lugar ou tempo (computação pervasiva ou ubíqua). Esse fato tende a criar um novo tipo de ser humano interligado em tempo real com sua realidade exterior.

***IHU On-Line* – O homem contemporâneo é um homem pós-humano? Como o senhor definiria esse conceito?**

Wictor Magno – A idéia de um homem pós-humano começou com a ficção científica, através dos livros de Issac Asimov, considerado o pai da robótica. A criação de autômatos e robôs inteligentes e auto-replicantes é um desafio atual da tecnologia e a nanotecnologia permite hoje a construção de nanoengrenagens e nanomáquinas, as quais poderão em um breve transformar-se em nano-robôs. Existem pesquisas em desenvolvimento sobre a interação homem-máquina, como, por exemplo, a possibilidade de estabelecer interfaces entre os computadores e o cérebro humano. Nessas pesquisas, são utilizados dispositivos que capam os sinais neurais sob a forma de impulsos elétricos. Com a ajuda de computadores, é possível movimentar braços robóticos e servomecanismos, o que é particularmente útil para pessoas portadoras de deficiências físicas. O homem pós-humano seria então a integração completa das pessoas com máquinas e dispositivos inteligentes, o que se convencionou chamar de AI (Inteligência Artificial).

***IHU On-Line* – Quais são os caminhos que estamos seguindo de novos modelos de existência?**

Wictor Magno – Vivemos atualmente numa sociedade da informação, em que esta é o bem de

consumo mais importante e valioso. O ser humano contemporâneo deve permanecer informado não apenas sobre o contexto da sua vida local, mas também sobre a realidade global que influencia e reflete-se na realidade específica da sua cidade. Os acontecimentos e os fenômenos globais afetam atualmente o preço dos combustíveis, dos insumos agrícolas, dos alimentos e dos produtos industrializados. Os meios de comunicação são responsáveis pela disseminação da informação para os indivíduos, e a disponibilidade em tempo real dessa informação, através dos dispositivos eletrônicos miniaturizados, tem um profundo impacto na vida das pessoas.

***IHU On-Line* – Como a tecnologia auxilia na construção da identidade do sujeito contemporâneo?**

Wictor Magno – Os atuais países em desenvolvimento somente conseguiram sair do subdesenvolvimento e avançar, através de investimentos maciços em ciência e tecnologia, na educação e na melhoria da qualidade de vida das pessoas. A tecnologia é capaz de modificar a realidade exterior das pessoas e das sociedades, uma vez que favorece em geral a disseminação da informação e é capaz de formar opinião e construir a identidade de um povo.

***IHU On-Line* – Há como traçar em um futuro próximo, quais serão nossos maiores desafios, como seres humanos?**

Wictor Magno – O primeiro grande desafio é de reverter o ritmo atual devastador das atuais sociedades de consumo, relativo ao gasto de energia, disponibilidade de água potável e de alimentos para os povos do planeta. Esses pontos são considerados os grandes gargalos atuais da humanidade, com sérias repercussões mundiais nas próximas décadas. Superados esses impasses cruciais, restam questões importantes a serem resolvidas como a cura de doenças graves e o controle de epidemias e pandemias. A nanotecnologia promete ser uma ferramenta eficaz no desenvolvimento de novos medicamentos e de novas técnicas de diagnóstico de doenças. Na área de energia, os nanomateriais permitem aumentar a eficiência de conversão de energia, o que é de importância fundamental para a sociedade em um futuro próximo.

***IHU On-Line* – É possível que nós humanos acabemos sendo prisioneiros dos computadores? Onde fica a questão ética?**

Wictor Magno – Em maio de 1997, o supercomputador Deep Blue da IBM jogou a célebre partida de xadrez com o campeão mundial Garry Kasparov, um duelo inusitado entre máquina e homem, com claro domínio da máquina. O desenvolvimento de uma nova geração de robôs inteligentes, embarcados com ferramentas de Inteligência Artificial, possibilitará o domínio das máquinas em alguns setores da produção industrial e tecnológica em um futuro próximo. Alguns estudiosos apontam que a automação e a dependência atual da

sociedade em relação aos computadores podem aumentar problemas sociais como o desemprego, com sérias implicações nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento. Outros pesquisadores defendem, no entanto, o fato de que os robôs substituem o trabalho humano pesado e perigoso, e novas formas de trabalho e ocupação estão em desenvolvimento, em substituição aos antigos postos de trabalho ocupados atualmente pelas máquinas. Não há consenso, mas o fato é que há necessidade de um melhor estudo sobre o assunto do ponto de vista ético, e não apenas do ponto de vista econômico como comumente é feito.

“Pensar a célula como uma espécie de computador”

Entrevistas com Ney Lemke

Ney Lemke é graduado, mestre e doutor em Física, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Sua tese intitula-se Simulação numérica de sistemas complexos. Sua produção acadêmica inclui dezenas de artigos publicados em periódicos especializados, bem como capítulos de livros. Atualmente, é docente na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP).

No dia 3 de novembro de 2004, durante o evento Abrindo o Livro, promovido pelo IHU, o professor Ney Lemke apresentou a obra *The computational beauty of nature: computer explorations of fractals, chaos, complex systems and adaptation (A beleza computacional da natureza: explorações computacionais de fractais, de caos, de sistemas complexos e adaptação)*, de G. W. Flake. Já no evento IHU Idéias, dia 28 de outubro de 2004, Ney Lemke apresentou o tema Bioinformática: uma nova perspectiva para compreender a vida.

Neste **Cadernos IHU em formação**, publicamos duas entrevistas com ele. A primeira foi publicada na edição 120 da revista **IHU On-Line**, de 25 de outubro de 2004, sob o título “Pensar a célula como uma espécie de computador”, na qual fala sobre a bioinformática e os estudos pós-genômicos.

A segunda entrevista de Lemke, publicada na edição 195, de 11 de novembro de 2006, tem como título “A Física deverá se reinventar”. Esta entrevista tem como referência a conferência que o professor Ney Lemke proferiu no II Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI: um diálogo desde a Filosofia sobre Prigogine e a seta do tempo. Ilya Prigogine (1917-2003), cientista

de origem russa, recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1977. A edição 62, de 2 de junho de 2003, dedicou-lhe a editoria Memória. Na edição 64, de 16 de junho de 2003, publicamos o artigo “A dimensão ‘narrativa’ do universo”, de sua autoria.

Segundo o físico Lemke, a Física precisa se reinventar, “seja desenvolvendo experimentos revolucionários que nos permitam colocar velhas questões em novos enquadramentos, seja propondo novas questões que possam ser atacadas”. Sobre o conceito de seta do tempo, Lemke explica que ele é “uma espécie de relógio universal”.

IHU On-Line – Por que a Bioinformática representa “uma nova perspectiva para compreender a vida”, conforme o título da sua palestra prevista para o próximo IHU Idéias?

Ney Lemke – A Bioinformática é uma área relativamente nova e pretende unir as ferramentas da informática aplicada à compreensão dos dados de biologia. O que tem acontecido é que a Biologia é uma ciência bastante reducionista. Durante muito tempo, se coletou uma massa importante de dados pontuais sobre como funcionam os organismos. Muitas pessoas, por exemplo, faziam a tese de doutorado em Bioquímica e basicamente estudavam o funcionamento de uma única enzima, que catalisava uma única reação que ocorria dentro de um organismo. Só que em um organismo, mesmo no mais simples, ocorrem milhares de reações diferentes. Durante muito tempo, essas informações foram coletadas e agora se têm maneiras novas de tratar esses dados. A própria sistemática desse processo levou a uma situação em que se geraram modelos, unindo essas informações cole-

tadas de forma esparsa, pelo menos nos últimos 200 anos. Além disso, surgiram novas metodologias experimentais que produzem massas de dados inacessíveis à análise tradicional dos biólogos. Então, esses dados antigos e novos clamam por novas idéias, que vão contextualizá-los, colocá-los numa perspectiva mais interessante, mais razoável. A Bioinformática fornece esse ferramental para descrever a vida como fenômeno biológico, para compreendermos as suas grandes questões. Então, o plano é apresentar algumas idéias que estão sendo desenvolvidas, contextualizá-las numa perspectiva que não seja tão técnica, que seja um pouco mais filosófica, tentar reuni-las com algumas correntes de pensamento evolucionistas e apresentá-las numa roupagem que eu imagino interessante para um público mais leigo.

IHU On-Line – Em linhas gerais, que roupagem seria essa?

Ney Lemke – Bom, a idéia seria a de apresentar um pouco a vertente, digamos, informática, apresentar alguns conceitos de informática que são relevantes. Expor um pouco da teoria dos sistemas complexos, que é um outro componente importante; explicar algumas coisas sobre evolução e aí falar não só da de Darwin, mas também de outras abordagens evolutivas para entender a vida e tentar mostrar como essas coisas se unem.

IHU On-Line – Qual é o estágio da Bioinformática no mundo?

Ney Lemke – A Bioinformática é uma ciência relativamente nova. Ela não deve ter mais de 20 anos. Principalmente no final dos anos 1990 e no início do século XXI, ela teve um crescimento, tanto mundial como nacional, muito rápido. Em relação ao mundial, o grande marco é o Genoma Humano, projeto de *big science*. Envolve muito dinheiro, é um grande desafio, experimental e computacional, que impulsionou várias áreas do conhecimento humano científico, desde a Biologia propriamente dita, abrangendo a Bioquímica, a Eletrônica e a Computação em paralelo. Do ponto de vista computacional, esse foi um dos problemas mais complexos que já se resolveu.

IHU On-Line – Como a Unisinos se posiciona nesse tipo de conhecimento, nacional e internacionalmente?

Ney Lemke – A Bioinformática teve uma importância grande no quadro nacional, porque o Brasil entrou de uma maneira muito forte nessa área. Principalmente a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) patrocinou o seqüenciamento de um organismo chamado *Xylella fastidiosa*, o primeiro a ser seqüenciado abaixo da linha do Equador e foi capa da *Nature*, uma revista extremamente prestigiada. Inspirado nesse modelo de sucesso em São Paulo, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) fomentou a criação de vários grupos de pesquisa que deveriam reproduzir, em escala maior ou menor, esse processo, ou seja, descobrir o genoma de um determinado organismo. No Rio Grande do Sul, por exemplo, aqui na Unisinos, participamos, o meu grupo e um grupo ligado à biologia, em duas frentes. Participamos desse processo, vinculados ao que chamamos de seqüenciamento do genoma do *Mycoplasma hyopneumoniae*, que é um organismo muito simples, responsável pela pneumonia em porcos, cujo nome é Projeto Integrado Genoma Sul (PIGS). O projeto leva o nome do bicho. Desde então, a Bioinformática tem seguindo avançando. Há alguns grupos consolidados no Rio Grande do Sul, mas em termos de atuação em Bioinformática, explicitamente, eu acho que o grupo da Unisinos é um dos mais consolidados, porque os demais grupos não são tão fortemente direcionados como o nosso, principalmente na nossa área específica de atuação, chamada de pós-genômica.

IHU On-Line – No que consistem os estudos pós-genômicos?

Ney Lemke – Encontrar a seqüência de letras que compõe o DNA é o equivalente a descobrir um livro escrito numa língua desconhecida – inclusive, estes temas são relacionados. Várias técnicas de análise lingüística foram usadas para tentar interpretar este livro. A análise pós-genômica são todas as análises que realizamos para interpretar este livro. Tendo essa seqüência de letras, o passo

seguinte é entender o que quer dizer, é como decodificá-la. O nosso grupo tem atuado na reconstrução de metabolismo de microrganismos. O metabolismo designa as reações básicas que fazem o funcionamento das células. A quebra de glicose, a conversão de energia, todo funcionamento básico de uma célula está descrito em termos de metabolismo, então a nossa idéia é a de estudá-lo, tentar entender o metabolismo, conhecendo o genoma do organismo. Isso exige um trabalho considerável de informática e de bioquímica. Temos atuado, também, em outras áreas relacionadas com a análise pós-genômica, interação de proteínas e constituição de redes regulatórias.

IHU On-Line – O senhor se refere à Bioinformática como ciência. Ela, de fato, tem essa dimensão para o conhecimento humano?

Ney Lemke – Acredito que sim. A Bioinformática é uma área intrinsecamente nova, tem suas metodologias explícitas. É uma área que hoje ainda não tem uma formação específica. Em alguns lugares do mundo, está se começando a pensar em um perfil adequado para isso, mas ela é uma área por si só. Tem vários desdobramentos possíveis. Como uma área em formação, ela não está, necessariamente, consolidada. Segundo algumas pessoas, a Bioinformática é uma espécie de mula para a Biologia, que só vai ajudar a Biologia a funcionar. Outras pessoas acham que não, que a Bioinformática tem interesse científico por si só.

IHU On-Line – Em que sentido?

Ney Lemke – A Bioinformática tenta entender o funcionamento de uma célula, usando como paradigma, ou como metáfora, melhor dizendo, a idéia de um computador. Ou seja, a célula sendo pensada como uma espécie de computador, com a diferença de que este é muito especial, e tem uma série de particularidades que podem gerar *insights*, idéias interessantes que terão repercussão, por exemplo, na computação e em outras áreas. Existe um grupo no MIT, que consegue manipular o metabolismo de bactérias de uma forma análoga a circuitos integrados. O pesquisador consegue manipular o genoma das bactérias para fazer com que elas atuem como portas lógicas (elementos

fundamentais de um computador). Para aqueles preocupados com as questões éticas, é preciso enfatizar que estamos lidando com bactérias, isto é, não estou falando de organismos superiores.

IHU On-Line – Qual é a ligação que esse tema tem com a obra que o senhor vai apresentar na próxima edição de “Abrindo o livro”?

