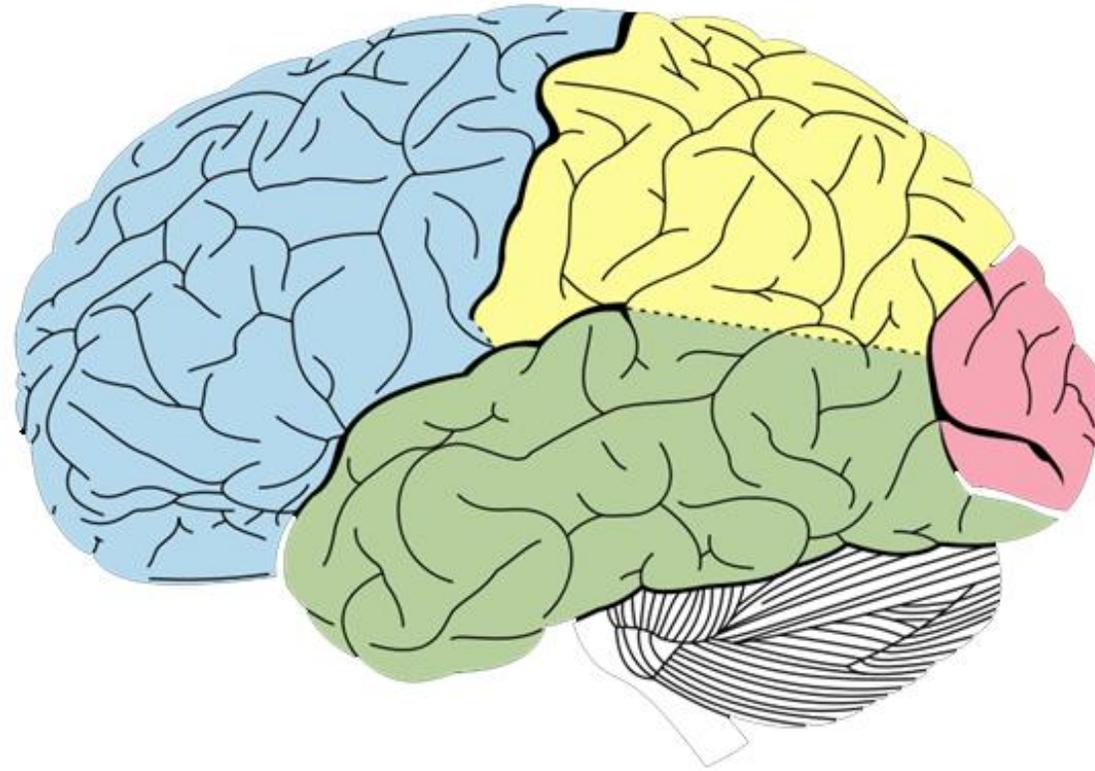


Neurocomputação

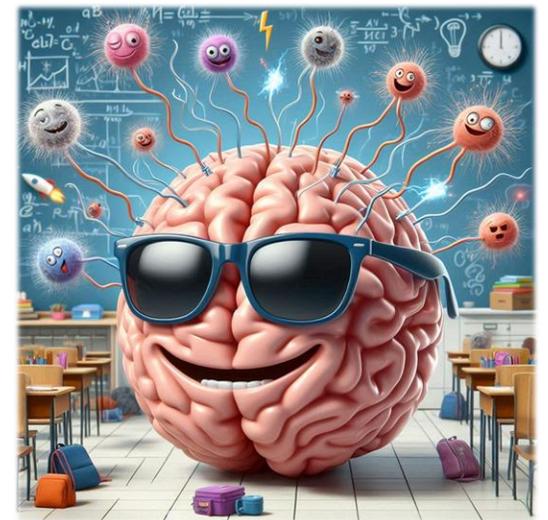
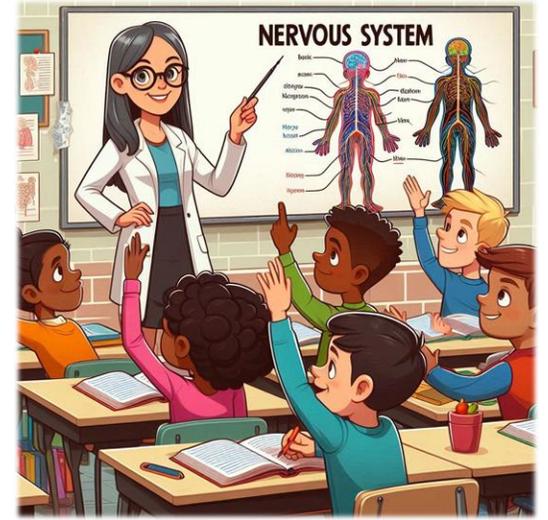
O Sistema Nervoso



