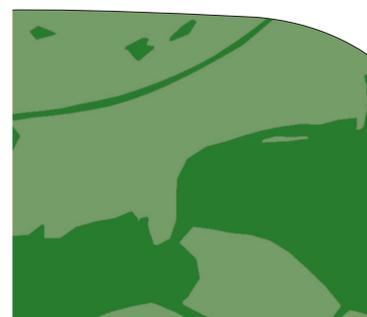


LUIZ ROBERTO G. BRITTO
MARCUS VINÍCIUS C. BALDO

Pensando o futuro da neurociência





**LUIZ ROBERTO
G. BRITTO e MARCUS
VINÍCIUS C. BALDO**
são professores do
Departamento de
Fisiologia e Biofísica
do Instituto de Ciências
Biomédicas da USP.

a

neurociência é, provavelmente, o melhor exemplo no meio científico da importância da abordagem multidisciplinar. Com pouco mais de três décadas de vida como área reconhecida, sendo resultado da associação de disciplinas tradicionais, como anatomia, histologia, bioquímica, fisiologia, farmacologia, neurologia e psiquiatria, a neurociência produziu nesse período um avanço científico inegável no conhecimento do sistema nervoso, em grande parte devido a avanços tecnológicos em disciplinas emergentes, como o imageamento, a biologia molecular e a nanotecnologia, entre outras. É interessante lembrar que muitos dos reconhecidos avanços na área ocorreram durante a chamada Década do Cérebro (1990-2000), assim designada pelo Congresso norte-americano, mas que se tornou uma iniciativa internacional, resultando em maior divulgação, visibilidade, estímulo e, em alguns casos, maior aporte de recursos para pesquisas sobre o sistema nervoso central.

No Brasil o avanço nessa área de pesquisa seguiu essa tendência mundial, sendo notório que ela foi uma das áreas do conhecimento que mais geraram publicações científicas nos últimos anos, contribuindo decisivamente para o desempenho nacional no campo científico. O elevado percentual de comunicações sobre o sistema nervoso em grandes congressos, como o da Federação de Sociedades de Biologia Experimental (FeSBE), é também um indicador do avanço da neurociência. Não há dúvida de que esse progresso continuará nas próximas décadas, não só em direção ao conhecimento da organização funcional do cérebro normal, que ainda é parcial, mas também em relação à cura de distúrbios neurológicos e psiquiátricos, muitos ainda de difícil abordagem terapêutica. Esses dois aspectos estão claramente relacionados a alguns dos avanços que se podem projetar para as próximas décadas, e que são plenamente justificados. Por exemplo,

estimativas da OMS indicam que mais de 5% dos indivíduos com idade superior a 65 anos desenvolvem a doença de Alzheimer (DA), o mais prevalente tipo de demência, causada por uma degeneração progressiva de múltiplos circuitos corticais. Em países em desenvolvimento, como o Brasil, a expectativa de vida aumenta rapidamente. O envelhecimento de nossa população faz com que, em uma projeção aproximada, 100 mil brasileiros passem a manifestar a DA anualmente. Além disso, centenas de milhões de pessoas são afetadas, todos os anos, por outros distúrbios do sistema nervoso, como a doença de Parkinson, epilepsias, tumores, processos isquêmicos, esquizofrenia, autismo e vários outros. Além desse fator, de interesse mais aplicado, há evidentemente um grande interesse nas funções do cérebro *per se*, já que este órgão não só é o mais complexo de todos no corpo humano, mas também é considerado por muitos como uma das últimas fronteiras na ciência em geral.