Ney Lemke – Na verdade, são duas coisas independentes, não necessariamente ligadas. O livro tem intersecção com o que eu vou falar, mas a intersecção não é total. Ele tem coisas que não pertencem à Bioinformática, e esta tem coisas que, de certa maneira, não estão tratadas no livro. Então, a intersecção é parcial. O livro está mais voltado para aquilo que a gente chama de ciência da complexidade. Ele descreve, como diz o título, a “beleza computacional da natureza” ou, como se diz, a CBN, sigla da expressão “computational beauty of nature”. A natureza é entendida não só como organismo, como ser vivo, mas também como sistema físico-químico. Portanto, a intersecção entre as duas palestras se dá, quando eu tento entender a vida como um agente computacional. Mas, via de regra, há itens que serão tratados numa exposição e não serão tratados na outra.

IHU On-Line – Quais são as idéias principais desse livro?

Ney Lemke – Ao abordar a CBN, Flake reuniu uma série de idéias interessantes que estão relacionadas à computação, por exemplo, alguns resultados bem conhecidos, como o Teorema de Gödel e suas contrapartidas computacionais, como a tese de Church, são tratadas no início. Ele expõe outros temas que vêm da física, como, por exemplo, sistemas caóticos, fractais, e aborda, além de alguns modelos de sistemas ecológicos, os autômatos celulares, que são computacionais também bastante interessantes. É um livro com um espectro bem amplo de atuação. O que é um sistema complexo? É um sistema formado por muitas partes interagentes. Como é que a computação surge em sistemas complexos? São basicamente estas as idéias. Então, a intersecção que tem com a biologia também é essa. Os sistemas biológicos tam-

bém são pensados como sistemas complexos e de alguma maneira a computação emerge disso. Os seres vivos, de alguma maneira, realizam alguma espécie de computação. Eu quero deixar bem claro que isso é uma metáfora, uma maneira de entender a vida. Não quer dizer que o propósito da vida seja fazer computação, mas é uma maneira de nós, como seres humanos, teorizarmos, baseando-nos em processos biológicos.

IHU On-Line – Essa ligação da Biologia com a Informática nos dá uma idéia de exatidão, de respostas precisas, mas há muitas perguntas que não foram respondidas...

Ney Lemke – Cada um tem a sua imagem do que é a ciência, de como ela avança. Mas ela não avança como se fosse uma gota d’água numa superfície, com uma grande frente que se expande. Ela parece mais com uma gotinha de água que cai através de pedras e se difunde como dendritos. Para mim, a ciência evolui deste jeito; ela vai crescendo, atingindo cada vez mais longe, mas, do lado, existem pontos que ainda não foram atingidos. A ciência não avança respondendo a todas às perguntas, mas, sim, gerando mais perguntas e, ao mesmo tempo, claro, trazendo algumas respostas. A objetividade da ciência está restrita a um campo experimental muito específico. A mecânica quântica, por exemplo, consegue funcionar com grande precisão, porque ela é um modelo. Há situações que eu consigo modelar com muita precisão, mas há outras que eu não consigo, e acabou. Não consigo modelar com precisão, por exemplo, uma proteína. As proteínas estão dentro do nosso organismo e são formadas por milhares de átomos. Em tese, elas são descritas pela mecânica quântica, e 99% dos cientistas do mundo inteiro acreditam que ela é perfeitamente capaz de fazer essa descrição. Só que isso não se traduz objetivamente no sentido de que eu consiga prever realmente, porque essa teoria é tão complexa computacionalmente, que eu posso reunir todos os computadores do mundo para tentar resolver o problema que eles não vão fazê-lo. Então qual é a alternativa que eu tenho? Preciso fazer aproximações. Esse é o fazer da ciência.

IHU On-Line – A ciência avança através de aproximações?

Ney Lemke – Algumas pessoas acham que “avancar” seja uma supersimplificação, mas estamos tentando definir o que queremos dizer com avançar. Eu acredito que a ciência consiga ampliar o número de perguntas. Há perguntas a que ela responde objetivamente e, ao fazer isso, gera perguntas que não sabe responder. Qualquer teoria estará sempre baseada em coisas das quais não se tem certeza, que são difíceis de entender, ou pontos obscuros. Por exemplo, a mecânica newtoniana também tinha seus pontos obscuros, seus pontos desconhecidos, os seus mistérios. O caos, por exemplo, foi um deles. Newton, certamente, não tinha a menor idéia sobre os sistemas caóticos, quando ele propôs a mecânica newtoniana, e as pessoas trabalharam com ela durante 200 anos e nunca perceberam. Poincaré foi o primeiro a perceber que, de alguma maneira, os sistemas deveriam ter isso que a chamamos de comportamento caótico hoje. No entanto, isso também ficou limitado a um pequeno grupo de especialistas. Quando surgiram os computadores, passou-se do desconhecimento total para um conhecimento abrangente da sociedade.

IHU On-Line – Voltando ao livro, apesar de relacionar a natureza com a computação, essas limitações da ciência estão presentes nele?

Ney Lemke – Todo cientista tem muito claro as limitações. Sabe que o número de perguntas que ele não consegue responder é infinitamente maior do que o que ele consegue. Nosso interesse é o de falar de coisas que possamos entender e, às vezes, até fazer perguntas que, acreditamos, possam ser respondidas num curto prazo de tempo. Eu creio que Flake tem consciência das limitações, e ele fala um pouco delas, mas esse não é o foco do livro. O foco é o que dá para fazer com o que temos hoje, que é a perspectiva pragmática da maior parte dos cientistas. O cientista só consegue avançar quando tem a consciência clara do que pode fazer hoje e faz.

A Física deverá se reinventar

***IHU On-Line* – Qual é a atualidade das descobertas físicas de Prigogine?**

Ney Lemke – As pesquisas de Prigogine atacam questões relevantes, como a natureza do tempo, as implicações da Teoria do Caos para a termodinâmica ou ainda a interpretação da mecânica quântica. Todos esses temas estão bastante em voga em nossos dias.

***IHU On-Line* – O que é a seta do tempo?**

Ney Lemke – A seta do tempo se refere ao princípio físico que seria responsável pela passagem do tempo. Uma espécie de relógio universal. Na teoria de Prigogine, esta quantidade é a entropia, que sempre aumenta no universo.

***IHU On-Line* – Quais são as aplicações atuais dos estudos de Prigogine sobre as estruturas dissipativas?**

Ney Lemke – Entre os sistemas fora do equilíbrio mais estudados nos dias de hoje, podemos incluir o metabolismo de organismos vivos, reações químicas oscilatórias e as células de convecção (estas células surgem em regiões onde existe uma diferença de temperatura).

***IHU On-Line* – Como a concepção do tempo pode ser repensada de acordo com o conceito de bifurcação de Prigogine, sobretudo para a emergência do novo em termos sociais e científicos, tendo em consideração que esse conceito compreendia inclusive a História? Essa concepção não determinista de Prigogine está relacionada com a Teoria dos Sistemas, de Bertalanffy?**

Ney Lemke – Prigogine observou que mesmo sistemas macroscópicos exibem comportamento aleatório. Acredita-se que sistemas físicos mais complexos que os estudados por Prigogine, como organismos vivos, seres humanos ou mesmo sociedades, poderiam ser compreendidos desta forma. Contudo, seria basicamente impossível aplicar as teorias de Prigogine para estes casos, portanto devemos ser cautelosos antes de estender estes resultados para as ciências humanas.

***IHU On-Line* – O legado de Prigogine é saudado como transdisciplinar entre ciência, filosofia e cultura. Qual é o elo entre essas áreas do conhecimento que podem ser feitas com base em suas idéias?**

Ney Lemke – Prigogine foi um cientista que conhecia profundamente filosofia, especialmente o trabalho de Bergson. Os seus textos também foram lidos por muitos filósofos, o que não deixa de ser surpreendente, dada a complexidade técnica de muitas de suas exposições. Ele foi um dos maiores responsáveis por introduzir no meio filosófico a discussão de alguns temas caros aos físicos da segunda metade do século XX, entre eles caos, fractais, base microscópica para entropia, entre outros.

***IHU On-Line* – Na Carta para as futuras gerações, Prigogine manifestou-se otimista em relação ao futuro da humanidade e diz que a ciência une os povos. Partindo dessa perspectiva, como a física está auxiliando nosso planeta a tornar-se um lugar mais “habitável”?**

Ney Lemke – A ciência pode colaborar de duas formas com esta questão. Em primeiro lugar, mostrando que a compreensão da natureza é um empreendimento supranacional, no qual diferentes culturas podem e devem colaborar. Outro caminho é demonstrar o caráter excepcional de nosso planeta, e ainda nos lembrando dos limites que devemos nos impor para garantir às gerações futuras um ambiente natural adequado à vida. A física também pode colaborar de forma prática, fornecendo ferramentas, por exemplo, que nos permitam avaliar o efeito de gases na temperatura do Planeta, ou prevenindo desastres naturais, como terremotos e tsunamis.

***IHU On-Line* – O que o conceito de bifurcação pode ensinar às Ciências Humanas e Exatas de nossa sociedade globalizada?**

Ney Lemke – É capaz de ensinar que o comportamento de sistemas complexos pode ser imprevisível e que eventualmente mudanças qualitativas podem ocorrer de forma abrupta.

IHU On-Line – Prigogine afirmou que a ciência estava apenas em sua infância. Para o senhor, quais são os principais desafios da física para nosso século?

Ney Lemke – Eu acredito que o maior desafio da física será se reinventar, seja desenvolvendo experimentos revolucionários que nos permitam colocar velhas questões em novos enquadramentos, seja propondo novas questões que possam ser atacadas. A Física vive alguns impasses, possui diversas teorias muito bem-sucedidas em explicar fenômenos em áreas específicas, mas não possui

uma teoria unificadora. Por sua vez, diversas ciências, como a Biologia, estão se tornando mais quantitativas e demandam por métodos que nos permitam trabalhar com sistemas de complexidade sem precedentes. Mesmo a célula mais simples é muito mais difícil de ser descrita por modelos qualitativos do que qualquer outro sistema físico tratado até o momento. A confecção destes modelos implicará o surgimento de métodos que permitam a coleta automatizada de grandes massas de dados e de ferramentas que nos permitam extrair informação relevante deles.

Mundo do trabalho, sindicalismo e nanotecnologias

Entrevista com Ruy Gomes Braga Neto

Ruy Gomes Braga Neto é doutor em Ciências Sociais, pela Universidade de Campinas (Unicamp). Atualmente, é membro do Centro Studi Trasformazioni Economico Sociali, da Itália, diretor do Sindicato dos Sociólogos do Estado de São Paulo e professor da Universidade de São Paulo (USP). É autor de **A restauração do capital: um estudo sobre a crise contemporânea** (São Paulo: Xamã, 1997), **A nostalgia do fordismo: modernização e crise na teoria da sociedade salarial** (São Paulo: Xamã, 2003) e **Revolução invisível: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil** (São Paulo: Xamã, 2007).

Sobre os temas mundo do trabalho, sindicalismo e nanotecnologias, Ruy Gomes concedeu entrevista à **IHU On-Line**, publicada nas **Notícias do Dia** do site do IHU (www.unisinos.br/ihu), em 29 de março de 2008. Ele afirma que o sindicalismo brasileiro vive uma flagrante crise, mas que “precisa ser definida de uma maneira mais consistente porque um setor do sindicalismo brasileiro evidentemente não se encontra em crise; é aquele que podemos chamar de burocracia sindical, integrante dessas grandes centrais sindicais que se encontram bastante bem acomodados no interior da estrutura do Estado”. O sociólogo falou também sobre sua pesquisa, em que relaciona sociedade, meio ambiente e nanotecnologias. “A incorporação de nanotecnologias, tanto em termos de processo quanto em termos de produto, é uma tendência forte e que está presente no mundo do trabalho”, declarou o pesquisador.

IHU On-Line – Qual é o panorama atual da relação do mundo do trabalho com o sindicalismo no Brasil?

Ruy Gomes Braga Neto – De uma maneira geral, se você pegar os países capitalistas desenvolvidos e os países capitalistas industriais, a despeito dos ritmos diferentes, o sindicalismo passa por uma flagrante crise em vários países, especialmente no Brasil. Essa crise precisa ser definida de uma maneira mais consistente, na medida em que um setor do sindicalismo brasileiro evidentemente não se encontra em crise; é aquele setor que podemos chamar de burocracia sindical, integrante dessas grandes centrais sindicais que se encontram bastante bem acomodadas no interior da estrutura do Estado. Entretanto, existe, de fato, uma crise do sindicalismo brasileiro que acompanha uma tendência mundial, se pensarmos numa idéia muito importante para o sindicalismo em diferentes modelos históricos. Essa crise é a da organização de base do militantismo de operários ou dos trabalhadores. Isso significa que existe uma crise no sindicalismo brasileiro, no ativismo sindical e nas formas de ação coletiva estruturadas em torno da democracia do trabalho, ou seja, das decisões tomadas na base e implementadas de alguma maneira pelas direções sindicais. Nesse sentido, dentro de uma parcela do sindicalismo brasileiro, está bem integrada a nova ordem do trabalho e dos sindicatos.

O sindicalismo estruturado em torno das ações coletivas, da solidariedade e das formas de militância sindical, encontra-se em crise. As razões dela são múltiplas e complexas, passando tanto pela dimensão subjetiva quanto pela dimensão objetiva. Do ponto de vista objetivo, poderia citar notadamente a configuração de um novo regime de acumulação brasileiro com predominância financeira. Ele alterou significativamente o meio

ambiente das empresas, que aponta para três direções principais. A primeira delas diz respeito à individualização das relações de trabalho e, conseqüentemente, à fragmentação dos coletivos operários das décadas de 1970 e 1980. A segunda dimensão passa pelo processo de terceirização e subcontratação, o que faz com que o sindicalismo encontre fortes dificuldades para organizar sua base. Na terceira, temos a precarização do estatuto reprodutivo do assalariado. As causas subjetivas derivam daquilo que podemos identificar como a integração das forças sociais do trabalho a ordem neoliberal. Isso supõe uma integração do principal partido operário, que é o PT, ao Estado e, conseqüentemente, à Central Única dos Trabalhadores. Subjetivamente, isso foi um processo complexo cheio de idas e vindas, mas que, de forma consistente, opera no sentido de aumentar a crise do militantismo sindical.

