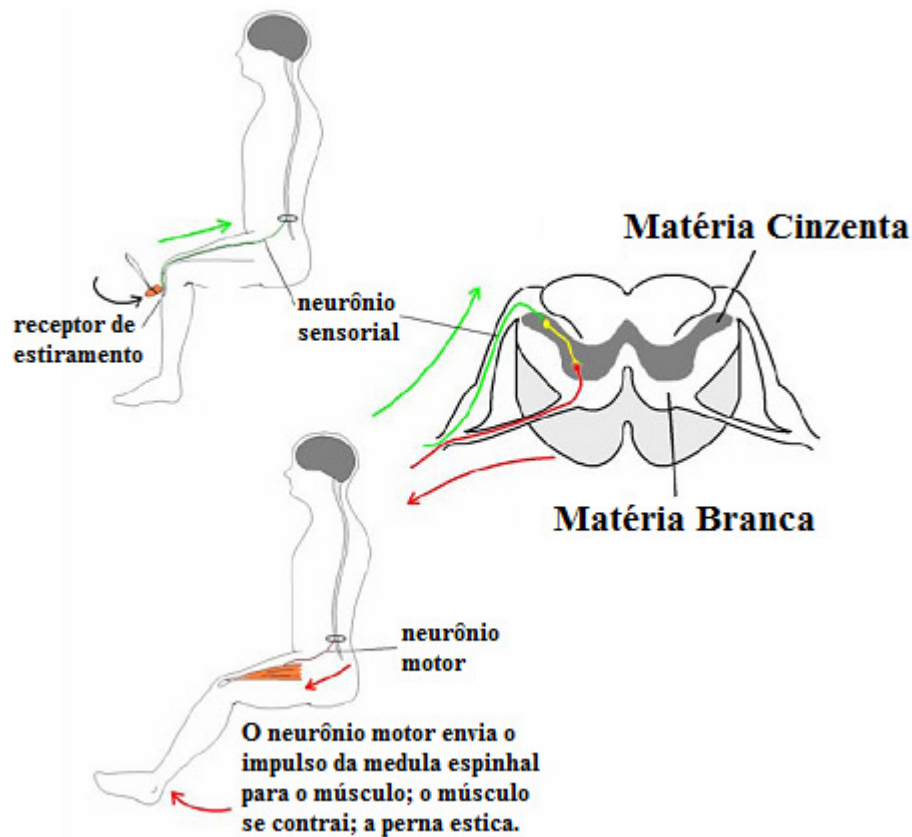


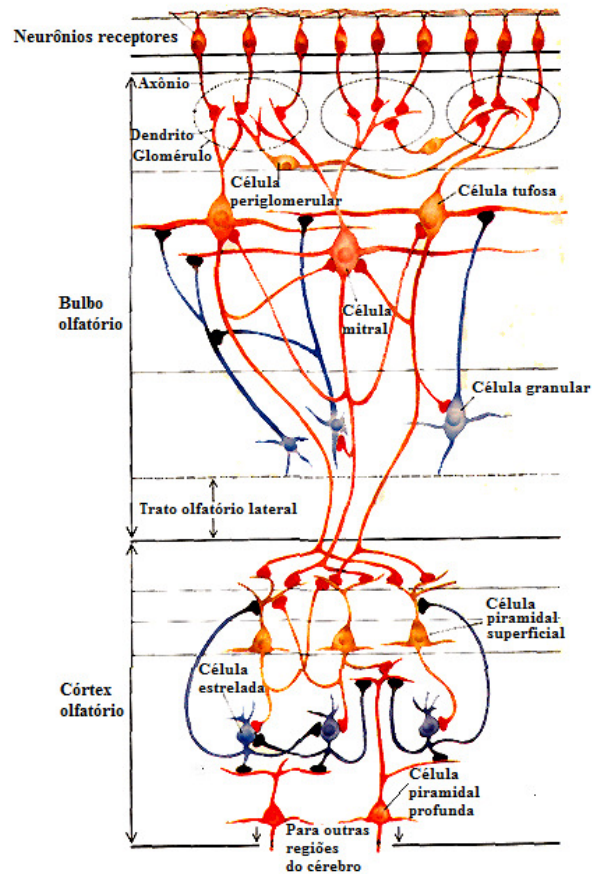
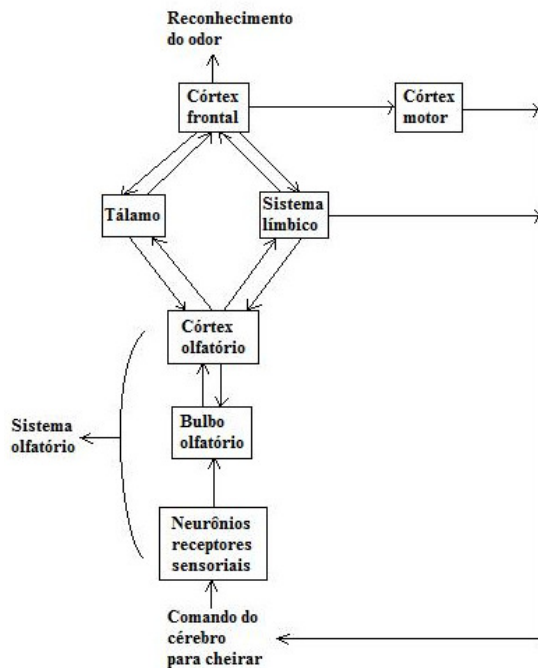
Apresentação da Neurociência Computacional