Fabricio Breve – www.fabriciobreve.com

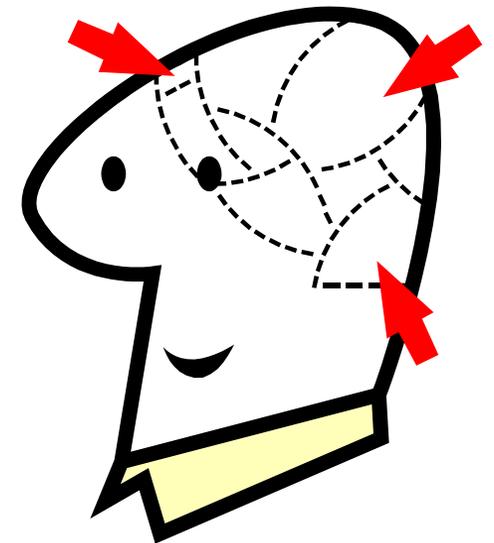
Agenda

- Introdução à neurocomputação e aos desafios do cérebro.
- Comparação entre capacidades do cérebro e computadores (Deep Blue vs. Kasparov).
- Fundamentos dos neurônios, sinapses e neurotransmissores.
- Estrutura do sistema nervoso (central e periférico).
- Desenvolvimento neural a partir do tubo neural.
- Neuroplasticidade e neurogênese.
- Regiões e funções do cérebro (lobos e hemisférios).
- Transmissão sináptica e sinais elétrico-químicos.
- Organização em camadas e mapas sensoriais.
- Mitos e debates em neurociência.



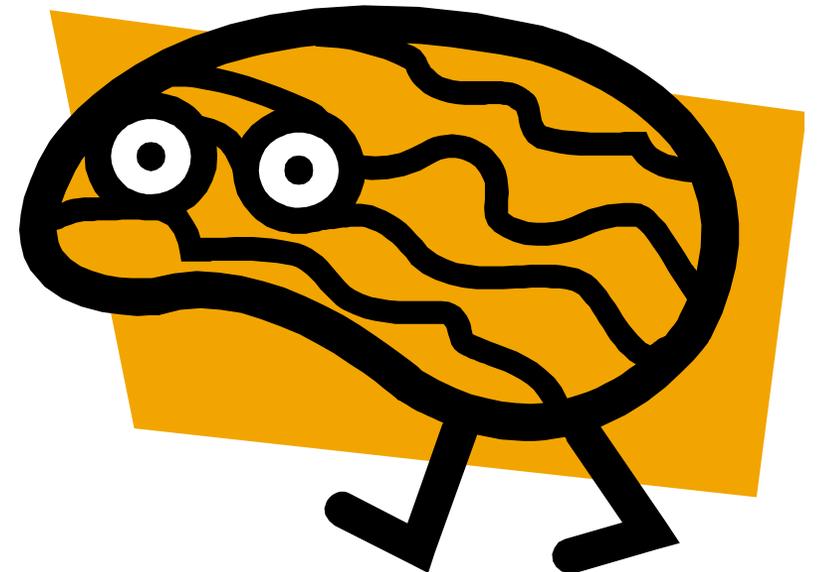
Introdução

- Questões que desafiam a ciência:
 - Como o cérebro processa informações?
 - Como ele é organizado?
 - Quais os mecanismos biológicos envolvidos no funcionamento do cérebro?



