

# Mapeamento do cérebro: uma questão ética?#

## *Mapping the brain: an ethical issue?*

Andrea Vicini\*

**RESUMO:** Em abril de 2013, o Presidente Obama lançou a chamada “*BRAIN Initiative*” (*Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies*, isto é, pesquisa sobre o cérebro por meio do avanço de neurotecnologias inovadoras). O objetivo desse gigantesco projeto de pesquisa científica é o de descobrir como o cérebro funciona. Esse projeto depende do desenvolvimento tecnológico em cinco áreas: nanotecnologia, bioeletrônica, genética, biologia sintética e tecnologias avançadas de informática. O objetivo final da BRAIN é o desenvolvimento de diagnósticos e tratamentos de múltiplas doenças cerebrais. Esse artigo discute eticamente o plano científico da BRAIN e enfatiza a necessidade de aprofundar suas implicações éticas, legais e sociais. Particularmente, o envolvimento da agência federal de pesquisa (DARPA – *Defense Advanced Research Projects Agency*) destacou que a agência tem um duplo objetivo ao financiar a BRAIN: primeiro, desenvolver neurotecnologia para promover a saúde humana; segundo, para fins militares, a fim de proporcionar vantagem para os soldados no campo de batalha. Além disso, os pesquisadores devem evitar qualquer tipo de reducionismo por meio de uma simplória identificação entre cérebro (funcionamento do cérebro) e mente (as múltiplas funções mentais).

**PALAVRAS-CHAVE:** Neurociências. Pesquisa. Encefalopatias.

**ABSTRACT:** In April 2013, President Obama launched the “*BRAIN Initiative*” to promote “*Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies*.” This “big science” research project aims at uncovering how the brain works. It relies on technological developments in five disciplines: nanotechnology, bioelectronics, genetics, synthetic biology, and computational advanced technologies. BRAIN’s ultimate goal is to develop diagnostics and treatments for multiple brain disorders. The essay discusses ethically the scientific layout of the Initiative and stresses the need to study further its ethical, legal, and social implications. In particular, the involvement of one federal research agency – the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) – highlights the agency’s dual-purpose in funding BRAIN: to develop neurotechnology, first, for promoting human health; second, for warfare purposes, to give fighters an advantage on the battlefield. Moreover, researchers should avoid any reductionism by naively identifying “brain” (i.e., brain functioning) and “mind” (i.e., the multiple mental functions).

**KEYWORDS:** Neurosciences. Research. Brain Disorders.

## INTRODUÇÃO

Em 2 de abril de 2013, o Presidente Barak Obama anunciou a BRAIN para promover “pesquisas sobre o cérebro por meio do avanço de neurotecnologias inovadoras”, como a sigla em inglês indica<sup>1</sup>. Em sua carta de 1º de julho para a Comissão Presidencial para o Estudo de Questões de Bioética (PCSB – *Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues*), Obama afirmou que “o desenvolvimento neurocientífico tem grande potencial para ajudar indivíduos e sociedade”<sup>2</sup>. Particularmente, BRAIN visa, em primeiro lugar, “proporcionar uma melhor visualização do cérebro e entender como ele funciona”, especificamente no caso da “memória e do aprendizado”; o segundo objetivo é descobrir “novas formas de tratamento e prevenção de desordens cerebrais, incluindo aquelas que são causadas por doenças e traumatismos cranianos”. Entre as desordens cerebrais estão o Alzheimer e outras doenças degenerativas, a epilepsia, a esquizofrenia, a depressão, os distúrbios de

personalidade e o traumatismo craniano. Essas desordens são exemplos impressionantes do nosso limitado conhecimento sobre o que acontece em nosso cérebro, das nossas imprecisas habilidades diagnósticas e da nossa insuficiente capacidade de tratar e curar.

BRAIN é, ao mesmo tempo, um ambicioso projeto e uma necessária iniciativa científica. Por outro lado, não se trata também de um projeto que levanta questionamentos éticos? Quem deve abordar esses questionamentos e como fazer isso? Procuraremos responder tais questões refletindo eticamente sobre a sua plataforma científica.

## UM PROJETO CIENTÍFICO E SUAS IMPLICAÇÕES ÉTICAS

O cérebro humano é, provavelmente, composto por 100 bilhões de células (neurônios). É surpreendente, contudo, como se sabe pouco a respeito de seu funcionamento. Cientistas sabem que cada neurônio responde a estímulos provenientes do nosso corpo e do meio

# Texto traduzido, do inglês para o português, sob autorização do autor, por Alexandre Andrade Martins.

\* Médico pediatra. PhD em Ética Teológica (Boston College) e em Teologia Sagrada (Faculty of Theology of Southern Italy). Professor visitante do Boston College, Massachusetts, EUA.