- O objetivo principal da neurociência computacional é explicar como os sinais elétricos e químicos nas células e redes de células interconectadas do cérebro são usados para representar e processar informação.
- Para atingir esse objetivo, a neurociência computacional utiliza modelos matemáticos e computacionais de células e circuitos cerebrais, procurando integrar dados experimentais obtidos com as mais diferentes técnicas – desde o nível microscópico, acessível por estudos moleculares e celulares, até o nível sistêmico, acessível por estudos comportamentais – para construir um arcabouço teórico coerente e quantitativo da estrutura e da função do cérebro.
- Por sua própria natureza, a neurociência computacional é uma área interdisciplinar que combina conhecimentos, ferramentas e métodos dos seguintes campos: neurobiologia, psicologia, ciência cognitiva, física, matemática, engenharia, ciência da computação e filosofia.
- A busca por um entendimento teórico – de base matemática – do cérebro não é um projeto novo, mas, historicamente, a primeira vez que o termo “neurociência computacional” foi usado foi em uma conferência organizada por Eric L. Schwartz em Carmel, Califórnia, em 1985. O objetivo da conferência era fornecer uma visão condensada e unificada do conhecimento acumulado até aquela data em campos relacionados que eram então conhecidos por nomes diferentes como “redes neurais”, “modelos neurais”, “teoria do cérebro”, “cibernética”, “neurociência teórica” e mais outros nomes. Os trabalhos apresentados naquela conferência foram publicados pela editora do MIT (Massachusetts Institute of Technology) em um livro intitulado *Computational Neuroscience* (1990), que pode ser considerado o marco inicial da área. Posteriormente, vários departamentos e programas de pós-graduação de universidades espalhadas pelo mundo (infelizmente, ainda não no Brasil) adotaram esse nome.

- Não é apenas o termo “neurociência computacional” que é novo. O próprio termo “neurociência” também é. Segundo Squire *et al.* (2008), o termo “neurociência” apareceu na metade dos anos 1960 como uma sinalização do início de uma era em que as diferentes disciplinas devotadas ao estudo do cérebro (neuroanatomia, neurofisiologia, neuroquímica, psicologia, etc) estariam trabalhando juntas de forma cooperativa, compartilhando uma linguagem comum, conceitos comuns e objetivos comuns para entender a estrutura e a função do cérebro normal e anormal. A neurociência é, no momento, uma das áreas científicas de mais rápido crescimento no mundo: A primeira reunião anual da *Society for Neuroscience*, em 1971, contou com a participação de 1100 pessoas. A 36^a reunião anual da mesma sociedade em 2006 teve 25.785 participantes com 14.268 trabalhos apresentados.
- A proposta de pesquisa da neurociência computacional (o entendimento do cérebro e daquilo que chamamos de mente) constitui um dos maiores desafios intelectuais da humanidade (alguns dizem que é o maior de todos).
- Para entender a razão disso pensemos, por exemplo, naquele que seria, em princípio, um dos problemas mais simples de serem resolvidos: o da percepção sensorial dos estímulos físicos à nossa volta.
- No caso do chamado arco reflexo, a percepção e a resposta a um estímulo sensorial é feita por um circuito muito simples: (1) uma célula receptora, que detecta o estímulo; (2) um neurônio sensorial, que recebe um sinal da célula receptora e transmite impulsos elétricos para o sistema nervoso central; (3) um neurônio motor, que recebe os impulsos do neurônio sensorial – em geral, via um neurônio intermediário – e transmite impulsos elétricos de volta à periferia do corpo; e (4) uma célula efetora (em geral, fibras musculares), que responde aos impulsos motores e provoca um movimento.
- A figura abaixo ilustra a natureza eminentemente serial desse processamento.



