

CENTRO DE ESTUDOS PARA UMA EDUCAÇÃO AMBIENTAL RENOVADA

Lucia Santaella

INTRODUÇÃO

O texto que se segue teve sua origem em uma experiência vivida nos anos 2002 a 2010. Nesse período ocupei o cargo de coordenadora científica de um projeto coletivo de pesquisa junto ao Centro de Pesquisa da Petrobrás (Cenpes). Esse projeto se enquadrava no setor de Geologia e Meio Ambiente e tinha como objeto a região amazônica.

Sem mencionarmos as mazelas das diferenças sociais e culturais, da miséria que ainda assola nosso país e dos escândalos de corrupção das mais diversas ordens, foram três as metonímias, partes pelo todo, que tornaram o Brasil conhecido no mundo: o café, o carnaval e o futebol. De uns anos para cá, entretanto, a Amazônia tem de longe suplantado esses elementos a ponto de podermos afirmar que os olhos do mundo estão hoje voltados para esse local do planeta.

No contexto dos dilemas ecológicos que hoje atingem uma escala planetária, o Brasil tem estado no centro não apenas da inquietação dos leigos por todo o mundo, mas também das preocupações dos ambientalistas internacionais. Afinal, no território desse país se encontra a Bacia Amazônica, nada mais nada menos do que um dos maiores tesouros ecológicos de inestimável valor para a sobrevivência do planeta.

O ecossistema amazônico hipercomplexo é realmente privilegiado. A espantosa biodiversidade da maior floresta tropical do mundo apresenta uma maravilhosa disposição para funcionar como um dos mais importantes reservatórios para a continuidade vital da biosfera. Não foi difícil imaginar que no

subsolo dessa potente biodiversidade houvesse petróleo. De fato, havia e, desde que esse petróleo foi encontrado, cruzaram-se os destinos da Amazônia e da Petrobrás. É bastante conhecido o fato de que a Petrobrás construiu um gasoduto na Amazônia Ocidental para o transporte de óleo cru da região de produção de Urucu ao terminal do rio nas proximidades de Coari, uma cidade situada na margem direita do Rio Solimões. Petroleiros, em seguida, enviam o óleo para outro terminal em Manaus.

Entre as estações seca e úmida, o nível da água muda dramaticamente no Rio Solimões, chegando a subir 14 metros. Esse caráter sazonal do clima amazônico dá origem a quatro cenários distintos no ciclo hidrológico anual: água baixa, água, água de alta recuando e água subindo.

Esses cenários constituem o enquadramento para a definição de planejamento de resposta a derrames de petróleo na região, já que floresta inundada e vegetação inundada são os ambientes mais sensíveis fluviais para derramamentos de óleo. A metodologia que era utilizada na Amazônia para avaliar o risco ambiental de derrames de petróleo incluía sistemas de informação geográfica, processamento de imagem de dados de sensoriamento remoto e de conversão cartográfica e geração de valor agregado do produto utilizando visualização 3D. Esses procedimentos eram realizados a fim de melhorar a análise de dados topográficos digitais e gerar mapas de sensibilidade para regiões fluviais do Rio Solimões.

Quando a metodologia National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) foi aplicada na região, revelou que os pontos de maior sensibilidade ambiental nos meses de cheias ocorrem em 57,60% da raiz de transporte fluvial de petróleo do Terminal de Solimões, em Coari, para o Terminal de Manaus.

Embora essa metodologia tenha fornecido informações cruciais sobre a sensibilidade ambiental de derramamento de óleo na Amazônia Ocidental, ela não foi capaz de nos dar uma compreensão mais refinada da variação sazonal do rio, que é representado por um arranjo complexo de canais que mudam com o tempo.

O ciclo hidrológico produz e elimina manchas enormes de floresta inundada, um tipo de paisagem que regula a distribuição espacial da flora e fauna, bem como os hábitos sociais das aldeias ribeirinhas. Essa teia de relações é progressiva, e abordagens evolutivas e convencionais não eram robustas o suficiente para lidar com a complexidade de padrões espaciais e temporais na planície aluvial do Rio Solimões. Por isso, uma abordagem científica mais ampla e complexa mostrou-se necessária. Disso nasceu o projeto de que tomei parte, sob o nome **Cognitus, novas ferramentas cognitivas para a Amazônia**. Os principais propósitos do projeto eram os seguintes:

- a) conceber uma metodologia científica inovadora para identificar os ecossistemas a serem prioritariamente protegidos na planície inundável do Solimões, na eventualidade de acidentes com derrame de óleo;
- b) desenvolver tecnologia inovadora para a coleta de dados;
- c) desenvolver interfaces humano-computador para responder às exigências de integração, visualização e interpretação de dados apresentadas pela complexidade ecológica da Amazônia;

- d) estabelecer bioindicadores e biomarcadores capazes de contemplar desde a escala de observação planetária (imagens de satélites) até a nanoescala (processos bioquímicos).

