

CAPÍTULO 1

Introdução: Como Funciona o Cérebro?

A ciência atual, apesar de suas conclusões bem-fundamentadas, não tem o direito de hipotecar o futuro. Nossas afirmações não poderiam ir além das revelações dos métodos contemporâneos [...]. Não se pode rejeitar *a priori* a possibilidade de que o bosque indeslindável do cérebro, cujos últimos ramos e folhas imaginamos ter determinado, não possua algum sistema enigmático de filamentos enlaçando o conjunto neuronal como as lianas envolvem as árvores dos bosques tropicais.

Santiago Ramón Y Cajal
Conferência do Prêmio Nobel,
12 de dezembro de 1906.

Alguém poderia perguntar-se como um amontoado de células emaranhadas umas com as outras pode dar origem a um ser vivo que pensa e sente, que chora e ri e, com isso, alça o olhar para o universo infinito e questiona-se sobre o sentido de sua existência.

Francisco Mora

Nosso cérebro é uma grande massa gelatinosa de quase um quilo e meio de peso, de cor cinzenta e talvez com a organização mais complexa que conhecemos até agora. No entanto, sua função básica conduz a um objetivo aparentemente simples: manter o indivíduo vivo e em constante contato com o meio que o rodeia. Essa função básica, sem dúvida compartilhada com os demais seres vivos, amplia-se no homem para sentir, sonhar e ter consciência de si mesmo. O homem sonha tanto, que às vezes chega ao paradoxo de esquecer até a função básica de continuar vivo e acreditar que encontrou o infinito do qual se originou. Conforme Dobzhansky (1970) destacava com enorme e justificada incredulidade:

Um homem consiste em aproximadamente 7×10^{27} átomos agrupados em cerca de 10^{13} células. Essa aglomeração de células e átomos tem certas propriedades notáveis. Está viva, sente alegria e sofrimento, discrimina entre beleza e feiúra e distingue o bom e o mau. Como chegou a acontecer tudo isso?

O cérebro humano, nosso cérebro, construiu-se ao longo do processo evolutivo como resultado de constantes provas aleatórias e reajustes. Portanto, o tempo, esse operário paciente e capaz, veio urdindo um tecido feito de células tão entrelaçado, extraordinário e complexo, que demorou mais de 500 milhões de anos fazendo-o. Esse tecido foi construído não como um processo sem retificações, mas, ao contrário, tecendo-se e destecendo-se ao mesmo tempo, de acordo com os acertos e os erros que as variações do meio ambiente impuseram a esse cérebro. Sem dúvida, tal processo de mudanças continua, tanto ao longo das gerações dos seres humanos atuais como na própria intimidade do cérebro de cada homem em particular, com a modificação e o remodelamento dos contatos das células cerebrais, as sinapses, durante toda a vida. O modo como se chegou ao cérebro humano, a esse invento quase inimaginável e diabólico para nós, em suma, é o mais profundo dos desconhecimentos que temos.

UM BOSQUE CINZENTO

O cérebro humano é um imenso e complexo bosque de células e conexões intercelulares. Esse bosque emaranhado é composto de aproximadamente 100 bilhões de neurônios (1×10^{11}) de formas e tamanhos diferentes. Considera-se que apenas no córtex cerebral, que contém quase a metade desse número, isto é, cerca de 50 bilhões, existam mais de 500 tipos de neurônios morfológicamente diferentes, distribuídos em 52 áreas denominadas áreas de Korbinian Brodman. Além disso, junto a esses 100 bilhões de neurônios, há outro tipo de células nervosas, que constituem a glia, estimando-se que existam 10 células gliais para cada neurônio (1×10^{12}). Tudo isso, juntamente com os vasos sanguíneos e algumas membranas protetoras, compõe a rede celular básica do cérebro. O que distingue, porém, as células cerebrais de quaisquer outras do resto do corpo é sua arquitetura florida. Realmente, assemelham-se a uma árvore com seu tronco e suas raízes (axônio), e uma frondosa ramagem com folhas que a enfeitam e a tornam singular (os dendritos).

O cérebro, no entanto, não é um novelo nem uma rede contínua entre as células e suas ramificações, como preconizava o grande histologista italiano Camillo Golgi.* Pelo contrário, cada neurônio, como demonstrou Ramón y Cajal** pela primeira vez, conserva uma individualidade perfeita, assinalando que os neurônios “são individualidades morfológicas”. Cada neurônio comunica-se com milhares de outros, mediante contatos que seus prolongamentos estabelecem. Senão, de que modo seria possível encontrar no cérebro funções tão diversas como a vigília e o sono, a fome e a saciedade, a alegria e a tristeza, se tudo formasse um retículo? Cajal acrescenta:

*N. de T. Camillo Golgi (1843-1926), defensor da teoria reticularista, compartilhou com Ramón y Cajal o Prêmio Nobel de 1906 (Medicina/Fisiologia). Cf. BEAR, M. F., CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002, p. 24-26, e *Dicionário Médico Ilustrado Dorland (DMID)*. 28. ed. São Paulo: Manole, 1999, p. 737.