- No caso geral da percepção de estímulos sensoriais, no entanto, a relação entre as células receptoras na periferia do corpo e os neurônios que representam e processam os sinais enviados por essas células ao cérebro é bastante mais complicada.
- Veja, por exemplo, as figuras abaixo, que mostram de forma esquemática os circuitos responsáveis pela sensação dos odores. Do ponto de vista evolutivo, os chamados sentidos químicos (olfato e paladar) são considerados os mais antigos.
- A figura da esquerda fornece uma visão sistêmica das estruturas envolvidas e das conexões entre elas. A figura da direita mostra, com um pouco mais de detalhe, os elementos mais importantes dos circuitos internos a duas estruturas do chamado *sistema olfatório*, o bulbo olfatório e o córtex olfatório.
- Note que a percepção de odores não se dá por uma via direta e serial como no caso do arco reflexo, mas envolve laços de retroalimentação em diferentes níveis. Além dos laços entre níveis estruturais diferentes, mostrados na figura da esquerda, a figura da direita mostra que cada estrutura, por sua vez, possui intrincados *circuitos locais* com diferentes laços de retroalimentação.



- Outras funções cerebrais, como o raciocínio e a linguagem, por exemplo, são implementadas por circuitos recorrentes (isto é, com laços de retroalimentação) ainda mais complexos que envolvem neurônios de diferentes partes de cérebro organizados em múltiplos níveis: circuitos locais, colunas, lâminas, mapas topográficos, etc.
- A existência de *níveis hierárquicos* de organização no cérebro, desde circuitos de sinalização química intracelulares, passando por circuitos locais intra-estruturais até circuitos que interligam diferentes regiões do órgão, torna difícil a explicação das funções cerebrais por causa do aparecimento de *propriedades emergentes*: propriedades que não resultam apenas dos elementos individuais que constituem um nível inferior, mas da organização e das interações entre esses elementos em um nível superior.
- O fato de que redes de neurônios como as do cérebro possuem propriedades emergentes torna o uso de modelos essencial para o entendimento dessas propriedades e, portanto, do próprio cérebro.

- Leia abaixo a definição de neurociência dada por Eric Kandel¹ em seu famoso livro em colaboração com James Schwartz e Thomas Jessell *Princípios da Neurociência*, quarta edição, tradução brasileira coordenada por Luiz Eugênio Mello (UNIFESP) e Luiz Roberto Britto (USP), Editora Manole, São Paulo-SP, 2003 (os grifos são meus):

O objetivo da neurociência é compreender os processos mentais pelos quais nós percebemos, agimos, aprendemos e nos lembramos. Como o encéfalo produz tão grande individualidade nas ações humanas? Seria por meio de processos mentais localizados em regiões específicas do encéfalo, ou essas ações representam propriedades emergentes no encéfalo como um órgão? Se processos mentais específicos estão representados em diferentes regiões no encéfalo, quais as regras que relacionam a anatomia e a fisiologia de uma região a uma função específica? Estas regras poderiam ser melhor compreendidas se a região fosse examinada como um todo ou pelo estudo das células nervosas individualmente?

- Esta definição põe forte ênfase na *mente* e assume que os processos mentais podem ser entendidos a partir do estudo do *sistema nervoso*. De fato, um pouco mais adiante no texto do livro, Kandel formula sua hipótese de maneira mais explícita:

... todo comportamento é resultado da função neural. O que nós chamamos de mente é um conjunto de operações realizadas pelo sistema nervoso. As ações do sistema nervoso compreendem não apenas os comportamentos motores relativamente simples, como caminhar ou comer, mas todas as ações cognitivas complexas que acreditamos ser essencialmente humanas, como pensar, falar e criar obras de arte. Concluindo, todos os distúrbios comportamentais que caracterizam as doenças psiquiátricas – distúrbios do afeto (sentimentos) e da cognição (pensamento) – são distúrbios da função do sistema nervoso.

- Acredito que essas definições tornam clara a importância de modelos computacionais para ajudar a entender o cérebro e a mente.

¹ Eric R. Kandel (1929 –) é professor de bioquímica e biofísica da Universidade de Columbia em Nova York, Estados Unidos. Ele ganhou o prêmio Nobel de fisiologia e medicina de 2000 por suas pesquisas sobre as bases fisiológicas do armazenamento da memória pelos neurônios do cérebro.

- Referências:

- Kandel, E. R., Schwartz, J. and Jessell, T. *Princípios da Neurociência*, quarta edição, tradução brasileira coordenada por Luiz Eugênio Mello (UNIFESP) e Luiz Roberto Britto (USP), Editora Manole, São Paulo-SP, 2003.
- Schwartz, E. *Computational neuroscience*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1990.
- Squire, L. R., Berg, D., Bloom, F. E., du Lac, S., Ghosh, A. and Spitzer, N. E., *Fundamental Neuroscience*, Third edition. Burlington, MA: Academic Press, 2008.