Depois de oito anos de execução, quando contava já com 46 pesquisadores, esse projeto foi abalroado pelo Pré-Sal, que retirou da Petrobrás o interesse prioritário na Amazônia. O projeto Cognitus foi então descontinuado da noite para o dia, e o que me restou da experiência foi a reflexão sobre as condições da biosfera e a busca por uma concepção da ecologia mais consciente e ética quanto ao processo evolutivo da presença humana na Terra. O texto a seguir nasceu dessa reflexão.

DIAGNÓSTICO DE QUESTÕES ECOLÓGICAS CRUCIAIS

Todo pensamento sobre o meio ambiente é inevitavelmente suportado por alguma concepção da natureza que, via de regra, tem base filosófica no cartesianismo. De acordo com essa doutrina, a natureza é uma matéria estranha à mente. De um lado, está a interioridade do sujeito, senhor do pensamento e do conhecimento; do outro lado, está a natureza, o exterior sólido e extenso. Essa dissociação entre interior e exterior, que deu suporte à filosofia durante séculos, acabou também por conduzir o modo como a ciência passou a conceber sua tarefa: esquadrihar a natureza e amoldá-la, domá-la por meio do conhecimento. Essa concepção casou-se à perfeição com a lógica industrial da conquista irrestrita e exploração muitas vezes predatória do mundo natural.

Desde o século XIX, a sociedade industrial está organizada segundo o modelo mecanoprodutivista do positivismo: progresso científico = progresso técnico = desenvolvimento econômico = progresso sociocultural. Tal modelo parece vestir como uma luva os interesses profundos do capitalismo que, longe do progresso linear preconizado tem, na realidade, colocado a humanidade diante de dilemas econômicos, demográficos, epidemiológicos, sociais, éticos e, sobretudo, ambientais.

Esses dilemas foram se intensificando no decorrer do século XX a ponto de ameaçar o equilíbrio ecológico e, conseqüentemente, a própria sobrevivência das espécies no planeta, inclusive a humana. Jean-Paul Deléage (2002, p. 120), físico e historiador das ciências, professor no departamento de Geografia na Universidade de Orléans, onde dirige o DEA 'Meio ambiente, tempos, espaços, sociedades', em artigo sobre os desafios da biosfera e biodiversidade, diz que temos de distinguir pelo menos quatro níveis de biodiversidade:

- a) o nível genético, que corresponde à diversidade dos genes no interior de uma espécie;
- b) o específico, que corresponde à diversidade das espécies propriamente ditas;
- c) o ecossistêmico, que corresponde à diversidade das interdependências próprias a cada ecossistema;

d) o biosférico, enfim, que corresponde à totalidade das espécies que vivem sobre o planeta.

Nos três últimos níveis (b, c, d) a biodiversidade sofre uma erosão extremamente brutal como efeito da destruição rápida e em grande escala dos meios de vida, como a floresta tropical. A erosão genética não é menos importante como resultado dos procedimentos de manipulação dos seres vivos – que conhece hoje um salto qualitativo com as novas técnicas de acoplamento de genes e fusão nuclear. Como consequência disso, fala-se não só sobre a passagem da agricultura para a molecultura, como também se fala sobre o fim da natureza.

Os trabalhos recentes, que se preocupam com a tradição evolucionária catastrofista na história da vida sobre a Terra, evocam, a propósito do desmoronamento atual da biodiversidade, a hipótese da sexta grande crise de extinção biológica da vida na Terra. Diante disso, sob o nome de Antropoceno, o novo período geológico do planeta, existe um consenso sobre a amplitude do fenômeno e sobre a exclusividade da responsabilidade do *Homo sapiens faber* como força geológica planetária. (STENGERS, 2015; SANTAELLA, 2015). De fato, as ameaças ecológicas mudaram de escala, tornaram-se mais planetárias que locais ou regionais, mais meteorológicas ou biológicas em suas bases e a angústia que acompanha tudo isso cresceu à altura. (PARIKKA, 2014). O ser humano civilizado das complexas sociedades contemporâneas tornou-se uma força geológica planetária suscetível de provocar tanto a destruição quanto um verdadeiro salto evolutivo no planeta. Os dados estão lançados.

