

Complexo e surpreendente

Alexandre Andrade

Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, Edifício C8, 1749-016 Lisboa

aandrade@fc.ul.pt

Resumo

«Como funciona o nosso cérebro?» Nunca, como hoje, foi possível responder de forma tão rigorosa e completa a esta pergunta, velha de séculos. O cérebro esconde ainda muitos dos seus segredos, mas, graças à Física e à Engenharia, entre muitas outras disciplinas, novas e fascinantes descobertas são feitas todos os anos sobre este órgão, sem dúvida o mais complexo e surpreendente que possuímos.

Desde o início da história da ciência que o cérebro humano exerceu um fascínio profundo sobre todos aqueles que se dedicaram ao seu estudo. Hoje em dia sabemos que o cérebro alberga funções e capacidades tão diversas como o raciocínio, o controlo do movimento voluntário, o processamento dos dados sensoriais, a memória, a afectividade, as emoções e a produção e compreensão da linguagem. Dada a sua complexidade, assim como a importância e diversidade das funções que assegura, compreende-se que o estudo do cérebro esteja actualmente no topo das prioridades das principais potências da investigação a nível mundial.

Não é também de admirar que a investigação sobre este órgão tenha uma visibilidade tão grande junto do público que se interessa minimamente por ciência. O cérebro é fonte de interesse e perplexidade, mas também de receio. As tentativas de aprofundar o nosso conhecimento sobre um órgão tão poderoso e tão fortemente associado à essência da espécie humana não podem deixar de suscitar inquietações. A melhor maneira de contribuir para reduzir estas inquietações à sua expressão mais adequada e de dissipar os mitos e alegações pseudocientíficas que se disseminam e contaminam o debate público com demasiada facilidade é fornecer respostas claras e actuais a questões como: «O que

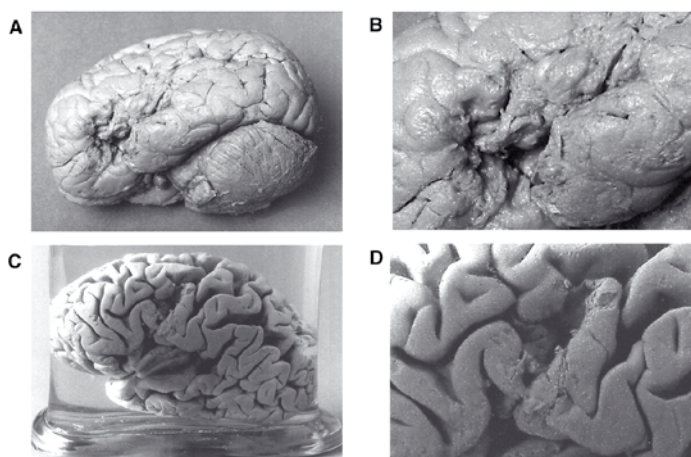


Fig. 1 - Cérebro do doente de Paul Broca ("Leborgne"), com a lesão na região frontal inferior bem visível. Fonte: Ref. 1.

é o cérebro?»; «O que o torna tão eficiente e versátil?»; «O que sabemos sobre o cérebro?»; «O que queremos saber sobre ele?»; e «Para quê?». Este artigo terá cumprido o seu objectivo se for capaz de oferecer um primeiro esboço de resposta a estas perguntas e de aguçar o apetite do leitor para aprofundar essas respostas por sua conta.

Durante vários séculos, mesmo quando já estava estabelecido que a sede das funções cognitivas residia no cérebro, o funcionamento deste órgão permanecia um enigma. Para tal ignorância contribuía o facto de a associação entre estrutura e função ser muito mais ténue no caso do cérebro do que, por exemplo, no caso do coração ou dos pulmões. À primeira vista, nada denuncia a intrincadíssima sofisticação interna do cérebro: a impressão é a de uma massa esbranquiçada, de consistência mole e superfície enrugada. Foi preciso esperar pelo final do século XIX e pelas descobertas de neurologistas como Camillo Golgi (1843-1926) e Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) para se ficar a saber que a estrutura interna do cérebro, assim como a do restante sistema nervoso, se baseia em células, chamadas "neurónios", que estão interligadas em rede. Mais tarde ficou