IHU On-Line – Uma das principais reclamações, hoje, por parte dos trabalhadores é de que os sindicatos já não lutam mais por uma causa verdadeira; eles só se relacionam com essas instituições quando acontecem os dissídios, ou para associar-se a algum tipo de benefício de entretenimento proporcionado. Os sindicatos até a década de 1980 tiveram um importante papel em relação aos direitos dos trabalhadores. O que aconteceu com eles?

Ruy Braga Neto – Basicamente, eles se burocratizaram. Ou seja, a camada de dirigentes sindicais que lideravam os sindicatos cutistas na década de 1980 se distanciaram das suas bases. Isso fez com que o próprio sindicato e sua democracia se distanciasse também do interesse real dos trabalhadores, ou ficasse circunscrito a um momento especial, como é o dissídio coletivo. Houve um processo de burocratização, ao longo das décadas de 1980 e 1990, nessa direção sindical. Ela se tornou cada vez mais distante da base e, conseqüentemente, decorreu desse processo também um desmoronamento da democracia sindical, o que aumenta a sensação de que os sindicatos só estão presentes nos momentos especiais.

IHU On-Line – Qual é a análise que faz dos movimentos sociais em prol dos trabalhadores hoje no país?

Ruy Braga Neto – Bom, a existência de um governo como o de Lula, que, de alguma maneira, dialoga com mais consistência com os movimentos sociais, alterou bastante o panorama da ação política dos movimentos sociais no Brasil nos últimos anos. Entretanto, a idéia geral que permanece de pé é a de que os movimentos sociais encontram-se em crise e lutando de maneira defensiva, ou seja, eles buscam garantir direitos e conquistas passadas, mais do que ampliar o horizonte das vitórias e dos benefícios futuros. Nesse sentido, se você pensar nos principais movimentos sindicais que temos no país, o movimento sindical é seguramente o mais importante deles. É possível perceber claramente essa luta defensiva pela manutenção de determinados direitos e garantias sociais trabalhistas. Por outro lado, esse é um processo que também acontece com, por exemplo, o MST e diferentes movimentos sociais representativos da sociedade civil. Então, existe uma luta defensiva, mais do que uma luta ofensiva pela ampliação dos direitos e das garantias, pelo aumento da democracia brasileira e que se torna mais turva quando se pensa na realidade do governo Lula. Por exemplo, o governo Lula entregou, no primeiro mandato, o Ministério do Trabalho à CUT, o que, evidentemente, traz repercussões no âmbito sindical. Por outro lado, ele tem uma Ministra do Meio Ambiente, Marina Silva, muito identificada com o movimento ecológico, mas que faz uma política pró-agrobusiness. Ou seja, essas contradições ajudam a turvar o panorama. De modo geral, no entanto, eu diria que existe um consenso entre os pesquisadores, segundo o qual os movimentos sociais encontram-se hoje numa luta defensiva, mais do que uma luta pela ampliação dos direitos e das garantias.

IHU On-Line – Qual é a sua análise, como sociólogo, do trabalho informal?

Ruy Braga Neto – A estrutura do mercado de trabalho brasileiros, nos últimos 25 anos, mudou. Ou seja, você tinha uma estrutura em torno do tra-

balho formal que era predominante quantitativamente, e agora tem uma inversão disso. Hoje, o trabalho informal é quantitativamente maior. É uma tendência que acompanha o comportamento econômico brasileiro de modo geral. Acompanha também tendências internacionais de informalização do trabalho, que têm evidentemente como fonte o retrocesso das lutas sociais, que acabou fazendo com que os direitos e as conquistas progressivamente fossem bombardeados e diminuídos. Isso se repercute na estrutura do mercado de trabalho, mas também na própria idéia de um trabalho com carteira assinada que tenha um mínimo de vinculação com benefícios e garantias sociais, porque o trabalho não é apenas o salário. Ele é o salário e a inserção numa forma especial de democracia e reprodução econômico-democrática, que é a forma do direito social. É isso que tem retrocedido.

IHU On-Line – Você está desenvolvendo uma pesquisa que estuda nanotecnologias, sociedade e meio ambiente. Como essas áreas, juntas, se relacionam com as lideranças trabalhistas e as entidades defensoras de direitos difusos da sociedade dentro deste novo contexto?

Ruy Braga Neto – O desenvolvimento de nanotecnologias é uma tendência mundial e aponta para um horizonte das transformações capitalistas num próximo período. Isso significa que a incorporação de nanotecnologias, tanto em termos de processo quanto em termos de produto, é uma tendência forte e está presente no mundo do trabalho. A pesquisa, naquilo que me diz respeito,

tem ligação com duas frentes principais. A primeira delas passa pela discussão sobre o papel e o espaço das nanotecnologias na estrutura produtiva brasileira hoje e as suas tendências de ampliação e crescimento. Por outro lado, o impacto da difusão das nanotecnologias, seja em termos de processo, seja em termos de produto no contexto das empresas, e conseqüentemente o impacto em termos de emprego e saúde do trabalhador, carrega consigo um potencial de risco muito alto. As pesquisas epidemiológicas, de risco, são muito pouco numerosas. Isso aumenta o espaço de indeterminação da utilização dessa base tecnológica nova nos processos de trabalho e produtivo de uma maneira em geral. Os aspectos do meio ambiente entram também nessa discussão sobre o risco. Sabe-se muito pouco do comportamento de partículas produzidas com base nanotecnológica no meio ambiente e na saúde do trabalhador, daquele que manuseia diretamente essa tecnologia.

IHU On-Line – Para o senhor, qual é a influência do capitalismo no futuro das sociedades?

Ruy Braga Neto – A influência que você pode imaginar no processo de valorização do capital que só conhece o impulso pelo crescimento do valor, da quantidade do dinheiro e passa por cima das necessidades humanas mais elementares. Nesse sentido, se não houver um esforço coletivo solidário de regulação dessa lógica de acumulação de dinheiro, muito provavelmente acontecerá uma degradação socioambiental cada vez maior, colocando em risco, inclusive, a existência humana na Terra.

O Brasil e a pesquisa em nanotecnologias

Entrevista com Ronaldo Giro

Ronaldo Giro é doutor em Física, pela Universidade de Campinas (Unicamp), e pós-doutor, pela USP, onde, atualmente, realizada a pesquisa *Estudo da interface entre o metal e o polímero em dispositivos orgânicos emissores de luz*.

Desde 2004, o professor Ronaldo Giro desenvolve, na Universidade de São Paulo (USP), uma pesquisa que poderá aumentar a eficiência luminosa de dispositivos como a lâmpada elétrica, ao mesmo tempo em que esse dispositivo necessitaria de menos energia elétrica para operar, utilizando-se os conhecimentos da área de nanotecnologias. Inúmeros estudos envolvendo as nanotecnologias estão em desenvolvimento no país. Entretanto “o grande gargalo do Brasil é que ele não aproveita as pessoas formadas. Não há vaga de trabalho para quem estuda as nanotecnologias porque a indústria não absorve”, disse ele, na entrevista concedida à **IHU On-Line**, em 31 de março de 2008.

IHU On-Line – De que forma o estudo da interface entre o metal e o polímero, que é o seu foco de pesquisa, nos dispositivos orgânicos, que são emissores de luz, contribuem para a evolução da sociedade atual?

Ronaldo Giro – O principal objetivo desse estudo é melhorar a eficiência luminosa desse dispositivo. A maior contribuição para a sociedade, por sua vez, é de economia de energia elétrica na área de iluminação. Eu penso em aplicar esses dispositivos, atualmente, na área de *displays*. Então, se traria uma economia muito grande a essa área de estado sólido, e no futuro poderia substituir as luminárias de tungstênio e até fluorescente.

IHU On-Line – Quais são os resultados que o senhor já percebeu com essa pesquisa?

Ronaldo Giro – Aqui no Brasil, já existe um potencial humano bem razoável, pois em torno de 600 pessoas já estão bem formadas nessa área. O nosso objetivo é entender a injeção de portadores elétron na interface, porque, hoje, o gargalo dessa tecnologia é justamente isso: você tem, na interface metal e orgânica, áreas em que o elétron entra pelo dispositivo e outras em que ele não entra. Nas regiões em que entra, forma correntes muito intensas, que faz com que o tempo de vida desse dispositivo diminua bastante. O nosso objetivo é tentar encontrar respostas de por qual razão acontece isso. Apesar de chegar já no estágio de comercialização, a sociedade vai receber o dispositivo com essas falhas ainda. Ele funciona, mas podia ter uma vida útil muito maior.

IHU On-Line – Já existe algum consenso das nanotecnologias em relação à sua pesquisa?

Ronaldo Giro – Quando falamos em nano, significa falar de uma escala que até então a sociedades ainda não tinham alcançado. Tudo o que vimos de dispositivos estão na escala microscópica, agora que começamos a chegar à escala nano. Logo, teremos transistor na escala nanométrica. O interessante disso é que, quando você vai diminuindo a escala, percebe propriedades que até então nunca eram vistas. Com isso, você passa a controlar propriedades óticas. Por exemplo, a emissão de luz pode ser controlada na faixa certa do espectro, assim como a absorção de luz. Então, você começa a otimizar propriedades que antes eram praticamente impossíveis. Isso serve

para se entender como se faz uma engenharia átomo a átomo.

IHU On-Line – Depois de tantas transformações e criações, o homem pode, de repente, perder o seu espaço e dar lugar às tecnologias com inteligência artificial?

Ronaldo Giro – Não, eu creio que o homem nunca será substituível. Ele é criativo e nem uma máquina conseguirá substituí-lo. Somos seres muito complexos. Acredito que isso só venha para complementar e facilitar a vida do ser humano. Conforme as tecnologias surgem, nos adaptamos e evoluímos, de forma que a sociedade pode ficar tranqüila. As tecnologias artificiais só trarão facilidades para nossas vidas, mais eficiência para economia de energia. Para você ter uma idéia, 30% da energia elétrica é consumida com iluminação. Isso é muito. Se você consegue fazer um dispositivo que tem o dobro de eficiência de uma lâmpada fluorescente – que hoje é a mais eficiente –, você faz uma economia absurda. A nanotecnologia trará melhora à qualidade de vida e à economia mundial. Ela não vem competir com o homem, mas atuar como um plus em sua vida.

IHU On-Line – Mas alguns estudiosos falam que o homem tem cada vez mais tendência para se transformar num ciborgue, para transformar o seu corpo a partir das tecnologias e, no futuro, através das nanotecnologias. Que conseqüências essas transformações podem trazer para a sociedade?

Ronaldo Giro – Nesse sentido, você tem razão. Há bastantes materiais biocompatíveis com o homem. Alguns podem, por exemplo, substituir um braço. Futuramente, até olhos biônicos poderão ser feitos. Mas eu não acredito que exista algo que seja mais complexo do que o cérebro humano, ou seja, nem uma máquina poderá substituí-lo. Apenas nós temos capacidade de nos adaptar e de achar respostas para situações adversas, respostas que uma máquina não tem. Se você coloca um robô, por exemplo, numa missão em Marte, você pode fazer o programa mais completo possível: se der alguma coisa errada, a missão é perdida. Só o homem tem capacidade de se adaptar e de tentar

achar um jeito de resolver uma situação inesperada. Então, a nanotecnologia e a inteligência artificial, ou a evolução que possa vir a existir, não superam o cérebro humano. Podemos ter algo ciborgue se tivermos uma perna humana, um braço mecânico, uma visão mecânica, mas continuamos a ser humanos. Possibilitar realizar aquilo que nossa criatividade permitir é algo que as novas tecnologias fazem.

IHU On-Line – Como o senhor vê a situação da pesquisa na área de nanotecnologias hoje no país?

Ronaldo Giro – A pesquisa no Brasil é um caso sério. Existe um grande esforço para que ela realmente deslanche. Então, começou a ser formada uma pós-graduação na área, que hoje é forte, com profissionais altamente competitivos. A Europa e os Estados Unidos já reconhecem essa realidade e vêm atrás da gente. No entanto, o grande gargalo do Brasil é que ele não aproveita as pessoas formadas. Não há vaga de trabalho para quem estuda nanotecnologias, porque a indústria não absorve. A universidade não tem como contratar porque já está saturada e o empresário brasileiro não sabe o que é inovação, apenas o que é gestão. Então, precisa vir uma nova geração, que saiba o que é inovação, o que não acontecerá tão cedo. Eu, por exemplo, estou deixando o país para não ficar desemprego. É isso o que está acontecendo: estamos exportando mão-de-obra qualificada, porque não sabemos aproveitá-la aqui. Perde-se muito, porque uma pessoa na área de nanotecnologia pode gerar bilhões para o país. O ministro da Ciência e Tecnologia sabe, mas pouco pode ser feito, à medida que é um problema cultural do Brasil.

IHU On-Line – As nanotecnologias desenvolvidas hoje, aqui no Brasil, atendem às exigências da razoabilidade prática?

Ronaldo Giro – Esse é o problema. Na parte acadêmica, nós estamos pé a pé com os países desenvolvidos. No entanto, o problema é que nada sai da área acadêmica para a prática. Nada chega à indústria ou a uma linha de produção, e depois à sociedade. Esse é o grande problema do Brasil.

Não transformamos conhecimento em riqueza. No entanto, o problema não é da academia, e sim da sociedade. O Brasil concentra sua indústria na área extrativista e um pouco na área petroquímica. Essas empresas não têm mentalidade de ter fabricação de tecnologia própria e não estão interessadas em desenvolvê-la.

A inteligência artificial pode ser usada para facilitar o estudo mais automático e encontrar respostas para problemas muito complexos de estudos de matérias. Já a nanotecnologia é algo muito vasto. Vai da área de materiais, passa pela área de fármacos, entra na de agricultura, pode ser usada

para tratamento de efluentes e conseguir eliminar materiais tóxicos e metais pesados. Ela também tem riscos. Não sabemos o que pode acontecer na natureza e nos seres humanos. É tudo novo, mas trará mais benefícios do que malefícios, com certeza. Tudo o que é novo desperta curiosidade e um certo medo, mas as oportunidades são imensas. A cada dia, o mercado mundial de nanotecnologias cresce. E as nações desenvolvidas olham com muita atenção para esse assunto, porque ele é estratégico para a economia e para a garantia da sobrevivência do Estado.