A biologia molecular tem ajudado muito a construir uma das frentes em que a neurociência claramente evoluirá nas próximas décadas pelo esclarecimento, cada dia mais amplo, da estrutura molecular do cérebro. As investigações, cada vez mais profundas, de genômica e proteômica no sistema nervoso prometem um retorno excepcional em um tempo relativamente curto. Esses progressos, aliados à contribuição da biologia molecular à neurofarmacologia e ao desenvolvimento de medicamentos cada vez mais específicos e com menos contra-indicações, têm gerado perspectivas cada vez mais animadoras em relação às neuropatologias. Essas análises já possibilitaram antever tratamentos para a doença de Huntington, um distúrbio motor altamente incapacitante, distrofias musculares e mesmo para as doenças de Parkinson e Alzheimer. Por exemplo, a terapia gênica é uma possibilidade bastante viável para as próximas décadas, uma vez que já foram desenvolvidos diversos métodos para garantir o acesso de genes a estruturas cerebrais, tanto empregando vírus como outras metodologias, como as que se valem de lipossomas e nanomateriais. Na



doença de Parkinson, alguns dos genes-alvo mais visados são os que envolvem a tirosina-hidroxilase, enzima limitante da síntese de dopamina, e a descarboxilase de aminoácidos aromáticos, que também participa da síntese desse neurotransmissor, cujos níveis são muito reduzidos naquela doença pela morte de neurônios da substância negra do tronco encefálico. Por outro lado, o direcionamento de genes a outras estruturas integrantes dos núcleos da base, como o núcleo subtalâmico, envolve principalmente a enzima descarboxilase do ácido glutâmico, fundamental para a síntese do ácido gama-aminobutírico (Gaba), reconhecido fundamentalmente um neurotransmissor inibitório fundamental nas operações que envolvem os circuitos motores nos núcleos da base. Esse aumento da atividade inibitória, gerado por terapia gênica, corrige boa parte dos problemas motores associados à doença de Parkinson em primatas, funcionando de maneira análoga à estimulação elétrica do núcleo subtalâmico, mas, ao contrário desta, promete ser um tratamento de longo prazo. Da mesma forma, genes ligados à produção de fatores neurotróficos, como o fator de crescimento neural e fatores derivados de células gliais, também têm sido alvos de terapia gênica experimental, já que esses fatores são fundamentais para manter e eventualmente reparar circuitos neurais danificados por diferentes processos patológicos. Há tentativas nessa direção não só na doença de Parkinson, mas também na doença de Alzheimer e em várias outras neuropatologias.

No caso da doença de Alzheimer, o fator de crescimento neural, o primeiro dos fatores neurotróficos a ser caracterizado, parece um alvo especialmente importante, já que ele é encontrado em muitos neurônios colinérgicos, que são afetados diretamente naquela doença. A transferência dos genes que codificam a enzima de síntese da acetilcolina e o fator de crescimento neural tem se mostrado eficaz em modelos animais de Alzheimer como modo de recuperar as funções ligadas ao aprendizado, memória e atenção. Uma outra vertente muito promissora que emergiu dos avanços da bio-

logia molecular envolve o chamado RNA de interferência, que pode silenciar genes em nível pós-transcricional, e que também ainda está sendo avaliado no que diz respeito a sua acessibilidade ao tecido neural. Potencialmente, entretanto, essa ferramenta representa uma manobra que poderá ser, no futuro, fundamental para a correção de funções neurais dependentes de alterações na expressão de genes particulares e das proteínas que eles codificam.

Esse conjunto de resultados e avanços nas áreas da genômica e proteômica claramente indica a possibilidade de que estratégias como essas possivelmente estejam sendo testadas em humanos em futuro próximo e, em não muito mais de duas décadas, aplicadas ao tratamento de doenças neurodegenerativas. É interessante mencionar que, no futuro, novas questões éticas surgirão da possibilidade de manipulação de genes expressos no sistema nervoso, já que existem experimentos com animais que sugerem a possibilidade de alteração do comportamento social e cognição por terapia gênica envolvendo o sistema límbico.