Introdução

- Tarefas em que o cérebro é especialmente bom:
 - Reconhecimento de padrões
 - Controle motor
 - Percepção
 - Inferência flexível
 - Intuição
 - Adivinhação



Deep Blue vs. Kasparov





Deep Blue

- Supercomputador e software criados pela IBM especialmente para jogar xadrez.
- 256 co-processadores capazes de analisar aproximadamente 200 milhões de posições por segundo.



Garry Kasparov

- Natural do Azerbaijão (na época URSS) em 1963.
- Radicado na Rússia.
- Atualmente cidadão da Croácia e vive nos EUA.
- Campeão Mundial de Xadrez.
- N° 1 do ranking mundial de 1984 até 2005, quando se aposentou.

• 1996:

- Três vitórias de Kasparov, dois empates e uma vitória do Deep Blue.
 - Pontuação Final: 4 a 2 (empate valia meio ponto).
- A única derrota de Kasparov foi na primeira partida, que se tornou o primeiro jogo de xadrez em que um computador venceu um campeão do mundo sob regras normais de tempo.
- Ao final do torneio Kasparov declarou que era o último humano campeão de xadrez.

• 1997:

- Deep Blue foi bastante atualizado e venceu Kasparov com duas vitórias, três empates e uma derrota.
 - Pontuação final: 3,5 a 2,5.
- Deep Blue tornou-se o primeiro computador a vencer um campeão mundial de xadrez num torneio com regras de tempo oficiais.
- Kasparov acusou a IBM de ter trapaceado, teria ocorrido intervenção humana na segunda partida, IBM nega.
- Kasparov pediu um novo torneio, mas a IBM não teve interesse e aposentou o Deep Blue.

Fábio,
que assina a coluna
"Na Real": "Não dá para
medir o valor da vida humana"

o País?

Passamos a considerar que, a partir da data da publicação da citada reportagem, qualquer atentado sofrido por um dos entrevistados passa a ser de total

Bu-Bu-Bu-Bussunda

Esta semana o mundo inteiro está acompanhando o desafio entre o homem e a máquina, representado pelo duelo entre o campeão de xadrez, Gary Kasparov, e um supercomputador desenvolvido pelos técnicos da IBM. Aqui entre nós, considero a disputa tão eletrizante quanto a briga pela privatização, ou não, da Vale do Rio Doce. Tão importante quanto os jogos da segunda divisão paulista, que a Band mostra às segundas feiras! Tão eletrizante quanto o final do torneio de bocha dos aposentados do Banco do Brasil!

Tem uma parte dessa discussão que me deixa profundamente injuriado. É a tentativa dos técnicos da IBM, e de grande parte da mídia, em considerar que, se o computador vencer o Kasparov, provara que é mais inteligente do que o homem. O que me irrita não é o pobre do computador, que até prova em contrário é um sujeito simpático, que trata to-

do mundo bem e nunca negou um autógrafo a um fã. O problema é acharem que o máximo da inteligência está num jogo limitado e chato como o xadrez. Um joguinho que se resolve quando o sujeito dá um cheque ao rei! As grandes inteligências brasileiras resolvem seus problemas de maneira muito mais eficaz, dando um cheque a funcionários de terceiro escalão, sem comprometer o rei e ficando longe de escândalos e CPls...

Ha também quem preferia dar um cheque ao bispo, como denunciou o ministro Sergio Motta, dizendo que a CNBB é contra a privatização da Vale porque recebe um "dinheirinho" da empresa. Não sei se é verdade, mas ca para nos, cada vez que vejo a CNBB se manifestar sobre essas coisas me dá uma von-

tade de sair dando opinião sobre a Missa do Galo! O que é que a Igreja tem a ver com a privatização? Por que a CNBB não se preocupa com fatos muito mais importantes e que têm muito mais a ver com a fé e a alma nacional, como a escalção de

dois cabeças de área na seleção de Zagallo? O que a CNBB acha do novo carro do Rubinho Barriçelo? Será que a CNBB aprova a saída da Esheusa do Sai de Bairro?