O Direito regulamentará as nanotecnologias?

Entrevista com Ângela Kretschmann

Ângela Kretschmann tem mestrado em Direito, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), e doutorado na mesma área, pela Unisinos, onde atualmente atua como docente.

De acordo com ela, não cabe ao Direito limitar o desenvolvimento científico. Mas, no caso das nanotecnologias e da nanociência, ressalta a advogada, “os perigos da manipulação em escala atômica tomam uma proporção nunca antes imaginada”. Assim, é necessária a aplicação de princípios gerais do “Direito quanto à responsabilidade civil por danos causados”, explica Ângela, na entrevista que concedeu à **IHU On-Line**, em 8 de outubro de 2007.

IHU On-Line – Que relação existe entre as nanotecnologias e o Direito?

Ângela Kretschmann – A princípio, a tecnologia e a nanotecnologia não são morais ou imorais em si mesmas. A preocupação que se tem é quanto ao uso que é feito das invenções em geral, e é aí que entra o Direito. A questão é quanto aos riscos que a própria pesquisa pode acarretar ao meio ambiente e ao ser humano. Por isso, é necessária a realização de uma pesquisa conjunta dos impactos gerados pela nanotecnologia. Ao Direito, a princípio, não cabe limitar a ciência e o desenvolvimento científico, mas, no caso da nanociência e da nanotecnologia, os perigos da manipulação em escala atômica tomam uma proporção nunca antes imaginada. Existem, na atualidade, preocupações que dizem respeito a qualquer pesquisa que tenha por objeto o ser humano. A preocupação é, portanto, internacional e visível nas Declarações de Direitos Humanos e Pactos Internacionais. Tal-

vez devêssemos perguntar o que não interessa ao Direito.

Na realidade, o Direito está presente em todas as relações humanas, e visa a regular essas relações, evoluindo desde tempos imemoriais, onde vigorava a vindicata (vingança privada) para os tempos atuais, onde se estabeleceram sofisticados sistemas de controle jurisdicionais. No mesmo sentido, sendo a nanotecnologia a manipulação de átomos na construção de estruturas microscópicas, sua abrangência é simplesmente ilimitada, afetando todas as áreas, seja na saúde, com uma possível revolução na Medicina, seja na área eletrônica, da Engenharia, da Física, da Química, na área de alimentos: enfim, seria possível, muito provavelmente sem exageros, listar aí todas as áreas do conhecimento. E, então, entram as questões jurídicas envolvendo o mercado consumidor que receberá os benefícios ou malefícios de produtos nanotecnológicos.

No caso da nanotecnologia, é como se um novo mundo se abrisse diante de nós, ao olharmos para baixo, assim como um mundo novo se abriu quando olhamos para cima, para o espaço. Do mesmo modo, aconteceu algo semelhante quando percebemos que a rede virtual nos trouxe um novo mundo no qual se estabelecem relações que nunca poderíamos imaginar e que necessitam de urgente regulamentação, pois a Constituição Federal determina que não há crime sem lei anterior que o previna, no caso da internet. Certamente, em casos envolvendo resultados de aplicações nanotecnológicas, será necessário, no campo penal, adequar as atuais leis e verificar a necessidade de leis novas para o caso de novas formas de ações que possam ser consideradas danosas ao

ser humano ou ao meio ambiente. Ao mesmo tempo, ao Direito não interessa restringir pesquisas e seus resultados que possam ser extremamente benéficos ao ser humano, ao bem comum, ao meio ambiente, bem pelo contrário. Como se destaca com a Lei de Incentivo e a Lei de Propriedade Industrial.

IHU On-Line – Pesquisadores advertem para a prevenção e controle do aparecimento de focos de infecções e de intoxicações, originadas pelos produtos de nanotecnologia, como também para os possíveis riscos que esses podem causar ao meio ambiente. Nesse sentido, as mudanças ocasionadas pelas nanotecnologias influenciaram nas leis atuais?

Ângela Kretschmann – As mudanças ocasionadas pelas nanotecnologias podem afetar a interpretação que é dada às leis atuais, assim como impõem a necessidade de novas leis que não apenas previnam danos como incentivem a pesquisa e possibilitem o acesso das pessoas a produtos nanotecnológicos, em especial aqueles destinados à saúde.

A questão está vinculada diretamente com as conseqüências da pesquisa em nanotecnologias sobre o mundo em que vivemos. E é de se ter em mente que os impactos ainda não são completamente conhecidos. As pessoas devem se beneficiar do resultado das pesquisas de forma segura. O problema é que a análise dos riscos está no seu começo, e nem se pode afirmar que terá um meio ou um fim, pela natureza da pesquisa em si. E o Brasil já deu exemplos de situações em que as coisas ficaram incompletas, como no caso dos alimentos transgênicos. A moda é o consumo de alimentos com base em soja, mas o que é soja transgênica? Quais são os impactos disso para a saúde? Se os impactos à saúde são desconhecidos, e a indústria deseja crescer, autoriza-se o plantio. Nesse caso, a lentidão do direito e das casas legislativas perderam para a urgência do interesse econômico.

As advertências estão aí. A máquina legislativa, entretanto, está doente. É possível dizer que, em termos de legislação, envolvendo nanotecnolo-

gias, o Brasil está apenas acordando para o problema. Infelizmente, a situação política vivida pelo Brasil, com o atravancamento das pautas de votação em função de incontáveis CPIs e interesses privados de políticos (que deveriam pensar, pela função que exercem, no interesse público), acaba resultando um lamentável atraso brasileiro na legislação, não apenas para nanotecnologia, mas para tudo. Observe-se a situação ridícula da Lei de Informática, sempre “prestes a ser” votada (há anos). Enquanto isso, precisamos ler nos jornais diariamente as confusões de políticos que monopolizam a mídia com situações esdrúxulas, e ainda a própria incapacidade jurídico-legislativa daqueles que foram eleitos para votar leis que têm como temas assuntos que muitos nem sequer imaginam o que possam significar. Teve um que não sabia explicar nem o que era CPMF, outra discussão que tem monopolizado o legislativo federal. Estudos de comissões especiais poderão suprir a falta de conhecimento dos legisladores, mas para privilegiar quais interesses? A comunidade científica deve prestar atenção ao momento que se vive, à discussão e à votação das leis.

Nesse sentido, a Lei de Inovação Tecnológica permite que se pense alternativas para incentivar as pesquisas e, ao mesmo tempo, motivar empresas, aproximando a pesquisa, elaborada nas Universidades, das empresas, visando ao incremento da produção nacional e ao crescimento econômico-social como um todo. Se já existem pesquisas em nanotecnologia no Brasil, e elas de fato existem, devem-se criar condições para que elas resultem em produtividade e riqueza. As leis, nesse aspecto, devem levar em conta a realidade internacional, para que o Brasil não seja prejudicado com regulamentações internacionais que envolvam normas ambientais, de direito do consumidor, de segurança do meio ambiente etc., para evitar que quaisquer diferenças nas regulamentações acabem prejudicando a indústria nacional (que pode desejar exportar) e o povo brasileiro (que pode desejar importar).

IHU On-Line – Qual será a participação e o papel do Direito nessas mudanças geradas pela nanotecnologia?

Ângela Kretschmann – O papel do Direito é o de regulador das relações de interesses sempre conflitantes. Eu diria que precisamos perguntar qual o papel de cada um de nós nesse contexto. A universidade precisa promover o diálogo entre as áreas, possibilitando que o encontro, como o que é promovido agora, resulte em dados concretos que auxiliem no tratamento e organização das questões fundamentais, incentivando a pesquisa e regulamentando o comércio e uso do resultado dela, a fim de alcançar o máximo benefício, com o máximo de segurança e o menor dano possível em relação ao uso das nanotecnologias. Algumas pesquisas já advertem para o potencial danoso de propriedades singulares de produtos tecnológicos, e nesse aspecto uma legislação seria pertinente, inclusive limitando a pesquisa, para que produtos baseados em nanotecnologia não prejudiquem àqueles a quem se destinam, os eventuais consumidores.

A tendência inicial é sempre bloquear o uso de materiais quando os riscos não são completamente claros, o que acaba sendo um discurso vazio, na medida em que a pesquisa nunca tem prazo final para encerrar, que pudesse permitir uma avaliação conclusiva acerca dos riscos. Nesse sentido, é necessária a aplicação de princípios gerais do Direito quanto à responsabilidade civil por danos causados, seja em produtos eletrônicos, para diversão ou para a saúde, alimentos ou a responsabilidade do produtor, no caso de Direito do Consumidor, entre outras. Mas, no caso da nanotecnologia, ressalta-se o perigo que algumas partículas podem revelar, de modo que há uma preocupação maior em regular a questão. Assim, se a regulamentação da pesquisa pode constituir um entrave para a mesma, algumas vezes ressaltam que sua não regulação poderá significar um prejuízo ainda maior (ao ter a possibilidade de afetar a saúde pública e o meio ambiente em escala nunca conhecida e, assim, afetar a própria indústria nanotecnológica).

IHU On-Line – As normas vigentes permitem regular muitas aplicações das nanotecnologias? Elas são suficientes e convenientes para a sociedade ou terão de serem revistas ao longo do tempo?

Ângela Kretschmann – A cada vez que se enfrenta um tema novo, surge a discussão sobre a necessidade de uma legislação específica, e o impacto da nanotecnologia, que pode significar o surgimento de uma civilização nanotecnológica, seria suficiente para algumas vezes defenderem uma verdadeira revolução legislativa. De todo modo, as leis sempre são produto do tempo, e destinadas às pessoas daquele tempo específico. Não acredito que o excesso de regulamentação traga algum benefício, além da tendência de limitar e atrasar a pesquisa, mas deve-se ter em conta que peculiaridades podem de fato tornar necessário o incremento de lei ou a ampliação da interpretação em alguns casos. Na esfera penal, sabemos que deve existir a previsão legal de forma clara, para que algum crime na área possa ser assim considerado. Já na esfera cível, as leis existentes poderiam muito bem ser aplicadas sem maiores dificuldades, seja quanto ao direito ambiental, seja quanto ao direito do consumidor, e órgãos de vigilância sanitária, fármacos, de consumo e de informações.

Uma legislação importante no setor, existente, é a Lei de Propriedade Industrial, que permite ao pesquisador ou empresa pesquisadora registrar uma patente de invenção relativa à nanotecnologia, detendo, assim, os direitos de exploração sobre sua criação pelo prazo de 20 anos, conforme determinado em Lei. Nesse caso, países como Japão e Estados Unidos, assim como a União Européia, saem na frente, com um número de registros invejável, enquanto o Brasil, apesar de já possuir pedidos de patentes na área, ainda é bastante limitado. É uma legislação importante e fundamental que regula, de modo abrangente, os resultados da criação intelectual e que interessa, sobretudo para o crescimento econômico, e, junto com a Lei de Inovação Tecnológica, poderá alavancar a economia brasileira.

O Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (Cadernos NAE, ed. Especial de maio/20007, ISSN 1806-8588) fala sobre o potencial da nanotecnologia mundial (um mercado que poderá chegar em 2012 a 2,6 trilhões de dólares, com participação de 26 bilhões pelo Brasil, cerca de 1%) e destaca que o Brasil já dispõe de boas condições para sobressair-se no cenário in-

ternacional de nanoprodutos. O documento resalta que, para isso, precisa cuidar de uma regulamentação para a atividade nanotecnológica, alcançar uma maior interação das empresas com os centros de pesquisa e de linhas especiais de crédito (via BNDES) para empresas comprometidas com estudos de nanotecnologia. Os setores mais citados para a aplicação da nanotecnologia são os de fármacos, energia, biomédica e eletrônica. A urgência da regulamentação estaria em marcos ambientais, de segurança dos trabalhadores, de segurança dos consumidores e privacidade no caso da saúde.

IHU On-Line – Como o Direito percebe a questão da escolha pelo consumidor, que tem o direito de escolher produtos que contenham nanopartículas ou não?

Ângela Kretschmann – Não creio que o consumidor esteja preparado para a escolha entre produtos que contenham nanopartículas ou que não as contenham. Ele sequer está preparado para o

consumo de outros produtos. A questão é que produtos, envolvendo nanotecnologia em geral, estarão envolvendo cosméticos, tecidos mais resistentes, filtros de proteção solar com maior resistência e duração, marca-passos e remédios, incluindo remédios contra vários tipos de câncer. Já sabemos que em se tratando de saúde, e de câncer, o consumidor/paciente não tem muita chance de escolha.

A real capacidade de percepção do consumidor como sujeito de fazer e elaborar suas próprias escolhas só será realmente alcançada quando as agências reguladoras de propaganda e marketing colocarem maiores limites na mídia, que violenta telespectadores com desejos de consumo inexistentes, destruindo a autonomia do sujeito, que em geral não sabe mais por que adquiriu determinado produto. E ele o adquiriu pensando que seria feliz, pois a mídia constrói, na atualidade, o conceito de felicidade vinculado ao consumo – e não à necessidade.

Nanotecnologia e filosofia

Entrevista com Ricardo Timm de Souza

Ricardo Timm de Souza é professor dos Programas de Pós-Graduação em Filosofia e Ciências Criminais e coordenador do escritório de Ética em Pesquisa da PRPPG/PUCRS.

*Na entrevista que concedeu à **IHU On-Line**, em 16 de abril de 2007, o professor Ricardo Timm afirma que a função da filosofia não é apontar direções de desenvolvimento às ciências, “mas, no que diz respeito especificamente ao desenvolvimento acelerado de tecnologias sofisticadas, de alertar para a possibilidade e o perigo de que tais tecnologias se autonomizem”.*

IHU On-Line – Quais são as principais limitações e possibilidades apontadas pela Filosofia às nanotecnologias?