O autor declara não haver conflitos de interesse.

ambiente, mas eles ainda não são capazes de estudar o cérebro com maior precisão, registrando e mapeando a atividade elétrica de cada neurônio. Um pouco antes de a BRAIN ser anunciada, dois grupos interdisciplinares de cientistas apresentaram uma proposta de como estudar o cérebro humano<sup>3,4</sup>. Eles acreditavam que, pela primeira vez na história da humanidade, nós tínhamos a capacidade técnica para desenvolver ferramentas biotecnológicas indispensáveis para obtermos bons resultados nesse esforço. O desenvolvimento em cinco disciplinas, a saber, nanotecnologia, bioeletrônica, genética, biologia sintética e tecnologias avançadas de informática, poderiam garantir a viabilidade da BRAIN.

Antes de examinar esses desenvolvimentos, precisamos estar conscientes de que as atuais tecnologias de imagens, como a funcional Ressonância Magnética, não são suficientemente precisas<sup>5,6</sup>. Elas não nos ajudam a entender o funcionamento de cérebro. Elas não podem detectar nem o que acontece com cada um dos neurônios nem as redes neurais quando o cérebro está em atividade. Um mapa completo é necessário para desvendar como os neurônios interagem de forma coordenada em circuitos neurais. Mais ainda, esse mapa também precisa ser dinâmico. Ele deve estudar como a atividade neural *emerge* durante o funcionamento normal do cérebro. Dessa forma, esse mapa tridimensional e instantâneo deve combinar o componente estrutural dos circuitos neurais (chamados de *connectome*)<sup>7</sup> com a sua expressão funcional e comportamental. Outros sistemas complexos são estudados da mesma maneira focando nos seus níveis emergentes: mecanismos estatísticos, volume físico, magnetismo, supercondutividade e superfluidez<sup>a</sup>.

Agora, vejamos as cinco áreas que tornariam a BRAIN possível. Primeiro, a nanotecnologia manipula a matéria com, pelo menos, uma das dimensões abaixo de 100 nanômetros. O nanômetro é uma medida de comprimento igual a um bilionésimo de um metro ( $1 \times 10^{-9}$ ). Dez átomos de hidrogênio correspondem a um nanômetro, e um fio de cabelo humano, a aproximadamente 60.000 nanômetros. Para medir e arquivar as estatísticas relativas à atividade cerebral em nível celular, cientistas propuseram

nanoestruturas moleculares ou nano-robôs, que, de forma não invasiva, agiriam como sensores da atividade cerebral. Em particular, nanoestruturas registrariam a atividade elétrica de cada neurônio, e nanoalavancas registrariam as variações cerebrais dos inúmeros sítios neurais. Segundo, a bioeletrônica providenciaria uma leitura não invasiva das sinapses produzidas pela atividade dos grupos neurais, assim como a dos pequenos circuitos sinápticos a serem colocados nos cérebros vivos. Terceiro, estudos genéticos também poderiam ser utilizados. Por meio da biologia sintética, moléculas de DNA poderiam ser sintetizadas para registrar modelos celulares e obter um registro eletrográfico da atividade dos neurônios. Por último, as informações produzidas exigirão gigantescos locais de armazenamento de dados, banco de dados com condições para serem baixados (*download*) e estratégias de redução, gerenciamento e análise dos dados. Para muitos pesquisadores, esses dados deveriam ser públicos, a fim de facilitar o trabalho de pesquisadores em todo o mundo, incluindo os países menos desenvolvidos.

A complexidade desse projeto requer uma gradual abordagem. Nos primeiros cinco anos, os pesquisadores poderiam estudar organismos com relativamente poucos neurônios, como o nemátodo *Caenorhabditis elegans*<sup>b</sup> e parte do cérebro da *Drosophila*. Nos cinco anos seguintes, poder-se-ia concluir o restante do cérebro da *Drosophila* e o sistema nervoso central do *zebrafish*<sup>d</sup>. Depois, regiões do cérebro do rato e do menor mamífero, o musaranho-pigmeu, poderiam ser mapeados. Finalmente, nos últimos cinco anos, poderiam ser estudados todo o cérebro do rato, o cérebro de outros primatas e o cérebro humano<sup>e</sup>.