VISÃO INGÊNUA DA NATUREZA COMO SANTUÁRIO INTOCÁVEL

Nesse contexto, as reações defensivas contra as ameaças iminentes levaram à consolidação da ecologia e do meio ambiente como campos do saber, e ações políticas foram se instaurando tendo em vista a proteção da biosfera. Entretanto, a concepção da natureza que suporta esse saber e essas ações é, via de regra, também cartesiana, colocando-se como o outro lado da moeda das tendências predatórias.

Embora aparentemente protecionista, a maior parte dos ecologistas ainda raciocina de acordo com a mesma lógica do esquema mecanoprodutivista, apenas invertendo a face da moeda. Por isso mesmo, para os mais radicais, a ciência e a tecnologia seriam a fonte de todos os males. Daí preconizarem o retorno a uma economia patriarcal pré-industrial, privilegiando uma vida monacal que suprima todos os produtos da tecnologia. Ecologistas desse tipo são tão perigosos para o meio ambiente quanto os predadores, pois conduzem a ecologia ao isolamento. Presas fáceis das seitas, acabam por dar razão às declarações dos técnicos imbuídos de cientificismo cego que gostam de acusar os ecologistas de retrógrados.

Radicalismos à parte, infelizmente, não há como negar que as ameaças ecológicas que pesam sobre o planeta induzem como resultado uma idealização coletiva da natureza. O que está faltando como via para a superação da perversidade destrutiva, de um lado, e do idealismo ingênuo, de outro, é uma visão

da realidade coevolutiva da natureza-humanidade e do papel mediador desempenhado pela ciência e tecnologia nessa dinâmica coevolutiva. (MAZLISH, 1993).

Muito longe das visões puristas da natureza que pretendem mantê-la em uma lata de conserva, desenvolvimentos científicos deram conta de evidenciar, acima de quaisquer controvérsias, que a natureza evoluiu sem o ser humano e que este é justamente fruto dessa mesma evolução. Esse processo evolucionário é, entretanto, ainda mais complexo. Ao emergir na natureza como ser pensante, o ser humano acabou por se tornar seu principal agente transformador. A marca especificamente humana está nas transformações que a humanidade imprime sobre a natureza, uma transformação que também se volta sobre si mesma: transformando a natureza, o ser humano transforma a própria natureza. Aí está o processo de coevolução indissolúvel entre o humano e a natureza.

PRINCÍPIO DA RESPONSABILIDADE

Não parece haver dúvida, contudo, de que essa coevolução se encontra hoje em estado de risco. Os ataques globais à biosfera (desde o relatório **Brundtland: Our common future**¹⁾) vêm colocando em perigo os mecanismos reguladores que comandam a perenidade da vida no planeta. A intensidade da irrupção da questão ambiental no palco da ciência é emblemática da propagação e da globalização da crise ecológica. A irreversibilidade e a aceleração do desaparecimento das espécies, bem como a forte inércia dos sistemas sociais e ecológicos, obrigam a uma tomada de decisão. É urgente, portanto, que comecemos a operar o princípio da responsabilidade proposto pelo filósofo Hans Jonas (1984), que se refere à responsabilidade ética na conscientização das relações de força que existem entre a humanidade e seu meio ambiente.

A ecologia social e política frente à questão do desenvolvimento durável tornou-se uma necessidade premente da qual a espécie humana não pode se safar. Para isso, o ser humano deve lançar mão de sua cria mais diletta, a tecnociência, pois ela faz a mediação mais fina entre o ser humano e a natureza. Há mais de um século, o matemático, cientista e filósofo norte-americano Charles Peirce, criador da moderna semiótica, declarou:

Por que o homem, um ser no qual o impulso natural está primeiro na sensação, depois na razão, depois na imaginação, então no desejo, então na ação, teve de parar na razão, como ele tem feito a 2.500 anos? Isso é inatural e não pode durar. O homem deve continuar para usar todos esses poderes e energias que lhe foram dadas, a fim de que ele possa imprimir a natureza com seu próprio intelecto, conversar com a natureza e não meramente ouvi-la. (1973, p. 13).