Ricardo Timm de Souza – A função da Filosofia não é apontar direções de desenvolvimento às ciências, mas, no que diz respeito especificamente ao desenvolvimento acelerado de tecnologias sofisticadas, de alertar para a possibilidade e o perigo de que tais tecnologias se autonomizem. Em outros termos: novas tecnologias, tecnociência, o desenvolvimento da própria ciência como tal, advêm, em princípio, da procura racional da solução de problemas que afligem a humanidade, o ecossistema etc. Quando isso não ocorre, temos ao menos duas possibilidades: ou a racionalidade científica estatuiu-se em razão instrumental, no sentido da Escola de Frankfurt, e assumiu como sua, de certo modo, a tarefa de legitimação do *status quo*, referendando lógicas de exploração e poder injusto, ou – o que, em certo sentido, é até pior – ainda não se descolou da idéia moderna de progresso que via no próprio desenvolvimento da razão o seu sentido mais profundo, num penoso processo de totalização suicida. Ora, as gravíssimas

questões sociais e ecológicas que vivenciamos mundialmente nos provam que isso não é o caso: o sentido da técnica e da ciência só pode ser entendido contemporaneamente como tentativas de respostas responsáveis – “responsas-(ha)bilidades” – a essas questões.

IHU On-Line – Leonardo Boff disse que as nanotecnologias são um “tsunami tecnológico”. Como essas tecnologias podem alterar a concepção atual de ser humano? O ser humano está se reinventando a partir desse tipo de tecnologias?

Ricardo Timm de Souza – Vivemos ultimamente uma sucessão frenética de revoluções tecnológicas, mas eu concordo que a potência da “revolução nanotecnológica”, já em curso, deverá empalidecer até mesmo a “revolução informacional” ou a “revolução genética” ainda em curso, o que significa que, inevitavelmente, a questão do humano terá de ser profundamente reproposta em novas bases e que, se não quiserem obsoletizar imediatamente, terão de ser bases éticas.

IHU On-Line – Com o advento das novas tecnologias, recebemos um poder criador semelhante a Deus e já não há sequer Ele como instância a que recorrer em busca da legitimidade do uso desse poder. Como essas idéias do filósofo alemão Marc Jongen se aproximam do panorama já expresso no século XIX por Nietzsche? De que forma podemos fundamentar eticamente o agir desse homem como experimento de si mesmo (Jongen), e que constrói sua vida como uma obra de arte (Nietzsche)?

Ricardo Timm de Souza – A compreensão da fundamentação ética do agir, neste início de século XXI, passa essencialmente por uma refundamentação da própria idéia de ética como fundamento da realidade, como tenho detalhado em meus escritos. Sem isso, estaremos vivendo e sofrendo as conseqüências de uma cruel desproporção entre os fatos que efetivamente ocorrem e uma tábua argumentativa ou axiológica elaborada em outros tempos e para outros mundos.

IHU On-Line – E quanto às populações que não têm acesso a tecnologias como a nano? Não ocorreria uma colonização tecnológica da humanidade com a concomitante objetificação da pessoa humana?

Ricardo Timm de Souza – A questão do superdesenvolvimento de determinadas tecnologias não está absolutamente descolada das grandes opções geopolíticas assumidas especialmente após a Segunda Guerra Mundial. Já existe tanto um vasto leque de modalidades de colonização tecnológica como uma evidente objetificação da pessoa humana que, para os desígnios macropolíticos hegemônicos determinados pelas atuais circunstâncias socioeconômicas globais, tem apenas valor enquanto cadeia no processo de produção e consumo de bens e mercadorias.

IHU On-Line – Como analisa o paradoxo de que a tecnologia confere, ao mesmo tempo, autonomia e aprisiona o homem a ela? Não estaríamos nos enredando cada vez mais numa sociedade niilista?

Ricardo Timm de Souza – A análise parte do próprio conceito de “homem”. O que é o humano, hoje? Quem é o humano que é aprisionado e quem é o humano autonomizado por efeito de novas tecnologias? Onde está a singularidade da alteridade? Sem responder a esta questão, ainda não conseguimos, no meu entendimento, equacionar adequadamente os verdadeiros impactos da tecnologia na vida humana em termos verdadeiramente contemporâneos, o que pode nos impedir, inclusive, de aplicar adequadamente uma expressão como “niilismo” à trepidação socioeco-

lógica contemporânea. Pois vivemos, como disseram Kafka, Levinas e muitos outros, em uma era onde o ontem não mais nos apóia e o amanhã ainda balbucia.

IHU On-Line – Seriam as nanotecnologias o “pequeno irmão”, podendo controlar as pessoas e seus atos “de dentro”, ou há uma dose de exagero nessa idéia? Como fica a questão da autonomia do sujeito frente a essas inovações?

Ricardo Timm de Souza – Toda nova tecnologia, ao surgir, traz consigo uma boa dose de temor ante o desconhecido. Talvez no caso das nanotecnologias, este temor seja mais fundamentado do que em outros casos que conhecemos. Mas tudo dependerá da resposta que dermos à primeira questão, acima. Desta resposta – qual o sentido que se deve imprimir não apenas ao desenvolvimento nanotecnológico, mas da ciência e da tecnologia como tais – é que depende a possibilidade de transformação ou não de qualquer tecnologia em “pequeno irmão”.

IHU On-Line – O sociólogo alemão Ulrich Beck fala que vivemos em uma sociedade do risco cimentada pelas incertezas fabricadas, em grande medida, pelas rápidas mudanças tecnológicas. Qual é o papel das nanotecnologias dentro desse contexto?

Ricardo Timm de Souza – As nanotecnologias se inserem perfeitamente na lógica ampla, por exemplo, da sociedade de risco (Beck) e de aceleração (Virilio). Cumpre a lucidez de quem tem a responsabilidade de pensar a temática do sentido do agir, assumir o ônus de denunciar a violência implícita ou explícita da contemporaneidade e de investigar alternativas à “língua geral da violência”, no dizer feliz do antropólogo Hélio R. S. Silva. Nem a nanotecnologia nem a ciência ou tecnologia alguma são entidades semovente; não passam, em última análise, da expressão de opções e estratégias muito específicas de quem as pensa, conduz e determina. É destes que depende o que elas são agora e o que serão no futuro.

Implicações da Física nas nanotecnologias

Por Carmo Heinemann

Carmo Heinemann é graduado em Física e Matemática, pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), especialista em Energia e Meio Ambiente, mestre em Metalurgia de Transformação e doutorando em Metalurgia de Transformação, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente, Carmo é professor e coordenador do Curso de Licenciatura em Física da Unisinos.

A Física é a ciência que estuda as propriedades gerais da matéria e as leis gerais que descrevem seu comportamento e a compreensão dos fenômenos, quando há alterações na natureza. A Física tem grande contribuição com as nanotecnologias, a partir do momento em que gera a base do conhecimento que desencadeia o desenvolvimento de novas tecnologias. “Assim, a Física, em relação à Nanociência, tem como meta entender e descrever a natureza da organização da matéria átomo a átomo, molécula a molécula”, afirma o coordenador do curso de Física da Unisinos Carmo Heinemann. Além disso, Heinemann explica que a nanotecnologia, a partir dos conhecimentos gerados pela nanociência, visa a manipular e controlar a matéria na escala nanométrica, criando novos materiais com propriedades específicas e otimizadas para aplicações industriais diversas.

Para estudiosos e pesquisadores da Física, desvendar as propriedades e conhecer o comportamento da matéria em escala nanométrica é um desafio. Segundo Heinemann, entende-se que a nanotecnologia não é uma tecnologia específica, mas engloba todo um conjunto de técnicas, baseadas na Física, na Química, na Biologia, na Ciência e Engenharia de Materiais e na Computação,

que visam a estender a capacidade humana de manipular a matéria até os limites do átomo. “O engajamento dos físicos neste ambiente multidisciplinar é importante e, certamente, tem muito a contribuir para o desenvolvimento desta área da Ciência”, enfatiza.

Heinemann afirma que o conhecimento produzido pelas ciências básicas pode desencadear e motivar o aperfeiçoamento de tecnologias. “Algumas possíveis aplicações da Física nas nanotecnologias incluem o aumento da capacidade de armazenamento e processamento de dados dos computadores, a criação de novos mecanismos para entrega de medicamentos, mais seguros e menos prejudiciais ao paciente dos que os disponíveis hoje; o desenvolvimento de materiais mais leves e mais resistentes do que metais e plásticos para a construção de prédios, de automóveis e de aviões e muito mais inovações em desenvolvimento ou que ainda não foram sequer imaginadas”, completa o professor. Ele destaca ainda que a economia de energia, proteção ao meio ambiente, menor uso de matérias-primas escassas, são possibilidades muito concretas de desenvolvimentos em nanotecnologia que estão ocorrendo hoje e podem ser antevistos.

Mesmo sem os estudos da Física seria possível fazer projeções acerca das nanotecnologias. “A humanidade evolui procurando melhorar a condição de vida de ser humano. As tecnologias podem ser desenvolvidas sem uma base científica. Historicamente, por exemplo, a Termodinâmica iniciou com a construção da máquina a vapor e as leis da termodinâmica foram desenvolvidas posteriormente. A tecnologia antecedeu a Ciência”, ressalta Heinemann. Neste sentido, todo o desenvol-

vimento ou inovação de uma nova tecnologia é vista com otimismo “e, num primeiro momento, procuram-se os potenciais benefícios que dela podem advir. Muitas vezes, este otimismo é inculcido na sociedade por interesses econômicos”, salienta o professor.

Segundo ele, pela diversificação das nanotecnologias, certamente algumas trarão benefícios para a sociedade e outros prejuízos. “De acordo com um estudo realizado pela Universidade de Wisconsin-Madison e publicado no *Nature Nanotechnology*, a preocupação maior dos

cientistas é com relação ao desconhecimento dos impactos das nanotecnologias sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana. Os cientistas não estão dizendo que há problemas. Estão dizendo que ‘não sabem se há problemas, pois as pesquisas ainda não foram feitas’. Estas conclusões contrastam frontalmente com controvérsias levantadas pelo advento de tecnologias no passado, como a energia nuclear, quando os cientistas tinham uma percepção muito maior dos riscos inerentes ao desenvolvimento das mesmas”, conclui Heinemann.

Agilidade: computação quântica

Entrevista com Renato Portugal

Renato Portugal é graduado em Física, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), e mestre e doutor em Física pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), com a tese Modelos cosmológicos em regime de magnetohidrodinâmica. É pós-doutor, pelas universidades de Waterloo e Queen's University at Kingston, ambas no Canadá. Escreveu **Introdução à programação em Maple** (Rio de Janeiro: Editora CBPF, 1996) e é um dos autores de **Uma introdução à computação quântica** (São Paulo: SBMAC, 2004).

No dia 12 de setembro de 2007, Renato Portugal proferiu palestra sobre Computação quântica, no III Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI: o admirável e o desafiador mundo das nanotecnologias, evento do IHU. Na entrevista concedida à **IHU On-Line**, afirma que o propósito final da computação quântica é “construir um computador impensavelmente mais rápido do que os computadores que dispomos hoje em dia”. Mas isso não quer dizer que os antigos computadores deixarão de existir ou funcionar. O físico explica que eles vão “coexistir”, já que o novo computador precisa do modelo clássico para funcionar. Assim, a computação quântica “é uma extensão da clássica”, enfatiza.

IHU On-Line – O que é a computação quântica?

Renato Portugal – A computação quântica é uma nova área da investigação científica que muda profundamente nossas concepções sobre computação. O propósito final é construir um computador impensavelmente mais rápido do que os computadores de que dispomos hoje em dia. Para isso, um ingrediente totalmente novo precisa ser

introduzido: o uso de fenômenos quânticos. Uma vez que a mudança é paradigmática, toda a estrutura da computação deve ser revista, modificada e ampliada para esse novo contexto. O mundo quântico tem algumas características notavelmente diferentes do mundo clássico. No mundo clássico, as diferentes possibilidades não podem coexistir, dois corpos não ocupam o mesmo lugar ao mesmo tempo, um automóvel não pode dobrar a esquina e seguir à frente, ao mesmo tempo, e se jogarmos uma moeda ou ela dá cara ou coroa. No mundo clássico, ou acontece isso ou acontece aquilo, de forma excludente ou seqüencialmente. Um carro pode seguir reto e depois dobrar a esquina, seqüencialmente. Temos a opção da computação paralela, que é adquirirmos dois carros: um deles dobra a esquina e o outro segue reto. Nesses dois casos, precisamos usar muitos recursos. No primeiro caso o processo leva muito tempo, pois precisa ser feito seqüencialmente, e, no segundo caso, o processo ocupa muito espaço, pois precisamos duplicar os recursos. No mundo quântico, as diversas possibilidades podem coexistir. Um “carro quântico” pode ir em frente e dobrar a esquina ao mesmo tempo. Uma “moeda quântica” pode dar cara e coroa ao mesmo tempo. Essa característica nos parece à primeira vista estranha e não natural. Mas podemos nos perguntar como ela pode nos ajudar na computação? Vamos voltar à imagem do carro quântico que segue em frente e dobra a esquina ao mesmo tempo. Veja, temos agora duas versões do carro quântico, cada uma indo numa direção. Cada uma delas pode novamente encontrar uma esquina, e passamos a ter quatro versões. Na próxima vez, teremos oito versões, e, em pouco tempo, passamos a ter

um número exponencialmente grande de possibilidades coexistindo. Será que cada versão pode executar uma tarefa? A resposta é positiva. Na computação quântica, é possível realizar uma quantidade exponencialmente grande de tarefas de forma simultânea. Por exemplo, cada uma das possibilidades pode fazer um cálculo. Porém, nem tudo são flores. Após a execução dos cálculos simultâneos, é preciso extrair a informação desejada. Isso não é uma tarefa simples, pois toda vez que tentamos extrair a informação que está no nível quântico para nosso mundo clássico ocorre uma grande perda, inevitavelmente.