Desculpem a digressão, vamos voltar ao xadrez. O xadrez é considerado por alguns o jogo de maior inteligência já concebido pelo cérebro humano. Por aí a gente vê que alguns homens são muito burros. Eu gostaria de saber o que é que um Pelé, um Zico ou um Djalminha ficam a dever em inteli-

QUE UM PELÉ
FICA A DEVER EM
INTELIGÊNCIA A
UM KASPAROV?

gência para um Kasparov! A inteligência é muito mais testada no futebol, em que, além de pensar no movimento, você tem de executá-lo com perfeição. A prova da superioridade do futebol é simples: é possível ensinar o Pelé a jogar xadrez, mesmo que ele venha a ser um jogador sofrível. Mas alguém é capaz de imaginar o Kasparov batendo um corner? Ou um computador vencendo a seleção brasileira com Romário e Ronaldinho? É ruim, hein!



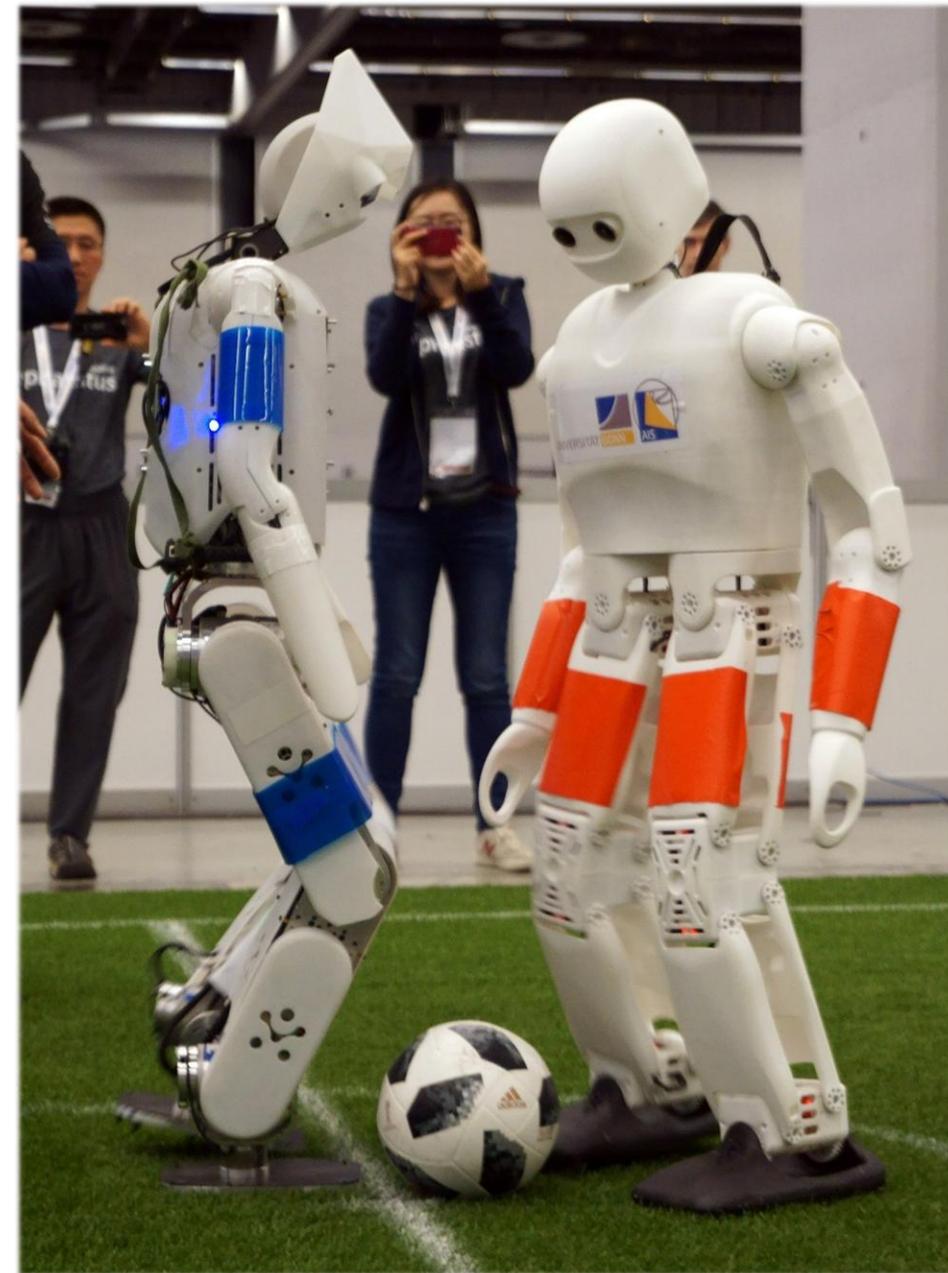
■ Bussunda é humorista e jornalista.