Essa abordagem multidisciplinar e gradativa não suscita questionamentos éticos. Contudo, deveríamos refletir sobre o objetivo global do BRAIN e sobre as implicações que derivam do acesso aos dados disponíveis. Por exemplo, em 20 de agosto de 2013, no *blog* do primeiro PCSBI (*Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues*) sobre a BRAIN, William Casebeer, Diretor do Programa da Agência de Defesa de Projetos de Pesquisas Avançadas (DARPA – *Defense Advanced Research Projects*

a. Em genética, esse tipo de dinâmica foca na regulação de genes.

b. *Caenorhabditis elegans* é um pequeno verme que, na fase adulta, atinge 1 milímetro e vive no solo. (nota do tradutor)

c. *Drosophila* é um tipo de mosca. (nota do tradutor)

d. Um pequeno peixe conhecido popularmente no Brasil como *Paulistinha*. (nota do tradutor)

e. A Comunidade Europeia está aderindo ao *The Human Brain Project*. Ela envolve 80 instituições de pesquisa europeias e internacionais. Ela envolve também a construção de um supercomputador que simula todos os processos fisiológicos do cérebro (por exemplo: uma rede neural artificial), fundamentando-se tanto no conhecimento do funcionamento do cérebro como num modelo neural. Por isso, ela estuda a estrutura e a função do cérebro por meio da engenharia reversiva. O projeto custará 1,9 bilhão de euros nos próximos 10 anos (2013-2023)<sup>8</sup>.

*Agency*), uma das agências federais de pesquisas envolvidas no financiamento da BRAIN, afirmou que a missão da DARPA é “evitar surpresas estratégicas e favorecer que as nossas forças armadas criem surpresas estratégicas a fim de evitar que guerras aconteçam”. O *blogueiro* atribuiu a Casebeer o seguinte comentário: “considerando que os seres humanos são uma parte integral dos conflitos militares, a DARPA tem tido um progressivo interesse em desenvolver neurotecnologia”. Particularmente, a DARPA está atualmente perseguindo quatro objetivos neurocientíficos: primeiro, usar neurociência para “entender como nós protegemos, reparamos e reestabelecemos os cérebros e as mentes dos nossos soldados”; segundo, descobrir se as tecnologias neurocientíficas podem “proporcionar aos soldados vantagem no campo de batalha”; terceiro, se as neurotecnologias podem ser usadas para “desenvolver melhor tecnologia e instrumentos de ensino e aprendizagem para fazer crescer as mentes e os cérebros”; quarto, verificar se os computadores podem imitar algumas funções cerebrais. Dessa forma, a DARPA está almejando duplo resultado com pesquisas em neurociência: a promoção da saúde humana e a supremacia militar.

A missão e os objetivos da DARPA levantam múltiplas questões éticas: quem será beneficiado com as descobertas da BRAIN, por exemplo, nos diagnósticos e na produção farmacêutica? Seria possível usar essas descobertas democraticamente, para todos os cidadãos, especialmente para aqueles com maior necessidade? Mais ainda, quais são as questões éticas associadas à pesquisa que almeja manipular o cérebro humano para fins militares?<sup>10</sup> Por último, enquanto pesquisadores sugerem livre acesso aos dados da BRAIN, qualquer projeto científico com dupla finalidade que objetive o fortalecimento da defesa nacional provavelmente será rigidamente controlado, assim como o acesso aos dados poderá ser restringido. Embora algumas vezes afirmem que essa iniciativa “talvez não precise de grande revisão ética”<sup>11</sup>, acreditamos que os bioeticistas devem discutir a BRAIN, questionando a sua dupla finalidade e comentando os objetivos principais da DARPA.

Em um passado recente, outro gigantesco projeto científico foi concluído: o Projeto Genoma Humano (PGH), e o Presidente Obama comparou a BRAIN com o PGH. Sua comparação é pertinente e indicativa. Primeiro, ela implica que, assim como os cientistas obtiveram sucesso nos resultados do PGH, igualmente a BRAIN poderá se tornar o segundo exemplo bem-sucedido dos

maiores esforços científicos já realizados. Segundo, enquanto o Presidente anunciava a BRAIN, ele exigiu que a PCSBI investigasse as implicações éticas, legais e sociais desse projeto – e da neurociência em geral –, lembrando a todos que o PGH, desde o seu início, incluiu considerável financiamento para estudar as suas “implicações éticas, legais e sociais”.