As células-tronco prometem constituir-se em um grande aliado na luta contra as neuropatologias. Um exemplo claro dessa possibilidade está na modificação genética de células-tronco para produzir agentes que podem corrigir a redução da resposta imune em gliomas, uma das mais letais formas de tumores que podem afetar o cérebro, e que hoje pode apenas ser tratada com cirurgia associada à quimioterapia ou radioterapia. No entanto, a correção cirúrgica não impede a ocorrência de metástases produzidas por grupos de células gliais que se desgarram e invadem áreas distantes do tumor principal, o que em parte justifica a sobrevida frequentemente encurtada, de apenas um ano após o diagnóstico inicial. As células-tronco modificadas geneticamente têm a incrível capacidade de migrar aos locais onde as células tumorais estiverem, produzindo um efeito geral e persistente, já que testes iniciais mostraram que camundongos tratados dessa forma desenvolveram imunidade contra aqueles tumores por ao menos quatro

meses após a injeção de células-tronco modificadas. A possibilidade de se usar células-tronco em gliomas humanos é claramente uma das mais excitantes perspectivas para as próximas décadas, já que, além da possibilidade de manipulação genética, aquelas células parecem ser “invisíveis” ao sistema imune do recipiente e, portanto, podem não passar pelo processo de rejeição.

Essas células sugerem perspectivas muito importantes em várias outras áreas da neurociência, como no tratamento da doença de Parkinson, onde elas são alvo de muitas investigações científicas que têm demonstrado que células da medula óssea podem potencialmente contribuir, uma vez implantadas no sistema nervoso, para literalmente repor os circuitos dopaminérgicos. Apesar do entusiasmo na área, ainda não há resultados consistentes e definitivos sobre a possibilidade de células-tronco virem a constituir a melhor resposta para o tratamento da doença de Parkinson, mas se antecipa que essa resposta será conhecida nos próximos 10 ou 15 anos. Da mesma maneira, não há ainda respostas claras à possibilidade de tratamento da doença de Alzheimer com células-tronco. No entanto, há intensa pesquisa com células embrionárias de origem neural e da medula óssea em modelos animais da doença que sugerem a sua diferenciação em neurônios e uma redução das deficiências cognitivas produzidas por lesões de neurônios colinérgicos do prosencéfalo basal. Da mesma forma, é possível que nas próximas duas décadas haja avanços consistentes na possibilidade de reposição de neurônios, mortos em decorrência da epilepsia do lobo temporal, com células-tronco injetadas e células progenitoras neurais que poderiam ser ativadas no próprio paciente. A utilização dessas células na prevenção da cronicização do processo epiléptico seria uma consequência natural dessas investigações.

A questão do uso multidisciplinar da nanotecnologia emerge também como uma grande possibilidade de avanços neurocientíficos no futuro próximo. Essa possibilidade, que está sendo avaliada em laboratórios localizados em vários lugares

do mundo, é especialmente interessante para contornar o problema de se atingir o tecido neural, uma vez que a barreira hematoencefálica, importantíssima na proteção do tecido neural, representa um obstáculo natural à passagem de medicamentos destinados a correções de distúrbios da função nervosa. Nanopartículas contendo agentes terapêuticos têm o potencial de atravessar a barreira hematoencefálica e, assim, de permitir o acesso dos medicamentos ao tecido neural afetado por determinados distúrbios. Essas partículas, que podem ser compostas de diversos materiais, como, por exemplo, lipídeos, sílica e óxido de ferro, podem também ser usadas como ferramentas para a localização altamente precisa de processos patológicos cerebrais. Nesse sentido, elas podem ser marcadas com agentes que as tornam reconhecidas por processos tumorais, por exemplo, uma abordagem que poderá no futuro ser usada mesmo para outros tipos de manipulação que não envolvam neoplasias, desde que a especificidade química de um sistema neural seja conhecida. As nanopartículas marcadas, de tamanho tipicamente por volta de 10-20 nanômetros, podem então se ligar apenas a células tumorais, propiciando não só a sua localização precisa por ressonância magnética funcional, mas também sua destruição seletiva, desde que as nanopartículas tenham também em sua superfície algum agente que possa então ser ativado por fotocatalise. Alternativamente, as partículas podem conter metais, como o lutécio, que pode, em circunstâncias controladas, gerar uma radioterapia altamente localizada, sem as contra-indicações da radioterapia convencional. Há questões ainda não resolvidas sobre o efeito que algumas dessas nanopartículas podem ter na função neural, razão pela qual ainda não há protocolos aprovados para teste em humanos. Não há dúvida, entretanto, de que essa é uma fronteira promissora e alentadora para os portadores de doenças neurológicas, já que a nanotecnologia pode também propiciar avanços nas áreas de neuroproteção e neuroregeneração. Por exemplo, nanopartículas podem veicular materiais que podem