**N. de T. Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), médico e histologista espanhol, criador da doutrina neuronal, cujos princípios são expostos a seguir, no texto. Compartilhou com Camillo Golgi o Prêmio Nobel de 1906 (Medicina/Fisiologia), por suas descobertas sobre a estrutura do sistema nervoso. Cf. BEAR et al. op.cit., p. 25-26 e *DMID*, p. 1471.

Essas disposições morfológicas testemunham que os elementos nervosos apresentam relações recíprocas de contigüidade, mas não de continuidade, e que essas relações de contato mais ou menos íntimo sempre se estabelecem não apenas entre as arborizações nervosas, mas também entre essas ramificações, de um lado, e o corpo e os prolongamentos protoplasmáticos, de outro.

Esses contatos são conhecidos atualmente pela denominação de sinapse (contato, em grego), atribuída pelo grande neurofisiologista britânico Charles Sherrington, também Prêmio Nobel.* Calcula-se que possam existir aproximadamente 10^{15} sinapses em todo o cérebro. Realmente, um só neurônio do córtex cerebral, do tipo das grandes células piramidais, pode ter entre 30.000 e 40.000 pontos de contato ou, fornecendo outro exemplo, o número de sinapses de um neurônio do cerebelo pode chegar a 90.000.

É dessa concepção da individualidade dos neurônios que as idéias atuais sobre o funcionamento do cérebro adquirem todo seu sentido. Efetivamente, os neurônios, depois de receber a informação de outros neurônios por meio de suas ramificações, criam uma mensagem que é transcrita, por sua vez, para outros neurônios de um circuito. Dizia Cajal:

[...] visto que a natureza, a fim de assegurar e ampliar os contatos, criou sistemas complexos de ramificações pericelulares (sistemas que chegariam a ser incompreensíveis na hipótese da continuidade), é preciso admitir que as correntes nervosas transmitem-se de um elemento ao outro em virtude de uma espécie de indução a distância... assim, nesses prolongamentos, o movimento nervoso é celulípeto ou axípeto (vai ao corpo celular e deste ao tronco ou axônio do neurônio), enquanto nos axônios é celulífugo (sai pelo tronco da célula ou axônio). Essa fórmula denomina-se de polarização dinâmica dos neurônios.

DAS AUTO-ESTRADAS AOS CAMINHOS VICINAIS

Isso não nos deve levar à idéia de que hoje se conhece a intimidade das conexões neuronais do cérebro. Somente o córtex cerebral já é um emaranhado tão confuso quanto desconhecido. Certamente são bem-conhecidas as grandes conexões entre as diferentes áreas do córtex cerebral ou entre essas áreas corticais e outras áreas do cérebro (as grandes estradas), mas nosso conhecimento atual sobre as íntimas conexões dos neurônios no próprio córtex cerebral (os caminhos vicinais) é muito escasso. Na verdade, as regras que controlam e dirigem as conexões corticais locais são praticamente desconhecidas. Presentemente, pensa-se que tais conexões se estabelecem de modo probabilístico ou de acordo com algumas leis estritas e previsíveis que simplesmente desconhecemos. Hoje em dia, a neurociência trata de desbravar o terreno e ver até onde conduzem os caminhos vicinais do cérebro que se originam das grandes auto-estradas. Ainda que para algumas áreas cerebrais co-

*N. de T. Charles Scott Sherrington (1857-1952), compartilhou com Edgar Douglas Adrian, conhecido como Barão Adrian de Cambridge (1889-1977), também fisiologista inglês, o Prêmio Nobel de 1932 (Medicina/Fisiologia), por seu trabalho sobre a função do neurônio e outros estudos de neurofisiologia. Cf. *DMID*, p. 33 e 1583.

mecem a ser vislumbrados alguns resultados, para os circuitos da maioria das áreas corticais essas intrincadas conexões e as regras que as governam continuam sendo um mistério.

Será difícil determinar com precisão os últimos e mínimos meandros, visto que estes serão diferentes para cada cérebro e até possivelmente no mesmo cérebro, conforme a idade do indivíduo e sua interação particular com o mundo. Edelman e Tononi (2000) assinalam:

Ainda que, em seu conjunto, o padrão das conexões de uma área em um determinado cérebro seja descritível em termos gerais, a variabilidade microscópica do cérebro em suas mais finas ramificações neuronais é enorme e faz com que cada cérebro seja significativamente único... e isso permite sugerir que a função do cérebro possa depender de teorias que incluam a variabilidade.