***IHU On-Line* – Quais são suas principais aplicações?**

Renato Portugal – Essa pergunta pode ser formulada de outra forma. Quais são os problemas que o computador quântico resolve mais rapidamente do que o computador clássico? O computador quântico é muito mais caro do que o clássico. Se for possível resolver um problema eficientemente no computador clássico, ninguém vai querer comprar o quântico para resolver esse problema. O que se sabe hoje em dia é que o computador quântico resolve alguns tipos de problemas de forma exponencialmente mais rápida do que o computador clássico, enquanto que para outros tipos de problemas o ganho não é tão significativo. A grande maioria dos problemas ainda está na incógnita. Não sabe se o computador quântico será muito mais rápido ou não. Isso é tema de pesquisa de ponta atualmente na área de algoritmos quânticos. De forma concreta, atualmente, podemos garantir que os computadores quânticos podem quebrar os códigos de criptografia usados correntemente e, em contrapartida, eles fornecem outros métodos criptográficos muito mais seguros. Eles ajudam resolver problemas de otimização, envolvendo grande quantidade de dados que não podem ser ordenados. Eles podem ser usados para simular sistemas moleculares com uma enorme gama de aplicações práticas, como, por exemplo, na área de bioinformática. O aumento na capacidade de comunicação através de canais quânticos também é uma realidade.

***IHU On-Line* – Quais seriam as maiores diferenças entre a computação quântica e a computação clássica?**

Renato Portugal – Aqui, é importante ressaltar que a tecnologia quântica não veio para tomar o lugar da clássica, como o CD substituiu o disco de vinil e o DVD substituiu as fitas de vídeo. O computador quântico precisa do clássico para funcionar. Eles vão coexistir. O quântico só será usado naquilo que ele realmente é mais rápido. Podemos pensar, então, que a computação quântica é uma extensão da clássica, pois novas características foram incluídas sem as antigas serem jogadas fora. Uma das características já foi mencionada. É possível fazer uma quantidade exponencialmente grande de tarefas simultaneamente sem onerar os recursos disponíveis. No entanto, extrair a informação desejada não é uma tarefa fácil, pois a maior parte das tarefas pode se perder se não for especificado um método inteligente para finalizar o processo. Uma segunda característica importante é o uso do emaranhamento. Os sistemas quânticos possuem uma correlação não local. Isso quer dizer que as diferentes partes do computador quântico estão interligadas de um modo totalmente diferente do que ocorre no caso clássico. Essa característica, que é muito conhecida como o ingrediente principal para a teleportação, pode também ser usada para realização de cálculos computacionais sem equivalente clássico.

***IHU On-Line* – Em que aspectos a propriedade da sobreposição representa um ganho à computação quântica?**

Renato Portugal – A sobreposição ou superposição é uma outra forma de se falar da coexistência das possibilidades. Este é o primeiro ingrediente a ser usado para que um algoritmo quântico tenha ganho sobre o clássico. Porém, isso não é garantia. Não existe uma receita para extrair a informação desejada de um estado de sobreposição. Cada problema tem sido analisado individualmente. Em alguns, a sobreposição permite acelerar as tarefas, enquanto que em outros não se sabe ainda como proceder. Vale a pena lembrar que o emaranhamento é outra característica

que permite ganhos computacionais. O emaranhamento tem uma natureza diferente da superposição. O emaranhamento só pode ocorrer em sistemas quânticos compostos. A correlação ocorre entre as partes do sistema.

IHU On-Line – Como se relacionam a computação quântica e as nanotecnologias?

Renato Portugal – A computação quântica pode ser vista como uma área da nanotecnologia. Porém ela tem que ser vista como o maior desafio da nanotecnologia. Sabemos que, hoje em dia, os laboratórios conseguem lidar com dimensões da ordem de 10 a 100 nanômetros. Veja, por exemplo, os nanotubos de carbono. As aplicações práticas da manipulação nessa escala são infundáveis. No entanto, para construir o computador quântico e fazê-lo funcionar adequadamente, é necessário manipular dimensões inferiores a 1 nanômetro. O diâmetro do átomo de hidrogênio é da ordem de um décimo do nanômetro. O mundo do quântico é dessa escala. Ainda é um desafio. A teoria nos diz que vale a pena investir. Aplicações práticas? Precisamos ter paciência. Podemos pensar também no sentido inverso, como a computação quântica pode influenciar a Nanotecnologia. A computação quântica é capaz de simular sistemas moleculares eficientemente e isso ajuda muito na nanotecnologia. Não é simples dizer como isso irá se dar.

IHU On-Line – A partir dessa conexão, que invenções estão por surgir nos próximos anos?

Renato Portugal – Difícil saber, mas certamente a manipulação a nível molecular e a computação quântica estão muito relacionadas. No momento que os princípios básicos são entendidos, naturalmente surgem aplicações. Daí seguem as invenções e as patentes. Mas ainda estamos tentando entender os princípios básicos. Os problemas são muito complexos.

IHU On-Line – Como essas invenções alteram ou complementam as concepções e descobertas que a Física vinha fazendo até agora?

Renato Portugal – As novas descobertas na Física geralmente ocorrem numa escala bem inferior à escala nanométrica, por exemplo, nas experiências usando os grandes aceleradores de partículas. Já se sabe que a mecânica quântica tem limitações e outras teorias mais fundamentais são usadas para explicar os fenômenos observados nos aceleradores. Todas as invenções e aplicações a nível nanométrico vêm sistematicamente confirmando as previsões da mecânica quântica, de forma que a contribuição para modificar a teoria está apenas nos detalhes. Por outro lado, o uso de princípios quânticos na computação mudou fundamentalmente a Teoria da Computação.

IHU On-Line – A computação quântica é uma ferramenta para compreendermos a Teoria da Complexidade? Por quê?

Renato Portugal – É importante distinguir a Teoria da Complexidade Computacional da Teoria de Sistemas Complexos. A computação quântica está mais próxima da primeira nesse momento. A Teoria da Complexidade Computacional estuda como quantificar a dificuldade de resolver os problemas computacionais. Os problemas são divididos em três classes. A classe P contém os problemas que podem ser resolvidos eficientemente. A classe NP contém os problemas da classe P, e os problemas para os quais existe alguma chance de serem resolvidos eficientemente, mesmo que no presente ainda não saibamos como. A terceira classe consiste nos problemas que não podem ser resolvidos eficientemente, nem hoje nem nunca. Os computadores são usados no dia-a-dia para resolver os problemas da classe P. Por exemplo, soma e multiplicação de números. Todos os dias, os computadores resolvem problemas que usam soma e multiplicação. Os problemas da classe NP que não estão na classe P são os preferidos dos pesquisadores. Todo pesquisador na área de computação quer saber se esses problemas, ou se apenas alguns deles, têm solução eficiente. Todas essas questões devem ser repensadas à luz da computação quântica. Voltando à pergunta: a computação quântica não ajuda na compreensão da Teoria da Complexidade Computacional: pelo contrário, a teoria fica mais complexa do que já é.

A refundação da Física pela Cosmologia

Entrevista com Mario Novello

Mario Novello é professor do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), no Rio de Janeiro, onde é coordenador do Laboratório de Cosmologia e Física Experimental de Altas Energias. É mestre e doutor em Física, pós-doutor, pela University of Oxford (Inglaterra), e doutor honoris causa, pela Universidade de Lyon (França).

É autor de mais de 150 artigos e de diversos livros, entre eles **Cosmos e contexto** (Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1989), **Os jogos da natureza** (Rio de Janeiro: Campus, 2004), **Máquina do tempo – Um olhar científico** (Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005) e **O que é Cosmologia** (Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006). Este último livro é o tema da entrevista que segue, concedida por Mario à **IHU On-Line** e publicada nas **Notícias do Dia** do sítio do IHU (www.unisinos.br/ihu), no dia 26 de abril de 2006.

IHU On-Line – Qual é o seu objetivo com o livro *O que é Cosmologia*?

Mario Novello – Nos últimos tempos, apareceram muitos livros, exibindo algumas das maravilhosas conquistas dos cosmólogos, envolvendo aspectos globais do universo. Entretanto, a quase totalidade destes livros não se preocupa em examinar os fundamentos da Cosmologia, sua posição em relação às outras ciências e, em particular, sua relação com a Física. Desde o início da cosmologia moderna, com a aplicação por Einstein de sua teoria da gravitação ao universo, este papel da cosmologia tem sido deixado de lado, em favor de uma visão simplista que diminui sua importância e impede que uma importante (talvez a mais fundamental) função da cosmologia apareça: a de refundação da Física. Meu objetivo neste livro

consiste em exibir e enfatizar este seu aspecto, que, para mim, consiste em sua verdadeira função.

IHU On-Line – Por que a obra tem como subtítulo “a revolução do pensamento cosmológico”?

Mario Novello – Isso se refere à mudança produzida pelo Programa Cosmológico de Einstein, o que ocorreu nas primeiras décadas do século XX, e aos formidáveis avanços a partir dos anos 1980, que transtornaram completamente o cenário cosmológico anterior.

IHU On-Line – Quais são as principais contribuições da obra para o futuro do conhecimento científico relativo do Universo?

Mario Novello – A caracterização de que é possível ir além da simplista visão do Big-Bang que tanto grande parte da comunidade dos cientistas quanto a quase totalidade da mídia internacional e nacional divulgaram e espalharam como um verdadeiro programa ideológico, impedindo o acesso da ciência à análise do que teria dado origem àquela “explosão”.

IHU On-Line – O que caracteriza a retomada do diálogo entre a Cosmologia e a tradição humanista? Qual a importância desse diálogo?

Mario Novello – Todas as civilizações, em seu passado, produziram “mitos cosmogônicos de criação”. A ciência, por meio da Cosmologia, está produzindo o seu. Reconhecer que este é um modo de olhar o mundo, mas não o único, relativizando sua função na sociedade, faz parte de um diálogo que a ciência deixou de ter com outros sa-

beres. Isso não foi bom, nem mesmo para a ciência que produziu, ou melhor, deixou prevalecer seu lado autoritário e arrogante. Creio que um diálogo continuado, permanente e tentando entender historicamente nossas verdades como espécie, certamente será útil para o crescimento de nós todos.

IHU On-Line – Quais são as conseqüências de suas afirmações para as raízes do conhecimento científico, como a teoria da relatividade de Einstein e as teorias sobre a origem do Universo?

Mario Novello – A mais importante lição que devemos tirar da primeira tentativa de Einstein de empreender uma cosmologia é essa: a Física não esgota esta estrutura que chamamos universo. É preciso alguma coisa a mais. Ao examinarmos essa estrutura e esta totalidade, nos damos conta de que uma das idéias mais maravilhosas de uma união (ainda que fragmentada e incompleta) do mundo quântico com a Cosmologia leva a um resultado inesperado: a inevitabilidade da existência de alguma coisa, deste (ou de outro) universo. Assim, ao mesmo tempo em que a cosmologia

cria uma visão científica dos mecanismos possíveis de criação do Universo, ela está ousando tentar responder a questão fundamental: por que existe alguma coisa e não nada? Desse modo, retoma-se uma conversa que a ciência interrompeu com outros saberes, quando tomou a dianteira na organização do cenário mental com que devemos entender a natureza. Sua eficácia social, a produção de um sistema autoritário, com uma aparência impessoal, absoluta e retrógrada, colocando o homem fora da natureza, liquidando com as tentativas alternativas de outros saberes para entender a natureza, produziu um sistema que enfraquece o homem, tornando-o poderoso na fabricação de máquinas de guerra.

IHU On-Line – Quais são as principais novidades da Cosmologia contemporânea?

Mario Novello – A Cosmologia moderna está produzindo uma tentativa de criar uma harmonia do mundo e uma comunhão de interesses, na elaboração de uma ciência da totalidade, na qual o homem aparece como o seu ponto central. E isso está além da geografia.

As nanotecnologias. Uma reflexão ética a partir de John Finnis

Entrevista com Wilson Engelmann

Wilson Engelmann é bacharel em Ciências Jurídicas e Sociais e especialista em Direito Político, além de mestre e doutor, pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Atualmente, é professor de Introdução ao Estudo do Direito na graduação, de Metodologia de Pesquisa Jurídica nos cursos de especialização e integrante da Comissão de Coordenação do Curso de Direito da mesma universidade.

Wilson Engelmann, professor de Direito da Unisinos, na entrevista que concedeu, por e-mail, à **IHU On-Line**, publicada nas **Notícias do Dia** do site do IHU (www.unisinos.br/ihu), em 12 de janeiro de 2008, fala sobre a relação das teorias de Finnis e o desenvolvimento das nanotecnologias. Engelmann explica que o princípio da lei natural pensada pelo estadunidense Finnis pode servir como um limite ético para o avanço das tecnologias nano e outros assuntos.

John Finnis, em suas obras, apresenta o direito natural e as leis naturais como algo fundamental para o debate acerca do fenômeno jurídico atual. Em **Lei natural e Direitos naturais** (São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2007), por exemplo, Finnis apresenta possibilidades criativas para que as Ciências Jurídicas possam ter seu papel revitalizado e presente num cenário interdisciplinar, de diversas áreas do conhecimento. Uma dessas áreas é, junto com as propostas de Finnis, relativamente nova para a concepção da grande massa: as nanotecnologias. A teoria da lei natural de Finnis executa uma crítica das correntes atuais e aponta limites e enganos na existência de uma comunidade internacional, na justificação do poder político, no fundamento dos direitos humanos, na obe-

diência à lei. Assim, Finnis contribui positivamente para outra discussão: a bioética.

No Simpósio Internacional Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e Limites das nanotecnologias, o professor Engelmann ministrará um minicurso, intitulado “Os princípios da lei natural desenvolvidos por John Finnis como um limite ético para a nanotecnologia”.

A **IHU On-Line**, conversou, por e-mail, com o professor de Direito da Unisinos Wilson Engelmann, sobre a relação das teorias de Finnis e o desenvolvimento das nanotecnologias. Engelmann fala sobre como o princípio da lei natural pensada pelo estadunidense Finnis pode servir como um limite ético para o avanço das tecnologias nano e outros assunto.

IHU On-Line – De que forma os princípios da lei natural desenvolvidos por John Finnis podem ser encarados como um limite ético para o avanço das nanotecnologias?