Recentemente, em 1º de julho, o Presidente Obama reafirmou que “avanços em neurociência também podem levantar questões éticas e legais que exijam reflexão e análise”. Dessa forma, ele exigiu “garantir que os pesquisadores mantenham o mais alto padrão ético (...) e que os métodos, as tecnologias e os protocolos de investigação neurocientífica sejam consistentes com legítimos princípios e práticas éticas”. Obama também encorajou a PCSBI a “identificar um grupo de padrões morais centrais, a fim de guiar a pesquisa neurocientífica e responder possíveis dilemas éticos que possam surgir com a aplicação das descobertas neurocientíficas”. Por fim, ele solicitou uma vasta consulta sobre o assunto. Com sua primeira análise apresentada em 19 e 20 de agosto, a PCSBI começou a cumprir a ordem do Presidente. Os bioeticistas deveriam se sentir convidados a se integrar nesse estudo.

## REFLETINDO SOBRE CUSTOS E BENEFÍCIOS

O PGH custou 3,8 bilhões de dólares e durou treze anos. No atual cenário econômico, quando o gasto com pesquisas é restrito e os cortes no financiamento aumentam, quanto a BRAIN irá custar? Pesquisadores estimam que a BRAIN precisará de mais de quinze anos e custará 3 bilhões de dólares. A Casa Branca estima que o primeiro ano de investimentos chegará a 100 milhões de dólares<sup>12</sup>. Apesar da esperada participação internacional, três agências federais estarão envolvidas. A DARPA contribuirá com \$50 milhões, o Instituto Nacional de Saúde, com \$40 milhões, e a Fundação Nacional de Ciência, com \$20 milhões. Fundações privadas – como o Instituto Allen para Ciências Cerebrais (\$60 milhões anuais), o Instituto Médico Howard Hughes (\$30 milhões anuais) e a KAVLI (\$4 milhões anuais durante dez anos) – se juntarão às organizações nacionais de pesquisa, como o Instituto Salk para Estudos Biológicos (\$28 milhões). Dessa forma, nós nos perguntamos se as pessoas que pagam os impostos irão se beneficiar desse significativo

investimento de dinheiro público. Atualmente, apenas universidades privadas que fazem pesquisas e consórcios em biotecnologia têm condições de ter algum benefício proveniente desses fundos e colher seus frutos (tais como novos diagnósticos, medicamentos, testes e patentes).

Além de estimular o nosso conhecimento a respeito do funcionamento normal do cérebro e das doenças neurológicas e psiquiátricas, o investimento na BRAIN também impulsionará a economia. Um estudo de 2011 realizado pela *Battelle Technology Partnership Practice* mostrou que os \$3,8 bilhões investidos no PGH “gerou um impacto econômico de \$796 bilhões, criando 310.000 empregos, e iniciou a revolução genética”<sup>13</sup>. BRAIN poderá estimular conquistas similares impressionantes. No atual contexto global, qualquer estímulo econômico parece atrativo e um tanto quanto necessário.

Enquanto cientistas desejam saber se mais um gigantesco projeto como BRAIN reduzirá investimentos em outros projetos, os bioeticistas perguntam: qual é o custo ético? Estamos promovendo desenvolvimento científico e social de forma justa? O crescimento econômico é majoritariamente, ou exclusivamente, para os países mais ricos? Como podemos responder as inequidades existentes entre as nações desenvolvidas e subdesenvolvidas e o seu negativo impacto na saúde global?

A BRAIN estimula o progresso biotecnológico e, em particular, ferramentas de diagnóstico, biomarcadores de doenças mentais, hipóteses para estudos sobre doenças em modelos animais, estratégias e dispositivos para a estimulação cerebral. O progresso é um significativo bem e vale a pena ser buscado. Porém, a história da humanidade nos alerta: ela nos faz tomarmos cuidado com o progresso que se apresenta como inquestionável e que não é acompanhado por um claro e firme compromisso em promover a dignidade humana e o seu crescimento.

## OUTROS QUESTIONAMENTOS ÉTICOS

A BRAIN é algo tão novo que os bioeticistas ainda não começaram a discuti-la. Iniciando uma discussão sobre essa iniciativa, identificamos outras questões éticas? Alguns cientistas mencionam “questões sobre o controle da mente, discriminação, disparidades em saúde, envenenamentos não intencionais em curto e longo prazo e outras consequências” (p. 973)<sup>3</sup>. Essa lista é um bom começo,

mas claramente insuficiente. Enquanto é admirável o esforço desses cientistas de ir além de suas áreas de expertise se aventurando em análises bioéticas, acreditamos que uma avaliação ética mais robusta se faz necessária. Os bioeticistas deveriam se juntar a esses cientistas, partilhar com eles sua própria especialidade ética, fazer perguntas perspicazes, esboçar respostas éticas e contribuir para que esse projeto de estudos do cérebro avance eticamente.