A informação que corre pelas auto-estradas e pelos caminhos vicinais é elétrica, mas, ao chegar à intimidade dos pontos de contato, essa eletricidade desaparece e se transforma em química. Nessas sinapses ou pontos de contato há um espaço aberto que não pode ser ultrapassado pela comunicação elétrica que percorre os neurônios. Essa informação é transferida de um neurônio para outro, graças a um ou muitos mensageiros químicos que navegam nesse espaço aberto, para levá-la do terminal neuronal em que foram liberados ao terminal do outro neurônio. Essas substâncias químicas são os neurotransmissores, isto é, as moléculas que “transmitem” a informação “neuronal”. Em um único desses contatos (de quase um trilhão que o cérebro apresenta), o trânsito molecular pelo qual se transfere a informação de uma célula para outra é imenso. Cada uma de tais conexões microscópicas (sinapses), que Cajal dizia ser “um cimento granuloso ou uma substância condutora particular que serviria para unir muito intimamente as superfícies neuronais em contato”, é nada menos do que um complicado computador em que tomam parte o espaço e o tempo, a física e a química.

O NEURÔNIO CRIADOR

A totalidade dessas descrições não nos deve levar à idéia geral de que o neurônio transmite passivamente os sinais que o alcançam, primeiramente em códigos elétricos, depois em códigos químicos. Pelo contrário, o neurônio é um elemento ativo e tão inteligente que tem seu próprio código de funcionamento, com o qual integra toda a informação recebida (o que inclui ignorar certas mensagens que lhe chegam) e cria assim sua própria informação, que transmite ao neurônio seguinte. Desse modo, ainda que a base definitiva de uma função específica do cérebro se encontre no circuito ou conjunto de uma série de neurônios, tal circuito funciona integrando os códigos e as mensagens de cada um de seus neurônios.

O MUNDO QUE NOS CERCA

Os sutis fios do tempo foram bordando o desenho de um tecido vivo que se intercomunica por códigos, cuja feição final é uma só: a de manter a sobrevivência do seu detentor diante de um meio ambiente rude e competitivo, que também se modifica constantemente. Que códigos são esses? Quais os padrões segundo os quais as correntes físicas e químicas que os lêem circulam pelos caminhos ainda inescrutáveis das mais altas funções do cérebro? Qual é o esquema da organização geral do cérebro, que lhe permite exercer a função de manter-se vivo perante as enormes vicissitudes apresentadas pelo mundo à sua frente, desde buscar e encontrar alimento até evitar os predadores, lutar por sua fêmea e reproduzir-se? Como nosso cérebro (ou seja, nós mesmos) estabelece contato com a realidade que nos cerca? Essa realidade externa é por ele captada de modo fidedigno? Somos capazes ou, expresso de outra maneira, nosso cérebro foi projetado para captar passivamente a realidade “real” que nos rodeia? As árvores, os animais e os objetos que vemos e ouvimos são fenômenos que existem e vivem em uma realidade tal qual é desenhada “aí fora”? Essas indagações aparentemente simples são, na verdade, tão desafiadoras quanto desconcertantes são as suas respostas. Isso é o que veremos, após refletirmos juntos à luz das modernas neurociências.

Por ora, deveria ser suficiente reconhecer, o que por outro lado é bastante sabido, que é por intermédio de nossos receptores sensoriais que fazemos contato com o mundo que nos cerca. Esses receptores sensoriais, sejam a visão, a audição, o tato, a gustação ou o olfato, têm capacidade para realizar tal contato. Como o fazem? Até onde sabemos, nossos receptores são transformadores. Transformam um tipo de energia em outro, isto é, transformam um tipo de energia, como as ondas eletromagnéticas (visão), as ondas de pressão (som), as modificações mecânicas da nossa pele (tato) e as partículas químicas (gustação e olfato) em eventos elétricos, para que tais mensagens sejam entendidas pelo nosso cérebro. Desse modo, o nosso cérebro depende dos nossos tradutores, para lidar com o mundo. Disso deduz-se, evidentemente, que a rede interna do nosso cérebro nada entende sobre as energias que existem no mundo real, a menos que elas sejam traduzidas. É que o nosso cérebro só usa e entende os sinais elétricos, para processar todas as informações recebidas do meio ambiente que o cerca. E o que revelam, por exemplo, as ondas eletromagnéticas (a luz, em suma) no caso da visão? O que mostram para a nossa retina são os estímulos provenientes desse mundo, seja ele o que for.

O que nos surpreende verdadeiramente é que, até onde a neurociência nos vai deslindando, a realidade que constrói nosso cérebro não é uma tradução fiel à realidade que existe fora de nós. A realidade externa de animais, coisas e pessoas, que vemos todos os dias, é um constructo que o nosso cérebro faz com base em seu funcionamento, que, de algum modo, vem pré-programado pelos sucessos alcançados ao longo da evolução na luta pela sobrevivência. As formas, as cores e o movimento são construídos nas redes neuronais do nosso cérebro, com base no pré-programa fundamental que herdamos e nas informações que recebemos do meio ambiente. Essa realidade, graças aos códigos cerebrais que a constroem, é “realidade” enquanto nos tem servido para continuarmos vivos. Portanto, vivemos de acordo com ela. Nossa

consciência não discute a “realidade” *per se*, simplesmente a aceita porque é útil. Conhecer como o nosso cérebro constrói essa realidade “tão nossa”, com base nos programas preexistentes herdados, é uma das contribuições mais desafiadoras da neurociência atual para o conhecimento científico de nossos dias.