Se há um século tal declaração soava como um ideal ainda inalcançável, o impressionante desenvolvimento científico e tecnológico do último século nos fornece hoje evidências inegáveis de que o ser humano já está dotado e equipado dos meios necessários para conversar com a natureza. Como um eco hodierno a essa afirmação de Peirce, Michel Cassé, astrofísico que trabalha no Instituto

de Astrofísica de Paris, declarou que “vivemos agora no tempo abençoado em que a matéria fala”. (MORIN, 2002, p. 35). Isso quer dizer que os mais recentes conhecimentos já alcançados e aqueles que poderemos alcançar sobre a Terra, a vida e o ser humano nos acenam agora com a chance de a humanidade poder e dever se posicionar diante de seu destino.

TECNOCIÊNCIA E DIÁLOGO COM A NATUREZA

No final do século XX presenciamos um desenvolvimento considerável das técnicas de observação e manipulação dos átomos ou moléculas um a um, graças, por um lado, à invenção do microscópio de efeito de túnel e de seus derivados e, de outro, aos progressos da ótica quântica. A via está agora aberta ao estudo e à utilização de objetos físicos de tamanho muito reduzido, construídos átomo a átomo, e também ao estudo das propriedades da matéria biológica na escala da molécula, campo em plena revolução há alguns poucos anos.

Enfim, o ser humano dotou-se de próteses que lhe permitem, de um lado, perscrutar o céu pelo registro das ondas (rádio, infravermelhas, ultravioleta, X e gama). De outro lado, por meio da nanobiotecnologia, ele pode hoje penetrar e manipular a filigrana mais ínfima da matéria da vida. O invisível não apenas se tornou o visível mais próximo, mas também acessível a transformações imprimidas pela vontade e necessidade humanas.

À medida que amplia seu alcance, a ciência vai criando novos instrumentos, cada vez mais delicados e precisos, que lhe permitem penetrar no âmago do real, aprimorando os meios para o diálogo homem-natureza. Se a ecologia tem em mira as regras da mais fina adaptação do ser humano a seu meio de vida, podemos dizer que a tecnociência está hoje preparada para promulgar a coevolução mais harmoniosa entre homem-natureza, orientando as ações científicas e políticas rumo ao desenvolvimento sustentável. A evolução do conhecimento multiplica as possibilidades de escolhas tecnológicas e, assim, permite encontrar as tecnologias que se adaptam melhor às circunstâncias locais e gerais, ecológicas e humanas.

DESAFIOS PARA AÇÕES CIENTÍFICAS E POLÍTICAS RELEVANTES

Os desafios que se apresentam começam no inevitável dilema epistemológico. A filosofia dualista, que vem de Descartes, acompanhada da lógica clássica, da causalidade linear e da abordagem analítica, revela-se das mais limitadas. As noções de espaço, energia, tempo, matéria etc. foram questionadas no decorrer do século que passou. A energia pode tornar-se matéria, o tempo pode contrair-se, o espaço é curvo, a velocidade é relativa, o elétron torna-se uma onda ou uma partícula segundo o observador, o caos pode ser organizador, o universo não é permanente e nós não ocupamos seu centro. Devemos, portanto, forjar novas representações de mundo.

Fontes para isso podem ser buscadas na filosofia científica de Charles Sanders Peirce, criador da moderna semiótica, concebida como uma lógica extensiva que tem bases no princípio de que todo pensamento se dá em signos dos mais variados tipos, do que decorre que qualquer modo de acesso que o ser humano pode ter à realidade é mediado por signos. (SANTAELLA, 2016). Relevante para todos os campos das ciências, a semiótica se revela especialmente promissora aos estudos biológicos, geológicos e ambientais em geral. Ela nos permite perceber que a natureza também se estrutura como uma linguagem, pois os sinais que ela emite se configuram em sistemas dinâmicos complexamente codificados.