Em 1º de julho, o Presidente Obama propôs a sua própria lista de questões éticas, “por exemplo, questões relativas à privacidade, autonomia pessoal e responsabilidade moral pelas ações das pessoas; (...) estigmatização e discriminação baseadas nos índices neurológicos de inteligência ou em outros traços: (...) o uso apropriado da neurociência no sistema criminal de justiça”. Por fim, ele menciona a necessidade de atenção “para os diferentes estágios da vida, da infância até a idade adulta”. É interessante notar que, em ambas as listas, a dos cientistas e a do Presidente, apesar do desejo de uma maior justiça social, percebem-se preocupações de fundo sobre o que podemos chamar de distinção entre “cérebro” e “mente”.

O que significa estudar o cérebro humano? Nós identificamos nosso cérebro (nossas células neurais e seu funcionamento) com a infinita complexidade da “mente” (as múltiplas funções mentais que vão além dos nossos neurônios, seus estímulos elétricos e conexões)? Pensamento, memória, imaginação, escolha e ação são apenas alguns exemplos da nossa surpreendente capacidade mental. A mente depende do cérebro, mas ela é mais do que ele. Os cientistas deveriam nos dizer como o nosso cérebro funciona, como ele adoece e como podemos restaurar o seu funcionamento normal, sempre que isso for possível. Contudo, eles deveriam evitar todo e qualquer reducionismo identificando ingenuamente cérebro e mente. Ambos são inseparáveis componentes de quem somos como agentes morais.

Finalizando, nós não gostaríamos que a perda dessa distinção implicasse que cientistas acabassem subjugando a variedade e a diversidade das personalidades humanas. De acordo com Bernard Gert:

O fato de que aqueles que relacionam neurociência com moralidade difiram tão radicalmente em suas considerações sobre moralidade sugere que a neurociência não tem nada a acrescentar ao nosso entendimento de moralidade como um código de conduta que todos deveriam seguir. Todavia, a neurociência pode ajudar a explicar por que algumas

pessoas se comportam de um determinado modo em situações que reclamam decisões ou julgamentos morais (p. 28)<sup>14</sup>.

Assim sendo, a BRAIN poderia se tornar mais um exemplo de esforços colaborativos e participativos orientados a promover de forma justa a saúde global.

## REFERÊNCIAS

1. Obama B. Remarks by the President on the BRAIN Initiative and American Innovation. 2013. Available from: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/04/02/remarks-president-brain-initiative-and-american-innovation>
2. President Commission for the Study of Bioethical Issues. President Obama requests Bioethics Commission to play early role in BRAIN Initiative. 2013. Available from: <http://www.bioethics.gov/node/2224>
3. Alivisatos AP, et al. The brain activity map project and the challenge of functional connectomics. *Neuron*. 2012;74(6):970-4.
4. Alivisatos AP, et al. The brain activity map. *Science*. 2013;339(6125):1284-5.
5. Billings JA, Churchill LR, Payne R. Severe brain injury and the subjective life. *Hastings Center Report*. 2010;40(3):17-21.
6. Farah MJ, Wolpe PR. Monitoring and manipulating the human brain: new neuroscience technologies and their ethical implications. *Hastings Center Report*. 2004;34(3):35-45.
7. National Institutes of Health. The Human Connectome Project. 2013. Available from: <http://www.neuroscienceblueprint.nih.gov/connectome/>
8. Mediacom / Human Brain Project. The Human Brain Project Wins Top European Science Funding. 2013. Available from: <http://actu.epfl.ch/news/the-human-brain-project-wins-top-european-science/>
9. Brookshire B. Ethical Challenges Facing New Neuroscience Technologies. 2013. Available from: <http://blog.bioethics.gov/2013/08/20/ethical-challenges-facing-new-neuroscience-technologies/>
10. Keenan JF. Enhancing Prosthetics for Soldiers Returning from Combat with Disabilities: Theological Ethical Considerations on the War Industry's Impact on Bioethics. *ET-Studies*. 2013;4(1):69-88.
11. Basken P. As Brain Research Expands, It May Not Need Major Ethical Overhaul. 2013. Available from: <http://chronicle.com/blogs/percolator/as-brain-research-expands-it-may-not-need-major-ethical-overhaul/33437>
12. The White House. Fact Sheet: BRAIN Initiative. 2013. Available from: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/04/02/fact-sheet-brain-initiative>
13. Battelle Technology Partnership Practice. Economic Impact of the Human Genome Project. Columbus (OH): Battelle Memorial Institute; 2011.
14. Gert B. Neuroscience and Morality. *Hastings Center Report*. 2012;42(3):22-8.

Recebido em: 27 de setembro de 2013  
Aprovado em: 21 de outubro de 2013