AS MOEDAS UNIVERSAIS DO CÉREBRO

Tanto a abelha quanto o homem utilizam os mesmos elementos de informação, que na realidade são códigos elétricos, para processar os sinais neurais. Esses sinais são unidades ou moedas universais praticamente iguais em todas as vias cerebrais, independentemente do conteúdo simbólico de informações que transmitem (tato, visão, audição ou, inclusive, os mais elevados conteúdos mentais ou de consciência, no caso do homem). Por um lado, se dois neurônios estão em contato muito íntimo, é suficiente uma troca elétrica específica e local para que eles cochichem e se comuniquem entre si. São os chamados potenciais locais, que assim se denominam porque são passivos e restritos ao local em que se originam. Se, ao contrário, os neurônios estão muito afastados um do outro, a corrente elétrica que transmite a mensagem deve fazê-la chegar intacta ao neurônio subsequente. Para tanto, essa corrente elétrica deve ser ativa e transitar ao longo da célula sem mudar de modo algum suas características (um neurônio da medula espinal que comunica sua informação ao músculo do dedão do pé deve levar sua mensagem às costas a mais de um metro de distância e, a menos que essa mensagem realize todo o trajeto de modo intacto, a comunicação que alcança o músculo não será adequada e, conseqüentemente, o movimento realizado será incorreto). Esse segundo código de comunicação realiza-se por potenciais de ação, assim denominados porque são ativos, se movem e se propagam. Uma vez gerados, correm ao longo da fibra nervosa como uma chama ao longo de um rastilho de pólvora e comunicam a informação entre os neurônios ou entre neurônio-músculo a grandes distâncias. São unidades estereotipadas, consideradas como moeda universal de intercâmbio de informações, como o é o ATP na energia para a célula. É dessa forma que a informação codificada em sinais elétricos transcorre desde os nossos receptores até as áreas cerebrais, onde é processada e decodificada. Assim são alcançados os processos de sensação e percepção.

POR QUE NÃO ENTENDO O CHINÊS?

Nada é percebido “porque sim” nem percebido passivamente. A percepção necessita de um processo de aprendizagem ao longo do tempo, ou seja, uma constante modelagem bioquímica, anatômica e fisiológica do nosso cérebro. Nada, em nosso mundo, é perceptível, a menos que o nosso cérebro realize uma constante aprendizagem. Por exemplo: no nível do órgão espiral,* na orelha interna,** ouvir falar chinês

*N. de T. Denominação atual do órgão de Corti, cf. *Nomina Anatômica*, de 1994.

**N. de T. Denominação atual do ouvido interno, cf. *Nomina Anatômica*, de 1994.

é igual tanto para um indivíduo chinês quanto para mim. A informação de ouvir falar chinês, codificada nos sinais elétricos e químicos transmitidos pelas vias sensoriais, é possivelmente a mesma para ambos. No entanto, o chinês decodifica esses sons no seu córtex cerebral e compreende seu significado, isto é, entende o idioma chinês (que aprendeu anteriormente). Eu, não. De fato, o cérebro sensorial e o cérebro motor desenvolvem-se (e se transformam) com a experiência (aprendizagem e memória) ao longo de toda a nossa vida, particularmente durante o desenvolvimento inicial do indivíduo (conforme se verá nos capítulos seguintes). Esse exemplo do chinês, embora muito complicado em termos neurobiológicos, pode ser entendido muito bem. Contudo é mais difícil ver que até a forma mais elementar de percepção (por exemplo, a visão de uma maçã, saber e reconhecer que é uma maçã, classificá-la no mundo dos alimentos e colocar-lhe seu rótulo de boa ou prazerosa) exige também essa aprendizagem lenta e longa, durante a qual o nosso cérebro é esculpido pelo meio ambiente, atualizando assim seus códigos genéticos e desse modo tornando-o capaz de decodificar sua forma, sua cor, seu movimento e seu colorido emocional.

Como são decifrados os códigos de informação sensorial que chegam até o cérebro? O processo pelo qual reconhecemos o mundo externo tem sua base primordial: está nos genes. Geneticamente, já trazemos a pré-organização cerebral para esse reconhecimento. No entanto, para que tal potencialidade se efetive, é necessário o nosso contato com o mundo desde o próprio nascimento, isto é, a aprendizagem constante por meio de tentativa e erro. É dessa maneira que a realidade se constrói em um processo ativo, no cérebro. Para Llinás(2001), “a significação da informação sensorial recebe sua representação no cérebro, por meio do impacto sobre a disposição funcional preexistente no mesmo”. A esse respeito, são ilustrativas as descrições de crianças que, tendo cataratas congênitas e sendo “cegas” de fato durante anos, ao atingirem os 12 ou 14 anos e ser operadas, puderam ver pela primeira vez o mundo ao seu redor. Delgado (1973) relata:

Durante os primeiros dias, apesar da normalidade de seus olhos, o mundo visível carecia de significado para eles e só podiam reconhecer os objetos familiares, tais como uma bengala ou sua cadeira favorita, mediante exploração manual. Depois, foi necessário um lento processo de aprendizagem, para que essas crianças aprendessem a perceber o significado das luzes, formas e sombras. Após um longo período de ensinamento, a capacidade de reconhecimento visual melhorou, sem jamais alcançar a normalidade completa. Por exemplo, a distinção entre um quadrado e um hexágono exigia uma recontagem manual trabalhosa e freqüentemente errônea das arestas, e em outras ocasiões essas crianças confundiam um galo com um cavalo, porque ambos tinham rabo. Um menino cego muito inteligente, que recuperou a visão quando tinha 11 anos, confundiu a imagem de um peixe com a de um camelo, porque identificava a barbatana dorsal do peixe com a giba do camelo.

Tudo isso indica que o cérebro tem potencialidade para perceber as formas, mas isso só se realiza por meio da aprendizagem, o que, na neurociência atual, equivale a falar em plasticidade neural e organização sináptica das áreas sensoriais do cérebro em função da aprendizagem e da experiência.

ROCHAS, ESQUILOS E FANTASMAS

No ser humano adulto, nossa dependência do mundo sensorial é igualmente imprescindível. Nossa saúde mental, a interpretação correta do mundo das coisas e do resto, está condicionada a um constante contato com a realidade perceptiva do mundo e dos outros. Somos seres escravos da realidade sensorial circundante do nosso próprio mundo. A esse respeito, são ilustrativos os experimentos realizados com estudantes que foram isolados em cubículos iluminados difusamente, usando óculos translúcidos para diminuir a sensação óptica e luvas com punhos de papelão, para limitar a percepção tátil e comprovar:

Depois de várias horas de isolamento, muitos deles começaram a ver imagens, como “uma rocha à sombra de uma árvore”, “uma procissão de esquilos”, “animais pré-históricos que caminham por uma selva”. No princípio, os sujeitos se surpreenderam e se divertiram com essas imagens, mas após algum tempo suas alucinações eram incômodas. Os estudantes tinham pouco controle sobre esses fenômenos, que incluíam percepções como “gente que falava”, “uma caixa de música tocando” ou “um coro que cantava com som estereofônico”. Alguns sujeitos disseram ter experimentado sensações de movimento ou tácteis, sentimentos de “alienação” ou a impressão de que havia outro corpo estendido ao seu lado na cama. (Delgado, 1973).

SOBRE ÁRVORES, CÃES E GATOS

Como nosso cérebro pode classificar esse mundo que vemos tão diverso e heterogêneo diante de nós, de modo a simplificarmos com isso uma diversidade tão grande? Como é que, por exemplo, podemos classificar os cães, animais com formas, tamanhos, cores e pelagens tão diferentes, em uma só categoria, a de cão, e compor com isso uma abstração, que seria um cão universal, ou seja, todos os cães do mundo? É claro que o sentido de toda a informação sensorial é adquirido depois que esta é abstraída e classificada, de forma que tal processo é o nexo entre a percepção e a cognição. O ser humano pensa com idéias, com abstrações. Entre a percepção e a cognição existe uma função de classificar, isto é, determinar se o percebido pertence a este ou àquele grupo de coisas. Quando vemos um cão, um gato ou uma forma aproximada a um animal ou ao outro, seja um “gato muito semelhante a um cão” ou um “cão muito semelhante a um gato”, nosso cérebro extrai inexoravelmente uma idéia clara dessa percepção, seja “gato” ou “cão” (sem confusão) e é aí que começa o processo de pensar. Nosso cérebro maneja idéias e, quanto mais claras forem essas idéias, maior é a clareza na classificação dos nossos perceptos e no processo de pensar sobre o que vemos e seus significados. Nosso pensamento torna-se lento e trabalha com dificuldade quando se trata de conceitos que rompem a classificação aprendida anteriormente. Onde e como se realiza esse processo de abstração e classificação no cérebro humano? É possível obter-se alguma informação sobre isso em animais de experimentação? Estudos recentes realizados em macacos mostram as bases neuronais desses processos e ressaltam, assim, um dos aspectos mais fascinantes com que se depara a neurociência cognitiva, o da categorização ou abstração diante do mundo.

DO QUE SE VÊ AO QUE SE SENTE

Após a decodificação sensorial e a construção de um percepto, ou seja, o reconhecimento consciente de estar vendo uma maçã, essa informação chega ao nosso cérebro emocional. Essa é uma das funções ancoradas mais profundamente no cérebro, desde que este iniciou seu funcionamento, há muitos milhões de anos. As raízes dos códigos emocionais do cérebro são tão profundas que banham e alimentam todas as suas demais funções. Realmente, a informação passa a esse outro cérebro, no interior do cérebro, que chamamos sistema límbico, onde lhe é conferido um valor, um rótulo de bom ou mau, e é desse modo que o mundo que construímos se torna pessoal. É nesse cérebro límbico que tudo começa a adquirir uma “cor” única para o indivíduo. Porque é nesse cérebro emocional que vimos tecendo, ao longo de nossa vida desde o nascimento, nosso sentimento mais profundo, mais real e mais sentido de nós mesmos e de tudo o que nos cerca. É aí que abrimos a porta de nossa individualidade, adquirindo a verdadeira consciência que nos serve para continuarmos vivos.