ser importantes para crescimento dendrítico e axônico pós-lesão, contribuindo para restabelecer funções neurais alteradas por diferentes processos lesivos.

Na busca incessante de tratamentos eficazes em muitas frentes para as disfunções cerebrais, outra abordagem que guarda promessa potencialmente revolucionária para os próximos anos ou décadas é o que se conhece por “interface cérebro-máquina” (ICM). Uma ICM é nada mais que uma via de comunicação entre uma parte do cérebro e um circuito eletrônico capaz de receber ou enviar informação para o tecido neural. Desse conceito simples verte-se uma imensa complexidade, capaz de tornar realidade, em um futuro surpreendentemente próximo, a mais ficcional e hollywoodiana invenção científica. Eletrodos invasivos (em contato íntimo com o tecido neural) ou não-invasivos (localizados externamente ao crânio) são capazes de registrar a atividade elétrica gerada por muitos neurônios simultaneamente. Esse registro é enviado para um circuito eletrônico dedicado (ou a um computador) que, de acordo com um algoritmo (“receita”) matemático, decodifica o sinal, transformando-o em um comando específico. Matt Nagle, um jovem de 25 anos, tornou-se tetraplégico aos 21 após sofrer uma lesão em sua medula cervical. Agora, voluntário em um estudo desenvolvido por Hochberg e colaboradores, Nagle foi capaz de mover intencionalmente um cursor, na tela de um monitor de vídeo, a partir da atividade neuronal registrada por uma matriz de 96 eletrodos implantados em seu córtex motor primário. A realização daquele grupo é a mais bem-sucedida concretização de uma prótese neuromotora até agora reportada em humanos, e um exemplo particularmente empolgante de ICM.

A história das interfaces cérebro-máquina teve seu início em meados do século XX, sendo que a primeira e mais antiga ICM de sucesso é o implante coclear. Mais de 100 mil indivíduos portadores de surdez severa já se beneficiaram, em todo o mundo, de implantes cocleares. Nesse caso, em vez de a atividade neural ser convertida em um comando motor, como nas próteses neuro-

motoras, estímulos sensoriais (nesse caso sonoros) são captados por um microfone, codificados por um circuito processador de voz, e transmitidos a eletrodos que, no ouvido interno, estimulam eletricamente a cóclea (estrutura normalmente responsável pela transformação de vibrações sonoras em impulsos nervosos). Essa transformação é realizada, nesses pacientes, pela ICM representada pelo implante coclear. Como essa codificação artificial da estimulação sonora não se realiza da mesma forma que aquela usualmente efetuada por uma cóclea fisiologicamente normal, a percepção auditiva pós-implante é inicialmente de baixa qualidade. No entanto, graças à enorme plasticidade do sistema nervoso (tanto mais plástico quanto mais jovem o indivíduo), um reaprendizado auditivo se incumbe de, gradualmente, restituir parcial ou totalmente a detecção e compreensão da fala. Para o futuro, espera-se que um sucesso equivalente ao dos implantes cocleares seja obtido em implantes de retina. A estimulação próstética de células retinianas, por meio de eletrodos que transmitiriam uma “imagem” codificada em sinais elétricos, ainda se encontra em fase experimental. Essa abordagem constitui-se, no entanto, como um dos mais promissores recursos terapêuticos para milhares de deficientes visuais vitimados, especialmente, por degeneração macular ou retinite pigmentosa, principais causas de cegueira em todo o mundo.