Mais relevantes são os fundamentos semióticos, quando se sabe que deles se extrai o conceito anticartesiano de sinequismo que, longe da oposição tradicional entre mente e matéria, propõe a continuidade entre esses dois polos da biosfera. Suportada pelas ferramentas da semiótica, essa continuidade pode ser perscrutada de modo a propiciar uma concepção da atividade científica como conversação e diálogo que o ser humano estabelece com a natureza bioecológica e sociocultural.

Outro desafio encontra-se na inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre um saber fragmentado em elementos desconjuntados e compartimentados nas disciplinas, de um lado, e, de outro, entre as realidades multidimensionais, transnacionais, planetárias e os problemas cada vez mais transversais, polidisciplinares e até mesmo transdisciplinares. As ciências, tal como se apresentam, só sabem separar, despedaçando o complexo do mundo em fragmentos desconjuntados e fracionando os problemas. Assim, quanto mais os problemas se tornam multidimensionais, maior a incapacidade para pensar a multidimensionalidade, quanto mais eles se tornam hipercomplexos, menos são pensados enquanto tais.

As condições atuais da biosfera desafiam todas as setorizações científicas, demonstrando a incapacidade das diferentes disciplinas, desde que simplesmente justapostas umas às outras, para tratar cientificamente o contexto global, híbrido e complexo da biosfera. Diante disso, proponho a seguir o esboço de estrutura para um Centro Interdisciplinar de Meio Ambiente, uma proposta que visa contribuir para renovar o pensamento sobre a educação ambiental.

PROPOSTA PARA A ESTRUTURAÇÃO DE UM CENTRO INTERDISCIPLINAR DE MEIO AMBIENTE (CIMA)

Em vez de pensar na mera justaposição de disciplinas desconectadas, esse Centro se estrutura na interpenetração dos grandes campos do saber que hoje se apresentam com potencial para responder aos desafios do presente em direção ao futuro. A topologia do Centro assemelha-se a uma caixa chinesa dinâmica de saberes mais gerais e abstratos que contêm em si saberes cada vez menos abstratos e mais empíricos.

Semiosfera e tecnoesfera

Envolvendo e, ao mesmo tempo, sustentando epistemologicamente todos os estudos, encontra-se o campo da semiosfera, entendida como a esfera que penetra cada canto da bioesfera, hidrosfera, atmosfera, incorporando todas as formas de comunicação: sons, cheiros, movimentos, cores, formas, campos elétricos, radiação térmica, ondas de todos os tipos, sinais químicos, toques e assim por diante. Enfim, a biosfera deve ser vista à luz da semiosfera e não o contrário, especialmente porque o conceito de semiosfera nos permite enxergar a impossibilidade de se separar a biosfera da tecnosfera, o que nos leva à compreensão do processo coevolutivo natureza-humanidade.

O conceito que sustenta essa visão ampla da semiosfera é o de semiose. À luz do conceito metafísico de sinequismo, que propõe uma continuidade graduada entre matéria e mente, a noção de semiose aparece como uma noção-síntese que integra em um mesmo tecido lógico as distintas substâncias do mundo físico, do ecobiológico, do tecnológico e do antropológico. Isso nos permite questionar o cartesianismo que ainda está implícito em quaisquer oposições entre fisio e biosfera, entre bio e semiosfera, entre fisio e semiosfera. Isso sem mencionarmos as arraigadas oposições entre essas esferas da natureza e a antroposfera, assim como as ferozes oposições entre ambas e a tecnosfera.

Longe das simples oposições, o conceito peirceano de semiose nos leva a entender as dessemelhanças entre essas esferas como diferenças de grau e não de essência, o que faz jus à afirmação peirceana de que o universo está permeado de signos, constituindo-se, portanto, em uma vasta semiosfera, preñhe de diferenciações, mas todas elas unidas pelos fios lógicos da semiose.

Geosfera, biosfera e antroposfera

A interpenetração indissolúvel dessas três esferas, sem que se perca a especificidade de cada uma, está baseada na unificação conceitual transdisciplinar da biologia, geologia e química em biogeoquímica para servir o estudo do conceito de biosfera. Tal conceito leva em consideração as interações recíprocas que unem seres vivos, o meio terrestre dos mesmos e a energia vinda do cosmos. Tendo como operador relacional central a energia geoquímica da vida na biosfera, nessa última a vida é pensada sob a forma de uma multiplicação permanente dos organismos mais diversos.