Com o nascimento dos sentimentos (a parte consciente das emoções), o homem torna-se humano. Sente e compartilha as coisas, as idéias e até sua própria vida em um grau jamais alcançado pelas emoções brutas. Com os sentimentos, o ser humano “liga” as conexões desse sistema emocional profundo a tal ponto que leva o poderoso córtex cerebral ao máximo de suas funções cognitivas e mentais. Com isso, o homem eleva-se no mundo das percepções e da visão do inefável até acreditar ter alcançado Deus.

(Mora, 2000).

Após esse processo e só depois que essa informação tenha sido elaborada nas áreas associativas do córtex cerebral é que a informação se transfere para as áreas motoras do cérebro para realizar uma conduta.

PREDIÇÃO E ANTECIPAÇÃO

“A predição é a função suprema do cérebro”, assinala Llinás.

O ser vivo deve antecipar o resultado de um determinado movimento com base nos estímulos sensoriais que recebe. Uma mudança em seu meio ambiente imediato deve produzir, como resposta, um movimento (ou a inibição de um movimento) para garantir a sobrevivência. A capacidade de predizer o resultado de acontecimentos futuros (crítico para um movimento bem-sucedido) é, muito provavelmente, a função mais importante e mais comum de todas as funções globais do cérebro... a execução exitosa de um movimento ativo dirigido a um objetivo concreto também é uma operação fundamental para conservar tempo e energia.

(Llinás, 2001).

Efetivamente, são as nossas ações no mundo que nos mantêm vivos e, além disso, transformam esse mundo que, por sua vez, em um processo contínuo, nos transforma.

O CÉREBRO É UM COMPUTADOR MUITO SOFISTICADO?

Com tudo o que foi descrito até agora, poderia parecer que o cérebro fosse um computador muito sofisticado e semelhante, de alguma maneira, aos computadores que conhecemos. Sem dúvida, esses computadores contribuíram para entender o mundo da ciência de uma maneira certamente revolucionária. As ciências da computação contribuíram igualmente para a compreensão das neurociências cognitivas, desenvolvendo modelos que permitiram o avanço dos nossos conhecimentos sobre as propriedades dos neurônios e suas capacidades integradoras da informação, bem como prognosticar, a partir de tais modelos teóricos, o funcionamento de um conjunto de neurônios, isto é, um circuito neuronal.

Quando se trata de explicar o funcionamento do cérebro, certamente é útil a comparação com o computador, um sistema eletrônico que tem entradas de informação, um processador que as elabora e um sistema de saídas para a informação recebida e elaborada. É assim que se utiliza essa comparação para explicar que o cérebro funciona processando as informações que recebe por intermédio dos órgãos dos sentidos, sejam esses os órgãos da visão, da audição, do tato, do paladar ou do olfato, e depois de processar e elaborar os significados dessas informações emite uma resposta motora (conduta) ou, conforme o caso, memoriza-a para, talvez em outro momento, utilizá-la e emitir a resposta correspondente.

No entanto, ainda que essa maneira de considerar o funcionamento do cérebro seja útil, está muito distante de poder explicá-lo corretamente. Isso se deve, basicamente, ao fato de que o cérebro não funciona como um computador (nem sequer como o computador mais sofisticado que jamais se tenha construído), porque este último carece de muitos dos ingredientes que o cérebro humano possui, os quais são absolutamente fundamentais para o seu funcionamento. Entre esses ingredientes, estão (à parte sua própria história complexa acumulada ao longo de milhões de anos) as emoções, os sentimentos, as mudanças constantes de sua estrutura íntima produzidas pela aprendizagem e pela memória, e os processos de consciência em geral.

O computador processa a informação sem esse ingrediente (aparentemente intrínseco a certos circuitos cerebrais) que denominamos consciência. Isso é o mesmo que dizer que o computador processa a informação que recebe, sem “saber” o que está processando em momento algum. Ao contrário, o cérebro humano “sabe” o que faz (ao menos em algumas coisas), tem consciência. Além disso, o ser humano, possuidor do cérebro que processa toda a informação, não vê, não ouve, nem percebe nada (apesar de estar rodeado e bombardeado constantemente por todos os estímulos sensoriais que o cercam), a menos que aquela informação sensorial tenha

algum significado para ele. Somente diante daquilo que significa algo, a maquinaria atencional do cérebro entra em atividade. Apenas quando se tem fome, o alimento significa algo e é detectado rapidamente no ambiente. Para detectar-se o alimento, antes disso deve haver fome, isto é, deve-se ativar a maquinaria emocional, a qual detecta as informações sensoriais que dizem alguma coisa. É então que o cérebro se põe a trabalhar e processar a informação sensorial correspondente. Blake-more (1977) afirmava:

a primeira necessidade de uma máquina consciente (ainda que talvez essa não seja uma garantia de consciência) é a motivação. O sistema nervoso não evoluiu como um projeto para o exercício intelectual e a reflexão consciente; simplesmente tornou os animais muito melhores para o alcance de suas metas biológicas, que são as de comer, beber e reproduzir-se. Coisas, por outro lado, que não interessam aos computadores!