Objetivo da Robot Soccer World Cup (RoboCup):

“Em meados do século 21, uma equipe de jogadores de futebol robô humanóides totalmente autônomos vencerá um jogo de futebol, cumprindo as regras oficiais da FIFA, contra o vencedor da última Copa do Mundo”.

<https://www.bbc.com/news/business-58662246>





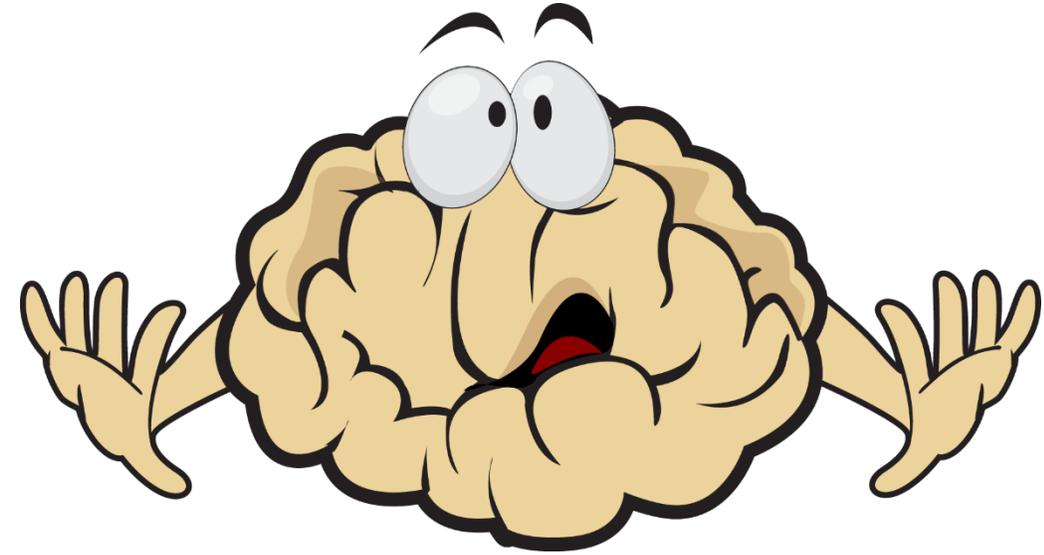
Será que uma rede neural consegue aprender a reconhecer seus desenhos?

Ajude a ensinar a rede adicionando seus desenhos ao [maior conjunto de dados sobre desenhos do mundo](#) (em inglês).
Esses dados são compartilhados com o público para ajudar nas pesquisas sobre aprendizado de máquina.

Vamos desenhar!