A geosfera, o conhecimento da Terra, necessita do recurso a todas as diversas partes que a constituem, ou seja, para compreender a Terra é preciso passar das partes ao todo e do todo às partes. É precisamente isso que é ilustrativo e exemplar, hoje, no campo da ciência. Para isso, quatro importantes grupos de ciência, cada qual polidisciplinar, devem ser mobilizados: as ciências da Terra, a ciência da evolução, a ecologia e a geografia humana, esta aqui pensada, em termos muito mais amplos, como antroposfera.

As ciências da Terra articulam-se umas às outras desde 1960 e permitiram demonstrar o quanto as disciplinas tornam-se fecundas quando se conectam em volta de um núcleo conceitual transformado em sistema evolutivo e autotransformador. As ciências da Terra desenvolvem a competência geofísico-

-química. A biosfera é uma entidade levada em conta pela ciência ecológica; componente da ecologia, a geografia humana passa a ser pensada também como parte da antroposfera. Esta, concebida à luz do conceito unificador de antropossemiose, permite uma visão conjugada das ciências humanas, fornecendo-nos os ferramentais conceituais necessários para pensar os processos coevolutivos entre o ser humano e a geobiosfera pela mediação da tecnosfera.

Enfim, as ciências da Terra revelam nosso modo de inserção no planeta e no seio da biosfera. As ciências biológicas permitem situarmo-nos na evolução da vida. No seio dessas complementaridades, a dominação absoluta da visão molecular na biologia deve ceder lugar a uma visão mais global dos seres vivos, ao mesmo tempo que o papel *sui-generis* desempenhado pela antroposfera é realçado pela camada tecnosférica que o ser humano gerou como mediação entre a semiosfera e as demais esferas.

O núcleo duro das pesquisas empíricas e experimentais: nanobiotecnologia, robótica avançada e laboratório cognitivo

Nanobiotecnologia

A nanobiotecnologia pode ser definida como um corpo de tecnologias na qual produtos e outros objetos são criados por meio da manipulação de átomos e moléculas. ‘Nano’ se refere à bilionésima parte do metro, que corresponde ao tamanho de cinco átomos de carbono. Apesar do enorme potencial de manipulação molecular e atômica para o desenvolvimento de novos produtos, o efetivo aproveitamento desse potencial só deve ser alcançado em curto prazo por meio da interface com o mundo macro proporcionada pela microtecnologia como supridora de ferramentas e infraestrutura. (RAMSDEN, 2011).

As pesquisas em nanobiotecnologias podem ser aplicadas ao desenvolvimento e capacitação em micro e nanotecnologias para a geração de inovações na área ambiental. Por exemplo, as empresas de petróleo enfrentarão, nas próximas décadas, desafios relativos à redução das reservas de petróleo e a crescente pressão pela utilização de energias limpas e da preservação da ecologia para atender à demanda ambiental.

Dentre as tecnologias com potencial para resolver os problemas impostos por esses desafios, a nanobiotecnologia, por sua abrangência e multidisciplinaridade, apresenta-se como possível resposta a essa e outras questões. A nanotecnologia pode ajudar a revolucionar a indústria de energia produzindo inovações como novas membranas para células de combustível, células solares fotossintéticas feitas de plástico, armazenadores de energia solar ou bactérias inteligentes. Outra aplicação potencial para a nanotecnologia envolve a utilização de pó de nanopartículas que podem ser utilizadas como aditivos em combustíveis e catalisadores para recuperação de energia.

Talvez o mais significativo desenvolvimento em tecnologia de nanomateriais esteja relacionado aos nanotubos. Materiais produzidos em nanotubos apresentam impressionante lista de atributos. Eles

podem se comportar como semicondutores, conduzir eletricidade melhor do que o cobre, transmitir calor melhor do que o diamante e estão entre os materiais mais fortes conhecidos.

Um dos campos mais desafiadores da nanotecnologia encontra-se no desenvolvimento de bionanossensores. O programa de pesquisa para isso envolve:

- o entendimento fundamental dos fenômenos de biossensoriamento em nanoescala;
- o projeto de fabricação de interfaces sensoras biologicamente ativas;
- o projeto de fabricação de estruturas transdutoras de estado sólido capazes de detectar simultaneamente múltiplas substâncias e processos biológicos: *chips* biossensores, *arrays* biossensores etc.;
- novas técnicas experimentais e ferramentas teóricas para o rápido desenvolvimento da tecnologia em bionanossensores;
- integração dos componentes biológicos, físicos (mecânico, óptico, acústico);
- componentes eletrônicos em sistemas biossensores multifuncionais: novas técnicas de imobilização, tecnologias de micro/nanofabricação de transdutores, sistemas microfluídicos, circuitos integrados para condicionamento e processamento de sinais, biossensores inteligentes e sistemas biossensores.