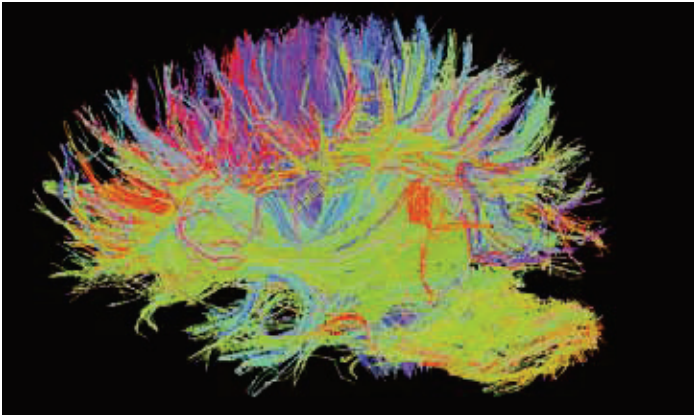


Fig. 2 - Imagem de tractografia de um cérebro humano. Esta técnica permite visualizar *in vivo* as conexões estruturais entre regiões do cérebro humano, ajudando assim a perceber as suas interações. As diferentes cores representam diferentes feixes axonais que ligam entre si regiões distantes. Cortesia Hugo Ferreira, projecto FCT PTDC/SAU-ENB/120718/2010.

estabelecido que os neurónios transmitem informação, de forma controlada, por meio de um impulso eléctrico denominado “potencial de acção” que percorre o prolongamento do neurónio, denominado “axónio”. O número de neurónios no cérebro de um ser humano adulto é da ordem de 50 a 100 mil milhões. Por mais impressionante que seja este número, ele empalidece face à estimativa para o número de ligações entre neurónios: cerca de 100 milhões de milhões. Estas ligações, muito longe de serem aleatórias, distribuem-se de forma rigorosa de modo a suportar as variadíssimas funções cerebrais. O cérebro pode assim ser descrito como uma máquina extremamente sofisticada e robusta de armazenamento e transmissão de informação. Afirmar que se trata do mais complexo de todos os objectos conhecidos no universo pode ser um lugar-comum, mas é também uma verdade indesmentível.

Contudo, a extraordinária complexidade da estrutura do cérebro ao nível celular diz-nos pouco sobre o seu funcionamento a escalas maiores. Funcionará o cérebro como um todo homogéneo ou será composto por módulos funcionalmente especializados? Quais são as regiões cerebrais que intervêm quando sentimos o aroma de um fruto, quando resolvemos uma grelha de Sudoku ou quando lemos uma frase escrita como esta? Estas questões dividiram os protagonistas da história das neurociências e foram sendo parcial, incorrecta e superficialmente respondidas. Apesar do engenho e da dedicação postos ao serviço da investigação sobre o cérebro, durante vários séculos as técnicas disponíveis eram demasiado limitadas e rudimentares. É testemunho do talento espantoso de alguns neurocientistas o facto de, apesar da escassez de recursos, terem sido capazes de protagonizar avanços notáveis na compreensão da função cerebral. Num dos casos mais célebres, ocorrido em 1861, Paul Broca (1824-1880) prognosticou, apenas com base na observação do défice linguístico de um doente que este teria sofrido uma lesão na região frontal inferior esquerda (hoje denominada “área de Broca”), o que se veio a verificar no exame *post-mortem*. Poucos anos mais tarde, Carl Wernicke (1848-1905) descreveu um outro tipo de défice de linguagem e associou-o a lesões na região temporal superior esquerda. Tornava-se cada vez mais claro que o cérebro

não era uma massa homogénea e indiferenciada: a hipótese de especialização funcional ganhava preponderância. Porém, o carácter aleatório destas observações dispersas inviabilizava uma exploração sistemática que fosse capaz de estabelecer a relação entre a anatomia e a função cerebral de forma mais sólida. Faltavam ferramentas que permitissem ir mais além.