É por isso que também Francisco Varela e colaboradores (2001) destacavam em um artigo recente:

Tradicionalmente, os receptores sensoriais são tomados como o início (do funcionamento do cérebro), de modo que a percepção é descrita em termos de *feedforward* ou de hierarquia do sistema ascendente, isto é, dos sistemas de processamento mais elementares aos mais altos e complexos. No entanto, uma forma alternativa de considerar-se como início (o funcionamento do cérebro) encontra-se na atividade endógena do cérebro, que fornece os estados de preparação, expectativa, colorido emocional e atenção (entre outros), os quais estão necessariamente ativos no momento em que se dá a entrada da informação sensorial. Essa atividade endógena concentra-se na atividade dos lobos frontais, no sistema límbico ou nas redes neuronais dos córtices temporais e de associação, ainda que distantes dos receptores sensoriais. Essa atividade pode ser referida como atividade descendente ou de *feedback*, existindo evidências tanto psicofísicas quanto fisiológicas de que participa também das etapas mais precoces da percepção sensorial.

No fim, porém, permanece esta pergunta: afinal, nosso cérebro é um computador altamente complexo e sofisticado? Churchland (1990) responde:

A metáfora dominante da nossa época enlaça o cérebro com o computador. É muito difícil encontrar pontos que sejam relevantes nessas similaridades, tais como os princípios da função cerebral e da função do computador. Certamente há profundas diferenças entre o cérebro e os computadores eletrônicos individuais, sendo discutível se para as inúmeras funções cerebrais as comparações com um computador tenham sido confusas e equívocas. Talvez uma das sugestões mais perniciosas tenha sido a de que o sistema nervoso é apenas o *hardware* e o que realmente precisamos entender é o "*software cognitivo*". A distinção entre *hardware-software* aplicado ao cérebro é um dualismo e outro erro.

SEIS ARGUMENTOS A FAVOR DE QUE O CÉREBRO NÃO É UM COMPUTADOR

Definitivamente, o computador mais sofisticado e de configuração neuronal mais refinada dista infinitamente da idéia que domina a construção e o funcionamento de um cérebro. Assim assinalam Edelman e Tononi (2000):

Uma revisão rápida da neuroanatomia e da dinâmica neural indica que o cérebro tem algumas características especiais de organização e funcionamento, que não parecem consistentes com a idéia de que este (o cérebro) siga uma série de instruções precisas ou que execute computações. Hoje sabemos que o cérebro está interconectado de tal maneira que não pode ser comparado a máquina alguma projetada pelo homem.

Esses autores salientam claramente algumas das principais características que distinguem um cérebro de um computador:

Primeira:

As centenas de milhões de conexões que compõem a estrutura conectiva íntima do cérebro não são conexões exatas; “se indagarmos se as conexões são idênticas em quaisquer dos cérebros de tamanho semelhante, como ocorreria nos computadores de construção similar, a resposta é não”.

Segunda:

Cada cérebro é único no momento em que suas conexões e seu funcionamento representam a história do seu desenvolvimento individual e a experiência ao longo de seu ciclo vital, uma vez que durante este último há mudanças freqüentes, inclusive cotidianas, nessas conexões cerebrais “de um dia para o outro [...] essa variabilidade individual intrínseca ao sistema não é ‘ruído’ ou ‘erro’, mas afeta a maneira como o sistema funciona. [...] Máquina alguma, no momento atual, incorpora tal diversidade individual como uma característica central de seu projeto”.

Terceira:

Nos sinais que um cérebro recebe e processa, são descobertas características únicas para o cérebro. “O mundo não se apresenta ao cérebro como uma fita magnética de computador que contém uma série de sinais claros e inequívocos. Ao contrário, o cérebro é capaz de categorizar e classificar os padrões de uma enorme série de sinais variáveis [...] a capacidade do sistema nervoso de realizar uma categorização perceptiva de diferentes tipos de sinais para a visão, som, etc., dividindo-os em classes ou tipos coerentes sem um código pré-especificado, é certamente especial e continua incomparável ao modo como um computador faria isso”.

Quarta:

O cérebro tem muitas conexões que, partindo de certos núcleos, estabelecem ligações difusas em grandes áreas, que o alertam e o capacitam a distinguir os processos importantes do meio ambiente, reforçando as sinapses nesses processos; “sistemas com

essas propriedades cruciais não são encontrados nas máquinas projetadas pelo homem, mesmo que sua importância para a aprendizagem e as condutas adaptativas esteja bem documentada”.