Robótica avançada

Os robôs constituem ferramentas para amparar os estudos que tentam compreender como funcionam a inteligência, a cognição e a adaptação ao ambiente em seres humanos e em animais.

Robôs podem apoiar o estudo de comportamento animal. Conseguimos, no estado atual, utilizar robótica como um modelo de determinados sistemas que envolvem seres vivos, e utilizá-los para testar e validar estes modelos. Ganhamos com isso maior compreensão sobre fenômenos observados nos animais. Outra faceta importante da pesquisa em robótica está voltada para a criação de sistemas robóticos humanoides, que possam desempenhar algumas das funções dos seres humanos e fazer a eles companhia.

Uma tendência presente em robótica avançada, e que deve ser reforçada pelo avanço no conhecimento em bio e nanotecnologia, é a criação de sistemas robóticos híbridos entre artificial/mecânico e vivos. Essa tendência já se apresentava em experimentos preliminares dos anos 1980 (como é o caso do robô-borboleta) e há avanços significativos obtidos na última década, como o controle de robôs com tecido neural vivo alimentado por sensores artificiais; o treinamento de uma cultura de células neurais para desempenhar funções em sistemas robóticos; o uso de músculos de animais como atuadores para robôs controlados por computadores; robôs que tiram sua energia de material orgânico, como vegetais em decomposição ou pequenos insetos, por meio da tecnologia de célula de combustível microbial. Esses avanços tecnológicos apontam no sentido de termos robôs cada vez mais autônomos e

capazes de se adaptar a ambientes cada vez mais diversificados, com competência para se autorreparar e regenerar e com autonomia operacional elevadíssima. (FLOREANO; NOLFI, 2000).

A necessidade de preservação do meio ambiente e a busca de modelos de desenvolvimento sustentável fazem com que busquemos entender cada vez mais a biosfera e seus ecossistemas para que consigamos medir os efeitos da atividade humana e regulá-la para evitar danos irreversíveis ao ambiente. Nesse contexto, percebemos que a compreensão que se tem sobre diversos ecossistemas, espécies e organismos ainda é de natureza taxonômica. Sabemos de sua existência, mas seus aspectos dinâmicos são pouco compreendidos. Para o caso de muitos organismos, nem mesmo a informação taxonômica é conhecida, pois grande parte dos seres vivos ainda é desconhecida pela ciência.

Um passo fundamental para compreendermos os aspectos dinâmicos é a coleta de dados nos ecossistemas de forma mais sistemática e abrangente. Os robôs podem ser uma ferramenta fundamental para viabilizar essa empreitada, porque podem permitir o monitoramento contínuo de determinados ambientes, carregando sensores que podem medir desde simples elementos físico-químicos, como pH da água de rios e lagos, temperatura do ambiente, direção e velocidade do vento, até parâmetros biológicos de medição mais difícil, como RNA de determinadas espécies (o projeto **Environmental Sample Processor**, por exemplo, do Monterey Bay Aquarium Research Institute, tem dispositivos especializados na detecção do RNA de algas tóxicas²).

As possibilidades e implicações do uso de robôs em monitoramento ambiental já são bem estudadas. Uma iniciativa que merece ser lembrada é o projeto Center for Embedded Network Sensing (CENS), um convênio firmado entre diversas universidades da Califórnia (UCLA, UCR, Caltech, USC, CSU, JPL, UC Merced)³ que realiza a instrumentação completa de áreas nos EUA, como a reserva James e San Jacinto, com redes de sensores e robôs. Nessa aplicação, dados sobre parâmetros que caracterizam microclimas e imagens estão sempre disponíveis em tempo real sobre o que acontece no *habitat*, e séries históricas das leituras dos diversos equipamentos de monitoração passam a figurar num repositório que pode ser usado *a posteriori* por cientistas em suas pesquisas.