Wilson Engelmann – John Finnis faz uma releitura do direito natural clássico, formulado especialmente a partir de Aristóteles e São Tomás de Aquino. Assim, a lei natural é alinhada ao primeiro princípio prático que diz: “fazer e buscar o bem e evitar o mal”. Esse comando se apresenta como auto-evidente, sendo conhecido. A partir desse princípio da razão prática, John Finnis desenvolve os princípios do direito natural, preocupados com o florescimento humano, ou seja, os bens humanos básicos (o conhecimento, a vida, a amizade, a experiência do belo...) e as exigências metodológicas da razoabilidade prática (plano de vida coerente, respeitar os valores básicos em todos os

atos, não discriminar...). Esses dois elementos são permeados por uma série de pautas morais mostrando um nítido retorno à preocupação com o conteúdo das normas e relações sociais, em detrimento da forma.

Esse conjunto de valores e preocupações com as coisas humanas servirá como um fundamento ou justificativa ética (de conteúdo) para os avanços das pesquisas das nanotecnologias. É preciso sublinhar que não se é contra esse avanço da ciência. No entanto, o aprofundamento das investigações não deverá perder de vista que os seus resultados devem favorecer o pleno desenvolvimento das pessoas, focando a sua energia na satisfação das necessidades humanas.

IHU On-Line – As tecnologias nano que estão sendo desenvolvidas atendem as exigências da razoabilidade prática?

Wilson Engelmann – As exigências da razoabilidade prática são mecanismos metodológicos para a concretização dos bens humanos básicos. Nesse contexto, as tecnologias nano deverão ser focadas para a implementação razoável/ adequada do pleno florescimento humano. Portanto, o mais correto será examinar a situação sob o ângulo da adequação, do razoável. Não se precisa buscar a resposta correta no enfrentamento da questão. As tecnologias nano deverão favorecer o adequado atendimento às necessidades das pessoas de “carne e osso”. Se com as experiências ocorre interferência no ciclo da vida, no meio ambiente, no melhoramento da qualidade de vida das pessoas, a tecnologia é adequada e deverá prosseguir. No entanto, a avaliação não deverá ser individual; é preciso considerar os mencionados aspectos no seu contexto transindividual. Vale dizer, sempre o foco deve ser o grupo social como um todo. Além disso, a avaliação das tecnologias deverá ser pautada pela experiência e inteligência, tal como já proposto pelos representantes da ética clássica. Vale dizer, é preciso desenvolver a sabedoria prática, isto é, o *phronimos* de Aristóteles, que é titular da “prudência” de São Tomás de Aquino. Se conseguirmos reunir estes aspectos, teremos condições de verificar a razoabilidade das experiências com as tecnologias nano.

Verifica-se que não é necessário um grande aparato tecnológico para desenvolver a avaliação. Pelo contrário, precisa-se resgatar a velha sabedoria grega, que só o humano sabe implantar na sua integralidade.

IHU On-Line – A genética, a nanotecnologia, a clonagem, a cibernética e as tecnologias de computador são parte de uma visão pós-humana, que não acredita que a biologia seja um destino, porque, segundo eles, não existe “lei natural”. Que tipos de discussões devem ser feitas para que possamos distinguir entre as transformações que são edificantes e as que são destrutivas?

Wilson Engelmann – A existência ou não de uma lei natural é a discussão que acompanha as pessoas desde os primórdios da evolução humana. Para tanto, basta lembrar a heroína Antígona, de Sófocles, que se levanta contra a norma positivada por Creonte, alegando a existência de uma “lei” anterior e superior. As perspectivas do “pós” que não acreditam em algumas referências de base ou de justificação estão levando as pessoas e a sociedade a um estágio de “desenvolvimento”, onde o humano (o ser de “carne e osso”) é substituído pela técnica, numa total desconsideração do conteúdo (o elemento humano), principal motivador da existência de todo o avanço tecnológico. Tudo indica que aquelas evoluções “científicas” são destruidoras, pois provocam uma tecnização das relações humanas, como se tudo pudesse ser resumido num avançado espaço livre de “infiltrações” que trazem o signo de questões e problemas ligados à pessoa. Se não fossem destruidoras, teriam conseguido resolver problemas básicos que preocupam as pessoas. As experiências e as tecnologias, para que possam ser consideradas salutares, necessitam ter base na ética. Essa, por sua vez, nada mais é do que o respeito “a vida e seu pleno desenvolvimento. Assim, os “pós-humanistas” não podem esquecer que o esvaziamento das suas incursões se dá a partir do momento em que esquecem do principal destinatário dos resultados da pesquisa: o homem e a mulher. Sem isso, continuaremos produzindo “pós” vazios e perigosos desconectados com o mundo real da vida.

IHU On-Line – A lei natural e os direitos naturais são elementos substanciais para discussão do desenvolvimento das nanotecnologias?

Wilson Engelmann – A valorização do humano é a concretização da lei natural e dos direitos naturais. Se nos dermos conta disso, respeitando esses elementos, estaremos dando a nossa contribuição para o desenvolvimento da espécie humana. Por outro lado, não se pode conceber uma visão “pós-humana”, pois sem o humano nenhum avanço tecnológico faz sentido. Sublinhando: no

contexto da tradição onde estamos inseridos, no qual as experiências recebem a atribuição de sentido, não se poderá esquecer o elo de ligação com o passado, que justifica o presente e projeta (prepara) o futuro. Nesse particular, é necessário resgatar e valorizar elementos substanciais, como a expressão da experiência e do conhecimento legados pela tradição, único modo de se desenhar a pré-compreensão para atribuir o sentido humanamente aceitável para os avanços da pesquisa com as nanotecnologias.

Sistemas Inteligentes de Apoio à Decisão

Entrevista com Marco Aurélio Cavalcanti Pacheco

Marco Aurélio Cavalcanti Pacheco é doutor em Ciências da Computação, pela Universidade de Londres, na Inglaterra. É também professor na Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) e na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Ele coordena o laboratório de Inteligência Computacional Aplicada – ICA, da PUC-Rio, onde vem desenvolvendo pesquisas em sistemas de inteligência e apoio à decisão aplicados às diversas indústrias, tais como a Petrobras e a Vale do Rio Doce. O ICA é o primeiro laboratório no Brasil a desenvolver a área de nanotecnologia computacional, que envolve a parte de simulação, síntese e caracterização via computador, ou seja, nanotecnologia computacional com esse aporte de inteligência, através do sistema de inteligência.

No livro **Sistemas inteligentes de apoio à decisão: análise econômica de projetos de desenvolvimento de campos de petróleo sob incerteza** (Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio/ Inter-ciência, 2007), Marco Aurélio fala das soluções oferecidas pela área de Business Intelligence às empresas. Na entrevista que concedeu à **IHU On-Line** e que foi publicada nas **Notícias do Dia** do site do IHU (www.unisinos.br/ihu), em 22 de setembro de 2007, Marco Aurélio ajuda a entender como essa área pode contribuir na forma de se pensar a utilização dos recursos naturais brasileiros pelas empresas. Marco fala também do desenvolvimento e utilização das nanotecnologias no país. “A pesquisa em nanotecnologia no Brasil já existe e está, para os nossos padrões, tendo um bom desenvolvimento, acontecendo em diversas universidades de todo o Brasil”, afirmou o pesquisador.

IHU On-Line – Como o livro *Sistemas inteligentes de apoio à decisão: análise econômica*

***de projetos de desenvolvimento de campos de petróleo sob incerteza* foi concebido?**

Marco Aurélio – O livro foi fruto de um trabalho de pesquisa de seis anos, e que ainda continua. A pesquisa é patrocinada pela Petrobras, através do seu Centro de Pesquisas. Desde 2000, nós estamos trabalhando com esse tema, e, após esses anos todos, resolvemos transformar o resultado científico do projeto em um livro, até certo ponto didático, porque tem uma introdução a todas as técnicas que foram empregadas, e científico, porque descreve uma aplicação de análise econômica de projetos de desenvolvimento de campo de petróleo.

***IHU On-Line* – O senhor pode definir, aos nossos leitores, o que é Business Intelligence?**

Marco Aurélio – Business Intelligence é um conjunto de tecnologias, de métodos, que são empregados para dar solução em diversos problemas na área de negócios e tornar as empresas mais eficientes. Está intimamente ligado à área de computação, porque envolve sistemas computacionais, métodos e técnicas que implementam sistemas de apoio à decisão gerencial e tornam os negócios mais eficientes e rentáveis, e as empresas mais competitivas, em função disso.

Isso envolve uma série de aspectos, mas, caracteristicamente, a Business Intelligence utiliza as informações disponíveis em bases de dados das empresas para extrair informações que sejam úteis, conhecimentos novos, estratégicos, para o funcionamento da empresa, o que é conhecido como mineração de dados. A Business Intelligence sempre passa pela organização dos dados da empresa. Muitas vezes, eles estão pouco organizados, em diferentes bases de dados. A partir dessa integração, é possível minerar conhecimento útil,

através de processamentos matemáticos, algoritmos, que extraem informações, muitas vezes desconhecidas pelas empresas, o que as torna mais competitivas, mas nas quais também são usadas diversas técnicas que são importantes em qualquer negócio. Técnicas que permitem à empresa fazer previsões precisas sobre demanda, preços, consumo, e permitem, também, fazer otimização da logística, do funcionamento da cadeia de suprimentos, e, de modo geral, são empregadas em inúmeras situações. No caso da Petrobras, por exemplo, a Business Intelligence é usada na análise econômica de projetos. Ou seja, após a Petrobras ter ganho a opção de uma determinada área em leilão, avalia-se quando é que ela deve, dentro de cinco anos, começar os investimentos, considerando as incertezas que há sobre a quantidade e a qualidade do petróleo que está em determinada área, e também sobre o preço, que pode cair e se tornar um negócio não muito interessante. Nós também fazemos vários tipos de planejamento e otimização como onde perfurar poços, que tipo de poços e qual a profundidade eles devem ter, ou programar toda a produção de uma refinaria, tornando-a mais eficiente, ou, ainda, criar sistemas que aumentem a segurança e a confiabilidade em instalações industriais, evitando acidentes e problemas ambientais. Também fazemos análise de negócios, para o setor internacional da Petrobras decidir se deve ou não investir em determinado país. Enfim, há uns cem fins de possíveis aplicações em qualquer grande negócio.

IHU On-Line – Como a Business Intelligence pode contribuir para a manutenção e o controle dos recursos naturais brasileiros, como o petróleo?

Marco Aurélio – As aplicações desses sistemas da Business Intelligence estão em todas as áreas de atividade. Inclusive, nós temos um curso aqui que é um MBA em Business Intelligence, no qual nós recebemos advogados, químicos, médicos, engenheiros e o pessoal de tecnologias da informação, porque em todas as áreas há espaço, demanda para soluções via sistemas de apoio à decisão com técnicas inteligentes. No caso de meio ambiente, existem vários fins de possíveis aplicações, não só na prevenção, como na previsão ou na antecipa-

ção de um possível problema, mas também no tratamento em caso de contingência, além disso com relação ao próprio aproveitamento das diversas formas de energia renováveis e naturais também. Cada situação é uma situação. No caso do petróleo, busca-se retirar mais óleo daquele reservatório. É um produto natural, é poluente, mas, se vai se explorar um campo, deve-se fazer eficientemente, retirando a maior quantidade de óleo pelo menor preço. No caso de segurança, você procura evitar que o fator humano seja o causador de um desastre ambiental. Já no caso de aproveitamento de energia, você tem inúmeras possibilidades de aproveitar melhor recursos de origem natural, como biomassa, álcool, ou mesmo a geração de energia através de outras formas, usando sistemas de apoio à decisão, de modo que a realidade a respeito dos sistemas de apoio à decisão é a seguinte: sempre, através dos anos, o computador tem cada vez ficado mais maduro e mais presente nas respectivas áreas de emprego, sempre para fazer cálculos longos, exaustivos, processamentos. Com o desenvolvimento de áreas como inteligência computacional, surgiram técnicas que dão ao computador uma capacidade muito especial. Muitas vezes, em alguns casos, só encontradas em seres humanos, ou seja, a capacidade de reconhecer, raciocinar, evoluir. Essas técnicas são, relativamente, recentes, e a sua aplicação em negócios de todas as áreas é ilimitada. E ela vem se expandindo em função da globalização, da competitividade, do aumento da demanda. As coisas vêm tomando outras dimensões, a partir da globalização, seja na área de negócios, seja na área de saúde, ou de energia, e governos e empresas precisam continuar eficientes. Esses sistemas ajudam o gerente ou técnico a dar prosseguimento, da melhor forma possível, nos seus negócios.

IHU On-Line – Como as técnicas dos Sistemas Inspirados na Natureza vêm sendo desenvolvidas no Brasil?

Marco Aurélio – Existem diversas técnicas. As principais são os algoritmos genéticos, inspirados na genética e na evolução natural, as redes neurais, artificiais, inspiradas no cérebro humano, a lógica “fuzzi”, que tem inspiração na nossa lingüís-

tica, na forma de as pessoas se expressarem, e os sistemas especialistas, que são mais antigos, embutindo o conhecimento de um determinado especialista de uma determinada área, e sistemas considerados híbridos, que combinam estas e outras técnicas junto com estatísticas para ligar a uma determinada função ou resolver algum problema. Isso vem sendo ensinado, divulgado pela PUC-Rio, através do nosso departamento, desde 1993. Algumas universidades, hoje em dia, já incluem em seus currículos esses sistemas de apoio à decisão. Há, hoje em dia, uma consciência por parte do governo da necessidade de soluções de computador nessa classe de problemas. Isso foi observado através de editais de projetos onde o governo, seja a nível estadual ou federal, quer solução, melhoria, mais eficiência, através de um sistema computacional. Em função dessa percepção, abrimos este curso, o primeiro no Brasil em Business Intelligence, ministrado pelo nosso grupo de pesquisa. São 12 doutores e pesquisadores que desenvolvem pesquisas nessa área há muitos anos aqui na PUC-Rio.

IHU On-Line – Onde e como a nanotecnologia é inserida nesses estudos dos Sistemas Inteligentes de Apoio à Decisão?