No entanto, ainda muito tem de ser conquistado antes que os recursos oferecidos por uma ICM possam remeter à total normalidade as vidas de milhões de pessoas afligidas por déficits sensoriais ou motores. Mas quando uma ICM permitirá que um deficiente visual ou auditivo possa contemplar uma paisagem ou uma melodia em sua plenitude? Ou um tetraplégico, ao planejar um movimento, possa deslocar não um simples cursor na tela do computador, mas um membro que execute, de forma funcional e harmoniosa, o movimento desejado? Dentre os desafios mais prementes que ainda precisam ser enfrentados estão a miniaturização e a portabilidade da interfa-



ce, a abolição dos fios, o aprimoramento nos algoritmos de codificação e decodificação neural e, no caso das próteses neuromotoras, que se vislumbre o método mais adequado de se fechar a alça sensorio-motora. Por “fechar a alça” entenda-se um mecanismo reconhecido como elemento essencial e definidor do funcionamento do sistema nervoso: aquele em que o resultado de uma ação executada pelo sistema nervoso (um movimento, por exemplo) é detectado por receptores sensoriais e retransmitido ao sistema nervoso, capaz, agora, de seguir reajustando e otimizando a programação daquela ação em tempo real. Para que isso possa ser implementado em uma prótese neuromotora, os movimentos de um membro robótico subordinado a uma ICM precisam ser de alguma forma detectados, codificados e enviados de volta aos circuitos neurais que os geraram (de forma semelhante à codificação sonora que é realizada por um implante coclear).

À parte as limitações tecnológicas, que não impõem barreiras conceituais intransponíveis, podemos imaginar que interfaces conectando diferentes tipos de máquinas ao cérebro humano poderão ser elementos banais da vida cotidiana em um futuro talvez não muito distante. Mas, se enxertos prostéticos, baseados em silício, aos poucos puderem substituir, quando necessário, uma extensão significativa de tecido neural, podemos nos perguntar a partir de que momento, e por quais mecanismos, esse emaranhado de “neurochips” irá contribuir para a emergência de nossas percepções e de nossos sentimentos, em suma, de nossa consciência. De fato, uma questão anterior é “se” isso sequer chegaria a acontecer. Embora questões como essas possam parecer apenas o exercício ocioso de neurocientistas desocupados, sua essência remonta aos tempos em que a moderna computação eletrônica estava sendo concebida. Em 1950, Alan Turing (1912-54), considerado o pai da ciência da computação, publicou um artigo na revista *Mind* que se inicia com a seguinte frase: “*I propose to consider the question, ‘Can machines think?’*”. Nesse artigo seminal,

Turing oferece um critério, desde então denominado “teste de Turing”, para que se possa definir quando uma máquina (mais provavelmente um computador) é capaz de pensar ou, sob certas interpretações, expressar algum tipo de consciência.

Em essência, o teste de Turing propõe que devemos considerar um computador como dotado de alguma consciência quando, em um diálogo suficientemente longo, tanto com a máquina sob teste, quanto com um ser humano, não pudermos distinguir os interlocutores, tornando-nos incapazes, portanto, de indicar com certeza qual deles é a máquina e qual é humano. Muito debatido nesses últimos 50 anos, e conduzindo a inúmeros desdobramentos conceituais, o teste de Turing tem sido implementado sob diferentes condições em diversas partes do mundo. Um dos mais famosos, The Loebner Prize, acontece anualmente, oferecendo um prêmio de 25 mil dólares para o desafiante cujo computador passe em um teste de Turing baseado em diálogos por texto apenas. Um prêmio de 100 mil dólares é reservado para a máquina que se pareça humana em interações que incluam textos, imagens e sons. Oferecidos desde 1990, nenhum desses dois prêmios principais foi até hoje conquistado.