A descoberta dos raios X por Wilhelm Röntgen (1845-1923), em 1895, foi sem dúvida um dos eventos marcantes da ciência moderna e teve repercussões profundíssimas em vários domínios, em particular na medicina. O impacto imediato no estudo do cérebro foi muito limitado, pois os tecidos cerebrais, pela sua natureza, não são distinguíveis numa radiografia. Contudo, esta data merece ser evocada porque assinalou o nascimento da imagiologia médica e anunciou uma nova era em que a exploração não-invasiva do corpo humano se tornou possível. A história da medicina no século XX é, com efeito, marcada pelo desenvolvimento de numerosas técnicas de imagem médica, muitas das quais contribuíram decisivamente para a investigação sobre o cérebro. Por ordem cronológica, podemos citar: a electroencefalografia, que regista potenciais eléctricos gerados pelo cérebro ao nível do escalpe; a tomografia de emissão de positrões, que localiza regiões de elevado metabolismo ou fluxo sanguíneo; a ressonância magnética, que permite obter imagens de qualquer parte do corpo com excelente contraste, sem recurso a radiações perigosas; a magnetoencefalografia, semelhante à electroencefalografia mas registando actividade magnética em vez de eléctrica, o que lhe confere maior precisão especial. No início dos anos 90 surgiu a ressonância magnética funcional (RMf), que permite detectar e localizar activação no cérebro de forma segura e não-invasiva. Apesar das suas limitações, nomeadamente devido ao facto de ser sensível a variações associadas à actividade neuronal, oferecendo por isso apenas uma medida indirecta desta, a RMf revolucionou a investigação sobre a função cerebral e tornou-se a ferramenta mais usada nesta área. Graças, em grande medida, à RMf, os anos finais do século XX e o início do século XXI foram extremamente férteis em novas descobertas. Os numerosíssimos estudos que foram sendo realizados e relatados ano após ano permitiram caracterizar as regiões cerebrais responsáveis por funções e aptidões tão específicas como o reconhecimento do rosto de um familiar, a geração de nomes de animais ou a visualização mental da rotação de um objecto. Mais recentemente, a ênfase tem recaído cada vez mais na tentativa de perceber como as regiões do cérebro interagem, de maneira extremamente precisa e coordenada, para permitir realizar muitas das acções do quotidiano que exigem a integração de dados sensoriais de várias fontes, recurso à memória de curto prazo, atenção e estratégia.

Outro tópicos que tem estado em destaque é o estudo da actividade cerebral dita “de repouso”: mesmo quando, aparentemente, não estamos a realizar qualquer tarefa nem esforço mental, o nosso cérebro está em pleno funcionamento. Redes de regiões cerebrais que mantêm actividade robusta e coordenada durante o repouso aparente estão hoje bem descritas na literatura. A investigação volta-se cada vez mais para metodologias e abordagens heterodoxas, como por exemplo a teoria dos grafos e das redes, que permitiu encontrar semelhanças inesperadas entre a organização do cérebro e redes sociais como o Facebook. Com o surgimento de instrumentos e meios computacionais cada vez mais potentes, a imaginação dos investigadores encontra cada vez menos limites e uma margem mais ampla para se exprimir.

A pergunta “Para quê?” é sempre legítima em qualquer ramo da ciência. Como justificar perante o público e perante as entidades financiadoras o interesse e os recursos gastos na investigação sobre o cérebro? À razão mais óbvia (trata-se afinal do objecto mais complexo conhecido pela humanidade – como negar que o seu estudo é pertinente?), podem juntar-se muitas outras. Destaquemos apenas duas. Em primeiro lugar, uma fatia substancial da investigação sobre o cérebro visa especificamente o estudo de alterações associadas a patologias como a doença de Alzheimer, a epilepsia e a esquizofrenia, entre muitas outras. O impacto na compreensão destas doenças e no aperfeiçoamento de métodos de diagnóstico tem sido significativo. Em segundo lugar, é interessante notar que o estudo do funcionamento do cérebro teve como consequência colateral o desenvolvimento de algoritmos de classificação automática inspirados em modelos de neurónios: estas “redes neuronais artificiais” são usadas com objectivos tão diversos como o reconhecimento da fala ou a filtragem de mensagens de correio electrónico indesejadas. Não convém, contudo, que os argumentos favoráveis camuflam os riscos, as questões éticas e os abusos que a investigação sobre o cérebro tem suscitado. A discussão sobre a legitimidade de certas aplicações da RMf (como a detecção de mentiras) não deve ser escamoteada. É ainda imprescindível que a comunicação com o grande público seja feita de forma séria e responsável, de modo a evitar a percepção, errónea e caricatural, de que todos os traços da personalidade, desde a propensão para o crime até à preferência clubística, são determinados por uma qualquer circunvolução cerebral.