Marco Aurélio – A nanotecnologia está muito vinculada à parte de sistemas inteligentes. Ela é a manipulação, observação, construção de estruturas e materiais em nível nanométrico, uma escala de medidas que é um bilionésimo do metro, uma dimensão que já chega a nível molecular e atômico. Nós estamos vendo isso, manipulando a matéria átomo a átomo, molécula a molécula. Dentro deste contexto, as leis da física clássica são mais válidas, e a física quântica orienta o comportamento da matéria e, portanto, nos revela um mundo novo que não o macro nem o micro, mas o nanométrico. Através dessa manipulação, observa-se a possibilidade de criar materiais, estruturas, químicas de qualquer natureza que tem comportamento diferenciado, podendo haver comportamento específico para inúmeras aplicações. Utilizo muito a idéia de que a nanotecnologia vai criar um mundo novo. Tudo o que você, hoje em dia, tem de produtos, desde um creme, um esmalte, uma broca para perfurar um campo de petróleo,

ou um combustível, uma cola, um metal, qualquer coisa, inclusive na medicina, que está ao nosso redor e pode ser revisto, pode ser construído com características mais eficientes para a função que precisa ter. No caso do petróleo, você quer materiais mais resistentes e mais leves para construir plataformas de petróleo e brocas que sejam mais resistentes no processo de perfuração; às vezes, você quer materiais que tenham uma reação térmica diferente e que tenha adesividade mais forte. Enfim, você encontra aplicações estranhas, impensáveis, como um vidro auto-limpante, que, se instalado em edifícios, não precisaria mais ser limpo externamente, ou uma tinta que evitaria risco nos automóveis, ou um tecido que mudaria de temperatura, em função da necessidade, se tornando mais agradável ou não. Você pode inventar qualquer coisa. É claro que não estamos em processo de inventar essas coisas 100% conhecido. Aí entra a inteligência computacional. Através dela, é possível auxiliar físicos, químicos e cientistas das ciências materiais a projetar no computador aquilo que eles vão construir fisicamente, com o melhor resultado. A inteligência computacional permite a simulação, a concepção, o design inteligente, a caracterização, a antecipação de funcionamento de projetos nanotecnológicos. Eu diria que a inteligência computacional irá agilizar o desenvolvimento das nanotecnologias. Numa analogia com a eletrônica, a própria computação se desenvolveu sem o auxílio do computador e, muito menos, sem o auxílio de técnicas inteligentes que só se desenvolveram mais recentemente. A nanotecnologia não está desenvolvida, mas ela encontra um cenário diferente. Encontra um alto poder computacional, um desenvolvimento avançado, em termos de técnicas, de algoritmos, de modelos, que vão facilitar o desenvolvimento não só das nanotecnologias, mas de qualquer outra área.

IHU On-Line – Como o senhor analisa as pesquisas brasileiras em relação à nanotecnologia?

Marco Aurélio – A pesquisa em nanotecnologia no Brasil já existe e está, para os nossos padrões, tendo um bom desenvolvimento, acontecendo em diversas universidades de todo o Brasil. O governo tem acenado com recursos, ainda que pe-

quenos. Ele tem reconhecido a importância de avançar e desenvolver nessa área, porque, a longo prazo, haverá produtos nanotecnológicos e produtos convencionais. É como ter produtos de primeira e de segunda categoria e, se você não avançar nessa área, terá de comercializar os produtos convencionais, que tem menos eficiência, menor interesse. Isso em qualquer coisa, seja num combustível, seja num fármaco, num produto alimentar ou qualquer equipamento. Pode servir uma analogia semelhante com fitas cassetes e CDs. Com a presença dos CDs, que não são nada nanotecnológicos, mas é uma nova tecnologia, os discos de feira desapareceram. Se você só sabe fazer fitas ou discos de feira, você não tem mais mercado. A nanotecnologia afeta todos os itens que nos cercam. Há muita gente intensificando as suas pesquisas, mas o envolvimento é muito grande. E o Brasil, apesar de ter percebido isso, por força de contingenciamentos, não vem investindo o suficiente.

IHU On-Line – De que forma as teorias da mecânica quântica contribuem para o desenvolvimento das nanotecnologias?

Marco Aurélio – Isso é um pouco mais técnico. Pula a matéria nessa dimensão, quando isso é possível, por causa de alguns equipamentos, como o microscópico de forma atômica e outros dispositivos que se tornaram realidade mais recentemente. Vários modelos são substituídos. Ou seja, os efeitos gravitacionais já não são tão importantes como na mecânica clássica, na questão da gravidade. Propriedades óticas também são diferentes. As forças atômicas e moleculares passam a ter de ser consideradas, ou seja, a força de interação, de átomo com átomo, formando uma molécula. Aparecem os efeitos quânticos. O quântico diz respeito a um quanto de energia. E esses efeitos quânticos são aqueles que envolvem as diferentes propriedades óticas, elétricas e magnéticas dos elementos nessa dimensão. Outro efeito muito importante é a área da superfície que, nesse caso dos elementos, é maior por unidade de massa. A área é maior em função da pequena quantidade de material. Em função disso, a reatividade química dos elementos é muito mais forte. E isso é diferente. Por exemplo, se você pega uma moeda, a área

dela é um determinado valor, mas ela é muito pequena em proporcional a unidade de massa, já que ela tem muitos átomos. Quando você pega dois ou três átomos, a massa é muito pequena, mas a área é proporcional àqueles átomos, e você tem uma reatividade diferente da reatividade que acontece no mundo da mecânica clássica. Essas coisas não só acontecem, mas são exploradas em benefício de obter comportamentos diferenciados e, até então, inimagináveis da matéria.

IHU On-Line – Como o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil já pode ser observado?

Marco Aurélio – A nanotecnologia tem emprego em tudo. Os maiores desenvolvimentos ocorrerão naquelas situações onde houver mais investimento. A nanotecnologia está se desenvolvendo para a medicina, para o meio ambiente e para diversos produtos. Você encontra resultados em situações em que ou a aplicação era mais fácil de ser alcançada ou os aspectos de mercado eram mais benéficos. O petróleo é uma área que tem muito dinheiro, e os resultados também são mais palpáveis de modo que a área de petróleo, como foi a própria guerra, é uma área de investimento que gerou avanço tecnológico em armamentos militares. Também é capaz de alavancar o desenvolvimento das nanotecnologias, por causa dos valores que ele envolve. Você tem diversas possibilidades. Você quer detectar a presença de materiais em determinado tipo de óleo, detectar gases, filtrar óleo, obter sensores para que informem as características daquele que está sendo explorado; quer fazer decomposição de poluentes atmosféricos para tratamento de água e de ar; e quer fazer desenvolvimento de materiais mais leves e mais resistentes. Você atua muito na área de armazenamento de hidrogênio e no processo de refino, através do uso de catalisadores nanoestruturados. Enfim, a área de petróleo não só é importante em termos de investimento, mas é uma área que, naturalmente, envolve todas as ciências que formam a nanotecnologia. Ela tem essa interdisciplinaridade, assim como a nanotecnologia. Ela trabalha com a química, a física, a matemática, a engenharia, o que é característico da nanotecnologia. Trata-se de uma área interdisciplinar.

Nanovigilância: qual é o limite?

Por Gerson Neves Pinto

Gerson Neves Pinto é graduado, mestre e doutor em Direito. Atualmente, é professor de Bioética da Unisinos.

Cresce o debate sobre a importância e, ao mesmo tempo, a preocupação com as nanotecnologias. Que elas farão parte, com muita intensidade, do futuro humano, não temos mais dúvidas, mas até que ponto as nanopartículas não se tornarão intrusivas em nossas vidas? Para Gerson Neves Pinto, professor de Bioética do Curso de Direito da Unisinos, nesse campo de pesquisa, dois aspectos importantes devem ser observados. O primeiro, esclarece, diz respeito às questões dos direitos do indivíduo à intimidade, que segundo ele, podem ser ameaçados pela “nanovigilância”.

Em segundo lugar, estão os problemas de ordem social. O professor destaca a possível perda de controle na produção de nanoprodutos, que podem gerar danos ao consumidor e ao meio ambiente. Assim, explica, “o Direito terá como função assegurar a dignidade da pessoa humana e encontrar o equilíbrio possível entre a liberdade de investigação científica e o respeito pelos direitos fundamentais do indivíduo”. As declarações fazem parte do artigo a seguir, concedido com exclusividade por Gerson à **IHU On-Line**.

Gerson Neves Pinto proferiu a palestra “O animal racional e as novas tecnologias”, na Unisinos, dia 31 de outubro de 2007, durante o III Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI: o admirável e o desafiador mundo das nanotecnologias, evento preparatório para o Simpósio Internacional Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e limites das nanotecnologias, que se realizará de 26 a 29 de maio de 2008, na Unisinos.

Sabemos o quanto Freud, no início do século XX, provocou a maior estupefação no meio médico de então, ao afirmar que a sexualidade infantil é algo constitutivo da neurose humana e que esta descoberta não deveria ser algo tão surpreendente e repulsiva, pois, na realidade, ele simplesmente estava recuperando aquilo que os gregos já sabiam há muito tempo e que está maravilhosamente narrado na tragédia de Sófocles, *Édipo Rei*: o destino inelutável do ser humano. Do mesmo modo, podemos imaginar que, nos dias de hoje, com o advento da nanotecnologia, estejamos, novamente, diante de uma nova irrupção daquilo que os gregos já haviam prefigurado: a “caixa de Pandora”, aquilo que simboliza, uma vez aberta, a causa das maiores catástrofes, pois nela se encontram todos os males da humanidade. Outros dirão que a nanotecnologia se constitui numa “caixa de Pandora” às avessas, pois seria a redenção do ser humano no que diz respeito aos segredos da vida e, sobretudo, a possibilidade de transcender o humano, enquanto mortal, atingindo assim, o pós-humano ou o pós-natural.

Seja como for, a nanotecnologia já é uma realidade e diz respeito a todos os setores da atividade humana: a medicina e os medicamentos, cosméticos (protetores solares), a indústria têxtil, automobilística e eletrônica, a robótica, a indústria bélica e militar. Enfim, a “caixa de Pandora” já foi aberta, para o bem ou para o mal. Isto é, a nanotecnologia está no nosso presente e estará, sem dúvida, no nosso futuro. O desafio agora é saber como devemos nos conduzir para uma adequada utilização destes descobrimentos e ter a consciência de que as nanotecnologias podem originar

problemas de ordem ambiental, socioeconômicos, éticos que, fundamentalmente, dizem respeito às liberdades individuais. É uma discussão, portanto, que transcende o plano meramente técnico e científico, dizendo respeito ao conjunto da sociedade que se vê frente à possibilidade de sofrer benefícios e malefícios.

O que a nanotecnologia traz de novo no século XXI é algo parecido com o que aconteceu no século XX com a genética: as técnicas inovadoras provenientes da genética deslocaram a fronteira entre a base natural indisponível e o chamado reino da liberdade, como afirmou o filósofo Habermas, em seu livro *O futuro da natureza humana*. A intervenção das tecnologias naquilo que até então era absolutamente natural ou por acaso (fecundação, gestação, mutações etc.) fez com que ocorresse uma ampliação do âmbito de intervenção do homem naquilo que era “natural”, modificando, assim, a estrutura geral de nossa experiência moral. Isto também é denominado de “deslocamento moral” por Ronald Dworkin, em seu livro *A virtude soberana*, como sendo uma crise dos valores de nossa tradição ético-moral ocidental para tratar e compreender melhor as questões e problemas trazidos pelas rápidas mudanças na ciência genética e as aplicações desta nos diagnósticos, prognósticos e terapias médicas. Este novo horizonte nos coloca frente a uma desafiante reformulação de problemas morais, jurídicos e políticos que o avanço destas novas tecnologias produzirá num futuro bem próximo. Destaca o autor que, diante de temas tão intensos, frente a inovações científicas que acarretaram mudanças, modificam-se os valores de um extremo para outro. Deste modo, um período de estabilidade moral foi substituído pela insegurança moral, o que faz com que alguns atribuam o termo “brincar de Deus” ao fato dos cientistas desvendarem elementos da ciência capazes de lhes conferir poder sobre a natureza. Deste modo, a ética, a moral e o direito, a partir deste novo quadro situacional, de novas tecnologias, precisam formular novos limites e proteção

jurídica na regulação, produção e utilização destes nanoproductos. Destaca-se, ainda, a necessidade de maiores informações aos consumidores destes produtos, a fim de que sua opção seja consciente e, para ilustrar, cita-se, como exemplo, o caso de alguns protetores solares, que hoje são nanoproductos. Contudo, os consumidores não têm conhecimento dos prováveis malefícios e possíveis danos futuros. Neste sentido, faz-se necessário uma legislação que discipline todos os aspectos que envolvem a pesquisa, utilização e comercialização destes nanoproductos. Na questão da legislação, temos um antecedente histórico parecido, no caso dos transgênicos: sabemos que a Europa dispõe de uma legislação eficaz acerca dos transgênicos, sendo que, no caso do Brasil, existe tal legislação, que não é efetivamente aplicada.

Os questionamentos pertinentes aos impactos da nanotecnologia na vida das pessoas, em especial nas questões que envolvem o direito, devem atentar para a definição de nanotecnologia dada pela Comissão das Comunidades Europeias (2004), como sendo “a ciência e a tecnologia à escala nanométrica dos átomos e das moléculas e os princípios científicos e as novas propriedades que podem ser compreendidos e controlados ao trabalhar neste domínio”. No caso da nanotecnologia, a Europa inicia um debate tentando delimitar estas questões, na Comissão acima aludida e na Convenção sobre os Direitos do Homem e a Biomedicina, firmada em abril de 1997. Temos dois eixos importantes a serem observados: em primeiro lugar, a questão dos direitos do indivíduo à intimidade, liberdade de expressão, os quais podem ser ameaçados pela “nanovigilância”. Em segundo lugar, os problemas de ordem social, tais como as possíveis contaminações, perda de controle na manipulação de nanoproductos e danos ao meio ambiente. O Direito, assim, terá como função assegurar a dignidade da pessoa humana e encontrar o equilíbrio possível entre a liberdade de investigação científica e o respeito aos direitos fundamentais do indivíduo.