A questão levantada por Turing permeia uma das mais fundamentais perguntas da neurociência: *o que é consciência?* De natureza quase metafísica, essa pergunta transcende a própria neurociência e sua filosofia, e alcança importância prática na medida em que abrange aspectos de implicação clínica, ética e, com o futuro batendo à nossa porta, talvez até mesmo social. Afinal, de que forma deveremos interagir com um membro de nossa família, um amigo ou um transeunte que poderá exibir não somente pernas ou olhos artificiais, mas cujas sensações, movimentos e mesmo memórias e emoções sejam o produto, ainda que parcialmente, de circuitos eletrônicos que se integraram ou tomaram o lugar de uma região de seu cérebro?

Há pouco mais de 10 anos, em plena Década do Cérebro, assistimos à retomada da discussão neurocientífica sobre os

múltiplos aspectos da consciência. Essa discussão fora, por muitos anos, expatriada da ciência dominante por ser considerada como estéril, desprovida de conteúdo empírico. Atualmente, ainda na infância de seu renascimento, os esforços que se somam na busca de respostas para os mistérios da consciência convergem a partir de diversas áreas do conhecimento (neurofisiologia, neuropsicologia, morfologia, computação, filosofia, matemática, neurologia, física, e ainda outras) e também de diferentes métodos de abordagem (eletrofisiologia, psicofísica, neuroimagem, etologia, modelagem matemática e outros mais).

Quanto ao prisma conceitual com que o problema da consciência precisa ser abordado, parece não haver dúvidas de que deve ser multidisciplinar. René Descartes (1596-1650), um dos primeiros pensadores a se debruçar sobre a natureza da consciência, já buscava na anatomia do sistema nervoso o substrato corpóreo (*res extensa*) de onde emergiria a consciência, produto imaterial e essencial da mente humana (*res cogitans*). Ainda que abandonemos o dualismo cartesiano em favor de um monismo anátomo-funcional, enfrentamos o mesmo desafio de explicar, a partir da estrutura do sistema nervoso, os mecanismos fisiológicos que dão origem à percepção, à memória, à atenção, e que são ingredientes ou facetas daquilo a que chamamos *consciência*. Esse desafio depende não só de descobertas empíricas oriundas da morfologia e da fisiologia do sistema nervoso, mas também de um esforço conceitual que possa integrar em um quadro harmonioso a enorme complexidade dos processos que caracterizam a atividade neural. Isso só será possível, em um futuro ainda incerto, com o auxílio de modelos teóricos (provavelmente matemáticos ou computacionais) que permitam uma visão unificada de resultados experimentais díspares e fragmentados. Na mesma direção, resultados empíricos e modelos teóricos deverão responder, satisfatoriamente, a questões de natureza filosófica que afligem o pensamento humano desde Descartes, ou antes dele. Não é à toa que, em junho último, durante o congresso anual da Associação

para o Estudo Científico da Consciência (ASSC, na sigla em inglês), como tem acontecido desde o primeiro encontro ocorrido há 10 anos, reuniram-se fisiologistas, psicólogos, matemáticos, filósofos, neurologistas, físicos e cientistas de outras áreas ainda, com o intuito de esboçar alguma resposta às muitas perguntas que se ocultam sob o véu de uma única palavra.

Dentre as diversas técnicas que temos disponíveis para abordar as funções cognitivas mais elaboradas (e, talvez, a consciência), algumas são bastante antigas, e ainda preciosas, tais como os métodos próprios da neuropsicologia. Outras, como os métodos de neuroimagem, despontam como uma poderosa ferramenta não-invasiva de observação anatômica e funcional do sistema nervoso. Embora a euforia em torno de um método de investigação possa muitas vezes levar a descuidos ardilosos e conclusões precipitadas, é inegável a importância clínica e científica que as técnicas de neuroimagem vêm progressivamente assumindo, representando um meio não só de vislumbrarmos a anatomia do cérebro com milimétrica resolução espacial, mas também de flagrarmos seu funcionamento com precisão temporal cada vez maior. E não somente durante procedimentos diagnósticos realizados em pacientes comatosos, sedados ou em repouso passivo, mas também em experimentos cuidadosamente planejados, perscrutando o cérebro de voluntários engajados em ativas e complexas tarefas perceptuais e cognitivas.