Algumas das vantagens dos robôs para aplicações ambientais incluem a possibilidade de monitoramento contínuo sem intervenção humana e telepresença. Como aplicações deste último tipo podemos citar a empreitada da Rutgers University – Coastal Ocean Observation Lab [Rutgers], que envolveu a criação de robôs submarinos para o levantamento de curvas de parâmetros físico-químicos da água marinha como salinidade, pH e condutividade em função da profundidade e de sua posição (os robôs são equipados com GPS), e também uma das pesquisas do CENS, em que um robô autônomo na forma de um barco carregava alguns sensores em uma sonda, utilizando um algoritmo inspirado em mecanismos de rastreamento de substâncias químicas encontrados em bactérias para encontrar fontes de calor ou de substâncias químicas em lagos.

Fábrica cognitiva

A relação do ser humano com a realidade sempre foi mediada por algum tipo de técnica, sendo a primeira delas a própria fala e a capacidade manual para a produção de objetos. Todas as tecnologias

tornam mais complexa nossa visão de mundo. A escrita, a imprensa, o carro, os satélites, o telefone, o rádio e a televisão são tecnologias ou complexos tecnológicos que mudaram para sempre o modo de vida do ser humano no planeta. Hoje, no estágio em que estamos da segunda idade da internet, da realidade aumentada e da explosão da inteligência artificial, essas condições se exponenciaram.

De fato, quanto mais o universo sensorial e cognitivo foi se estendendo e se amplificando em tecnologias, mais o cérebro humano foi extrassomatizado e objetivado em cultura, fazendo crescer a complexidade do real que se adensa e se alarga cada vez mais: o mundo dos utensílios e objetos foi alargado pelas máquinas de extensão da força muscular humana. Estas foram alargadas nas máquinas replicadoras das experiências visuais e auditivas que, por sua vez, foram amplificadas nas máquinas que aumentam a capacidade do cérebro. Essas mesmas máquinas estão criando rebentos que realizam a façanha de aumentar a própria realidade, como é o caso do ciberespaço, da telepresença e RV.

A fábrica cognitiva do Cima teria por finalidade acompanhar *pari-passu* as transformações que as extensões sensoriais e mentais vão trazendo para a paisagem do mundo e para o potencial cognitivo da humanidade com aplicações especialmente voltadas para os processos de formação educacional sincronizados com os avanços cognitivos propiciados pelas tecnologias finas nas quais estamos atualmente mergulhados.

BIBLIOGRAFIA

CASSÉ, M. O cosmos: concepções e hipóteses. *In*: MORIN, E. (org.). **A religação dos saberes**: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 35-42.

DELÉAGE, J. P. Biosfera e biodiversidade: que desafios? *In*: MORIN, E. (org.). **A religação dos saberes**: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 118-124.

FLOREANO, D.; NOLFI, S. **Evolutionary robotics**: the biology, intelligence, and technology of self-organizing machines. Cambridge: MIT Press, 2000.

JONAS, H. **The imperative of responsibility**. In search of an ethics for the technological age. Chicago: The University of Chicago Press, 1984.

MAZLISH, B. **The fourth discontinuity**. The co-evolution of humans and machines. New Haven/London: Yale University Press, 1993.

PARIKKA, J. **The anthrobscene**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2014.

RAMSDEN, J. **Nanotechnology**: an introduction. Londres: Elsevier, 2011.

SANTAELLA, L. A grande aceleração & o campo comunicacional. **Intexto** [on-line], n. 34, p. 46-59, set./dez. 2015.

SANTAELLA, L. A relevância da semiótica para a construção do conhecimento. *In*: CARVALHO, P. de B.; BRITTO, L. G. de. (coord.). **Lógica e Direito**. São Paulo: Noeses, 2016, p. 77-102.

STENGERS, I. **No tempo das catástrofes**. São Paulo: Cosac Naify, 2015.

WIENER, P. P. (ed.). **Charles Peirce**: selected writings. Londres: Dover, 1973.

NOTAS EXPLICATIVAS

- 1 Disponível em: <http://www.kdp.org/initiatives/pdf/BrundtlandReport.pdf>. Acesso em: 21 out. 2019.
- 2 Disponível em: <https://www.mbari.org/technology/emerging-current-tools/instruments/environmental-sample-processor-esp/>. Acesso em: 21 out. 2019.
- 3 Disponível em: <http://auvac.org/people-organizations/view/386>. Acesso em: 21 out. 2019.