Temos o privilégio de viver numa época em que o conhecimento sobre o cérebro progride a um ritmo dramaticamente superior ao das gerações anteriores. Devemo-lo a todos os pioneiros que, década após década, foram desbravando o caminho graças a descobertas em campos tão diversos como a

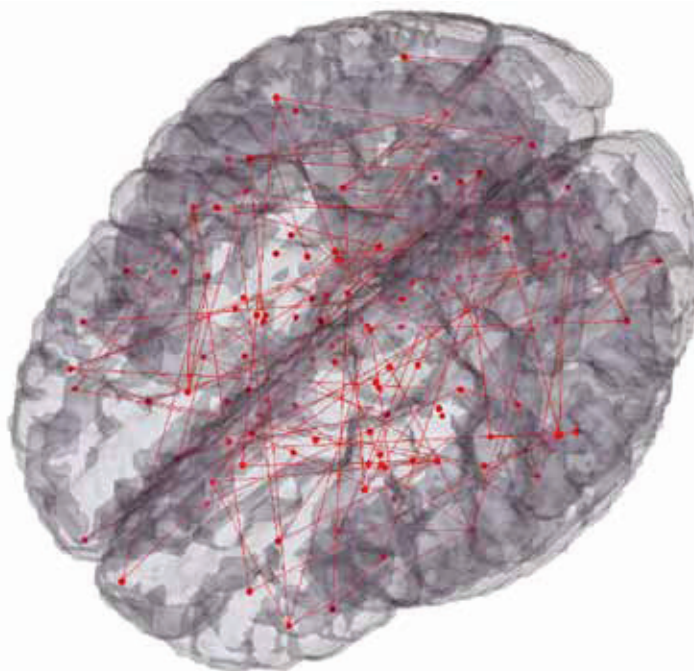


Fig. 3 - Representação, sob forma de grafo, das ligações estruturais entre regiões do cérebro. Cada nó do grafo representa uma região cerebral. As arestas podem ter pesos associados que reflectem o grau de associação entre as regiões (por exemplo, quantidade de ligações axonais ou uma medida de associação funcional). Cortesia Hugo Ferreira, projecto FCT PTDC/SAU-ENB/120718/2010.

neurologia, a matemática, a física e a engenharia (a ressonância magnética – para dar um só exemplo – não seria possível sem a investigação de base sobre as propriedades magnéticas do núcleo atómico levada a cabo nos anos 30 e 40 do século XX). É também assinalável que a investigação nesta área, embora recorra a equipamentos muito dispendiosos, possui já uma expressão considerável em Portugal, muito graças à colaboração frutuosa estabelecida entre centros de investigação, hospitais e universidades. Se tivermos ainda em conta que muito do software de análise de dados é gratuito e corre em qualquer computador pessoal e que existem actualmente numerosos bancos de dados online de acesso livre, pode afirmar-se com segurança que a investigação sobre os mistérios do cérebro está ao alcance de qualquer pessoa com a formação adequada e a motivação necessária.

A investigação sobre o cérebro é uma das aventuras científicas mais excitantes dos nossos tempos, que convoca pessoas de áreas tão díspares como a medicina, a estatística, a física, a psicologia, as ciências cognitivas, a informática e a engenharia. Existem actualmente instrumentos e técnicas com que os cientistas das gerações anteriores nem se atreveriam a sonhar e a consciência de que este tópico de investigação deve ser prioritário. O muito que já foi feito deve ser avaliado à escala da imensidade de segredos que o cérebro ainda não desvendou. Não há razão para duvidar de que os próximos anos continuarão a ser marcados por descobertas que contribuirão para revelar a fabulosa complexidade e riqueza deste objecto, o mais sofisticado que conhecemos.

Por decisão pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.

Referências

1. N. F. Dronkers, O. Plaisant, M. T. Iba-Zizen, e E. A. Cabanis, "Paul Broca's historic cases: high resolution MR imaging of the brains of Leborgne and Lelong", *Brain* 130(5), 1432-1441 (2007).
2. E. R. Kandel et al., "Neuroscience thinks big (and collaboratively)", *Nature Reviews Neuroscience* 14, 659-664 (2013).
3. D. G. Norris, "Principles of Magnetic Resonance Assessment of Brain Function", *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 23, 794-807 (2006).
4. C. J. Stam, "Modern network science of neurological disorders", *Nature Reviews Neuroscience* 15, 683-695 (2014).



Alexandre Andrade é Professor auxiliar no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Investigador no Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica. Principais interesses de investigação:

desenvolvimento de métodos para o estudo da função cerebral com recurso a ressonância magnética funcional e electroencefalografia e aplicação ao estudo de patologias do sistema nervoso.