A atividade neuronal baseia-se em processos eletroquímicos, os quais conduzem à geração de campos elétricos e magnéticos, além de alterações do microambiente neural, tais como variações do fluxo sanguíneo local. Diferentes métodos complementam-se na detecção dessas variáveis, como, por exemplo, a eletroencefalografia (EEG), destinada à mensuração de campos elétricos, a magnetoencefalografia (MEG), capaz de captar oscilações de campos magnéticos, e a ressonância magnética nuclear (NMRI), que pode ser utilizada para revelar a atividade neural indiretamente a partir de flutuações hemodinâmicas (fMRI). As perspectivas são

bastante promissoras quanto ao poder não só de cada uma dessas técnicas isoladamente, mas, principalmente, da possibilidade de utilizá-las em procedimentos acoplados, quando um mesmo indivíduo realiza uma mesma tarefa sob o escrutínio simultâneo de dois ou mais métodos de mensuração. Por exemplo, enquanto um voluntário executa uma tarefa cognitiva, planejada e analisada por métodos psicofísicos, sua atividade neural é registrada tanto por eletrodos que captam as oscilações eletroencefalográficas quanto por um *scanner* que, por meio da ressonância magnética nuclear, detecta variações locais no fluxo sanguíneo cerebral. A combinação desses métodos ainda é, atualmente, comprometida por dificuldades de ordem técnica (por exemplo, a enorme interferência dos pulsos de radiofrequência, utilizados na geração dos sinais de fMRI, pode obscurecer completamente os sinais de EEG). Um futuro provavelmente próximo guarda o aprimoramento dessa técnica, permitindo a coleta de medidas comportamentais relacionadas à execução de uma dada tarefa cognitiva (psicofísica) aliada à

observação da atividade neural subjacente, por sua vez registrada simultaneamente com grande resolução espacial (fMRI) e temporal (EEG).

Em síntese, podemos perceber que são dois os principais desafios da neurociência atual. De um lado, pragmático e aplicado, há pressa em se arquitetarem recursos terapêuticos que curem ou amenizem o sofrimento daqueles, talvez todos nós, que padecem de alguma disfunção do sistema nervoso (de uma cegueira congênita a um traumatismo na juventude, a alterações de humor na maturidade, às degenerações da velhice). De outro lado, conceitual e indissociável da ciência básica, jaz o desafio de compreendermos o sistema nervoso em sua plenitude (seu passado evolutivo, sua presente complexidade funcional, e a natureza do processo consciente que dele parece surgir tão misteriosamente). Vemos, portanto, que são ao menos dois os Golias que temos de enfrentar. No entanto, Davi já desce desperto de seu berço e, com a curiosidade das crianças, observa atento as pedras do caminho.

BIBLIOGRAFIA

- GREENFIELD, S. A. "Biotechnology, the Brain and the Future", in *Trends Biotechnol.*, 23, 2005, pp. 34-41.
- PROUDFOOT, D. "The Turing Test: the Elusive Standard of Artificial Intelligence", in *Philosophical Psychology*, 19, 2006, pp. 261-5 (*book review*).
- SCOTT, S. H. "Converting Thoughts Into Actions", in *Nature*, 442, 2006, pp. 141-2.
- SEARLE, J. R. "Consciousness", in *Annual Review of Neuroscience*, 23, 2000, pp. 557-78.
- SILVA, G. A. "Neuroscience Nanotechnology: Progress, Opportunities and Challenges", in *Nature Rev. Neurosci.*, 7, 2006, pp. 65-74.
- SINGH, N.; PILLAY, V. & CHOONARA, Y. E. "Advances in the Treatment of Parkinson's Disease", in *Prog. Neurobiol.*, 81, 2007, pp. 29-44.
- TUSZYNSKI, M. H. & BLESCH, A. "Nerve Growth Factor: from Animal Models of Cholinergic Neuronal Degeneration to Gene Therapy, in Alzheimer's Disease", in *Prog. Brain Res.*, 146, 2004, pp. 441-9.
-