Quinta:

“Se considerarmos a dinâmica neural (isto é, a maneira como os padrões de atividade do cérebro se modificam ao longo do tempo), a característica especial mais impressionante dos cérebros dos vertebrados superiores é a existência de um processo que denominamos reentradas, [...] é o constante e recorrente intercâmbio de sinais em paralelo entre áreas reciprocamente interconectadas do cérebro, um intercâmbio que coordena constantemente a atividade dessas áreas, tanto no espaço como no tempo [...] uma característica impressionante dessas reentradas é a sincronização ampliada da atividade de diferentes grupos de neurônios ativos distribuídos entre muitas áreas especializadas diferentes do cérebro”. Isso tudo está ausente, no mesmo grau, em qualquer computador.

Sexta:

Esta característica relaciona-se com a anterior. Edelman e Tononi salientam: “Evidentemente, se nos perguntassem por uma característica singular dos cérebros superiores, diríamos que é o fenômeno das reentradas. Não há objeto ou máquina no universo que diferencie tão completamente o cérebro humano como os circuitos de reentradas. Esses sistemas reentrantes são maciçamente paralelos a um grau inimaginável em nossas redes de comunicação (artificiais). Em todo caso, as redes computacionais de comunicação, diferentemente dos cérebros, trabalham com sinais de codificação prévia e, em sua maior parte, com sinais precisos, que não admitem mais que uma interpretação”.

POR ACASO MEU CÉREBRO FUNCIONA SEM O RESTO DO MEU CORPO?

Com tudo o que foi descrito, pareceria que o cérebro fosse autônomo e auto-suficiente. Onde se localiza, nesse esquema, meu próprio corpo? Porventura meu cérebro não é um órgão que se relaciona com outros tantos do meu próprio corpo, com os quais funciona e interage? O que é o cérebro senão uma parte desse “alguém” que sou como corporalidade? Por acaso meu cérebro interage com o mundo de maneira direta e incorporeal? Meu cérebro mede cada dimensão minha em meu corpo, em minhas mãos, com as quais toco, e em minhas pernas, com as quais corro, e assim me transporta para o mundo e no mundo. De modo similar, ocorre com a audição, a gustação, o olfato ou com minhas vísceras que não vejo. Digamos já que o meu cérebro interage com o mundo por intermédio de meu corpo (representado em meu cérebro e atualizado nele constantemente). Meu cérebro dedica uma imensa parte de sua tarefa ou função ao entendimento com o resto do corpo, por meio de milhares de receptores espalhados pelo mesmo. Os músculos, os hormônios e o calor do meu corpo fazem parte dos ingredientes que constituem, no meu cérebro, por exemplo, a

emoção e o que finalmente experimento de modo consciente como bom (prazer) ou mau (castigo).

Por acaso meu cérebro pode funcionar sem o calor gerado pelos meus músculos quando corro à frente de um leão? Como se poderia entender a emoção que sinto diante de um bom prato de comida, sem o diálogo bioquímico do meu cérebro com o resto do meu corpo? Meu cérebro funciona de maneira igual tanto nas primeiras horas da manhã quanto à noite, ou funciona do mesmo modo tanto no jovem quanto no idoso? Jamais se poderia entender como o meu cérebro funciona sem o coquetel diário modulador dos hormônios que o alcançam, produzidos pelas glândulas endócrinas, na luta, na comida e na bebida, no ato sexual ou no cuidado da prole.

Os cérebros foram construídos inicialmente como órgãos cuja função era basicamente receptora de informações sensoriais (do corpo e do mundo exterior) e executora de atividades motoras. Assim, o corpo é “alguém” com o cérebro em sua interação com o mundo, tanto quando se percebe alguma coisa, seja um predador ou a comida, como quando se age em relação a essa coisa. Foi com os primatas superiores (e, sem dúvida, no homem) que o cérebro acumulou neurônios e circuitos muito além do puramente sensorial ou motor, criando assim um mundo interno que o foi afastando da percepção do próprio corpo, levando-nos à falsa percepção de um “eu” ao qual se “acrescentou um corpo” que está presente e que de alguma maneira é alheio e adoece ou nos incomoda com suas dores. Essa última função (o reconhecimento do próprio corpo como parte individual do “eu”) o homem terá, obrigatoriamente, de retomar à vista das inúmeras enfermidades que essa separação proporciona. Como se criou essa percepção corporal em nosso cérebro, fazendo-nos sentir o mundo e suas vicissitudes “sem corpo” de um modo tão “espiritual”? Damasio (1999) precisamente assinala:

Há uma notável ausência da noção de corpo nas ciências cognitivas e nas neurociências. A mente permanece unida ao cérebro em uma relação de algum modo inequívoca, e o cérebro permanece consistentemente separado do corpo, em vez de ser visto como uma parte de um organismo vivo complexo. A noção de um organismo integrado – a idéia de um conjunto composto de corpo e sistema nervoso – já esteve nas obras de alguns pensadores, mas teve pouquíssimo impacto em dar forma aos conceitos padronizados de mente e cérebro.

E, de alguma maneira, assim continua.