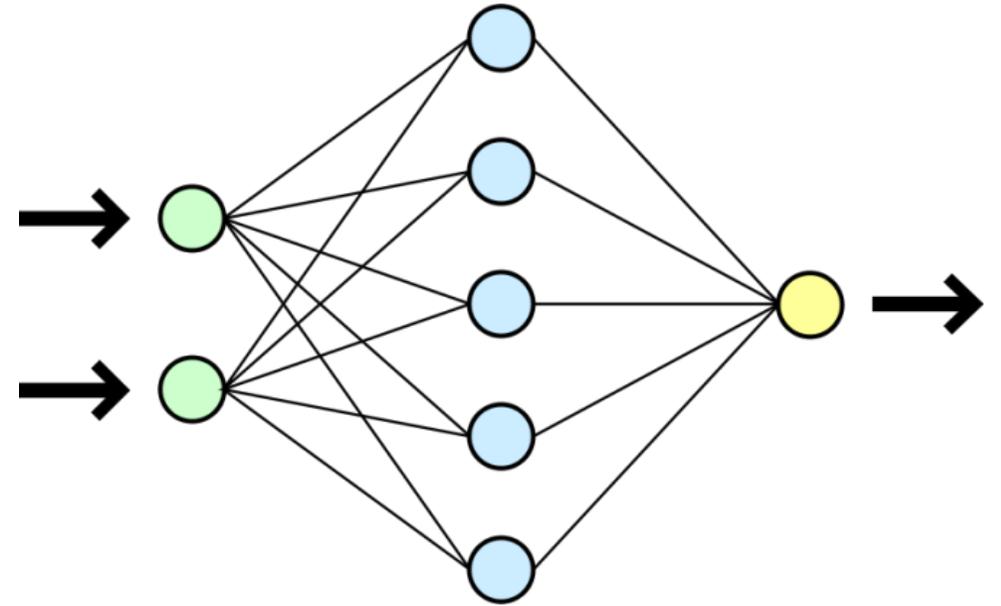
Introdução

- Pontos fracos do cérebro:
 - Lentidão
 - Imprecisão
 - Erros de generalização
 - Preconceito
 - Incapacidade de explicar suas próprias ações



Introdução

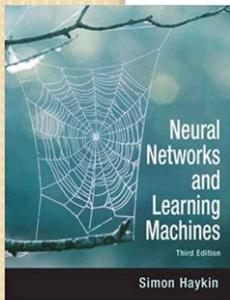
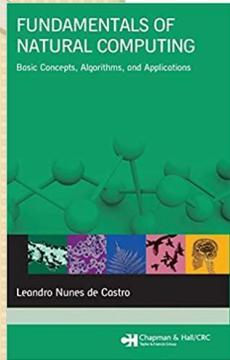
- Neurocomputação
 - Do inglês:
 - *Neurocomputing*
 - *Neurocomputation*
 - Frequentemente chamada:
 - Redes Neurais Artificiais (RNA)
 - Do inglês *Artificial Neural Networks* (ANN)



Neurocomputação

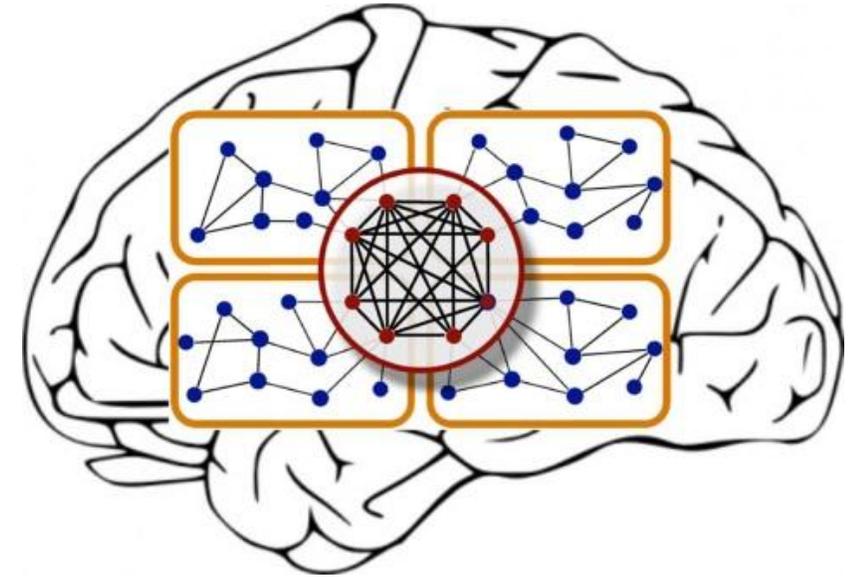
- Definições:

- “Sistemas de processamento de informação projetados com inspiração tomada do sistema nervoso, ou mais especificamente, do cérebro, e com particular ênfase na solução de problemas.” [Castro, 2006]
- “Uma rede neural (artificial) é um processador maciçamente paralelamente distribuído constituído de unidades de processamento simples, que têm uma propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso.” [Haykin, 2001]



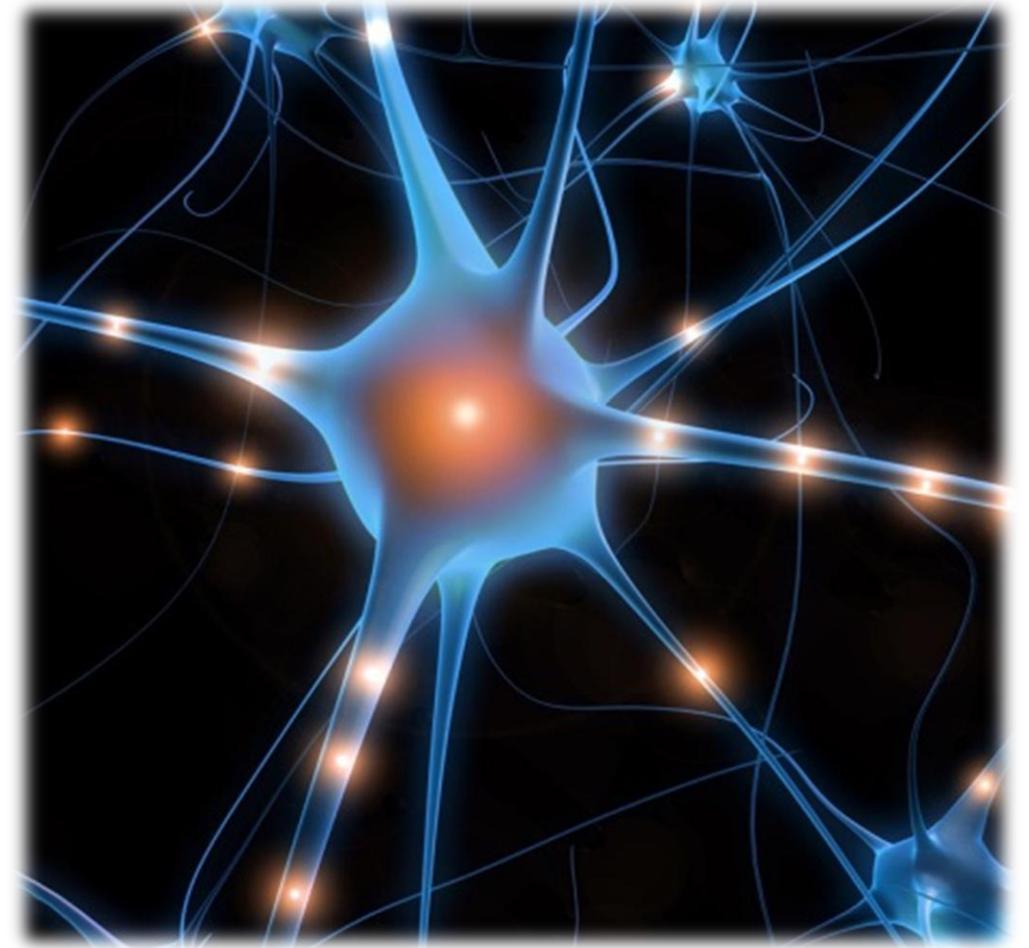
Neurocomputação

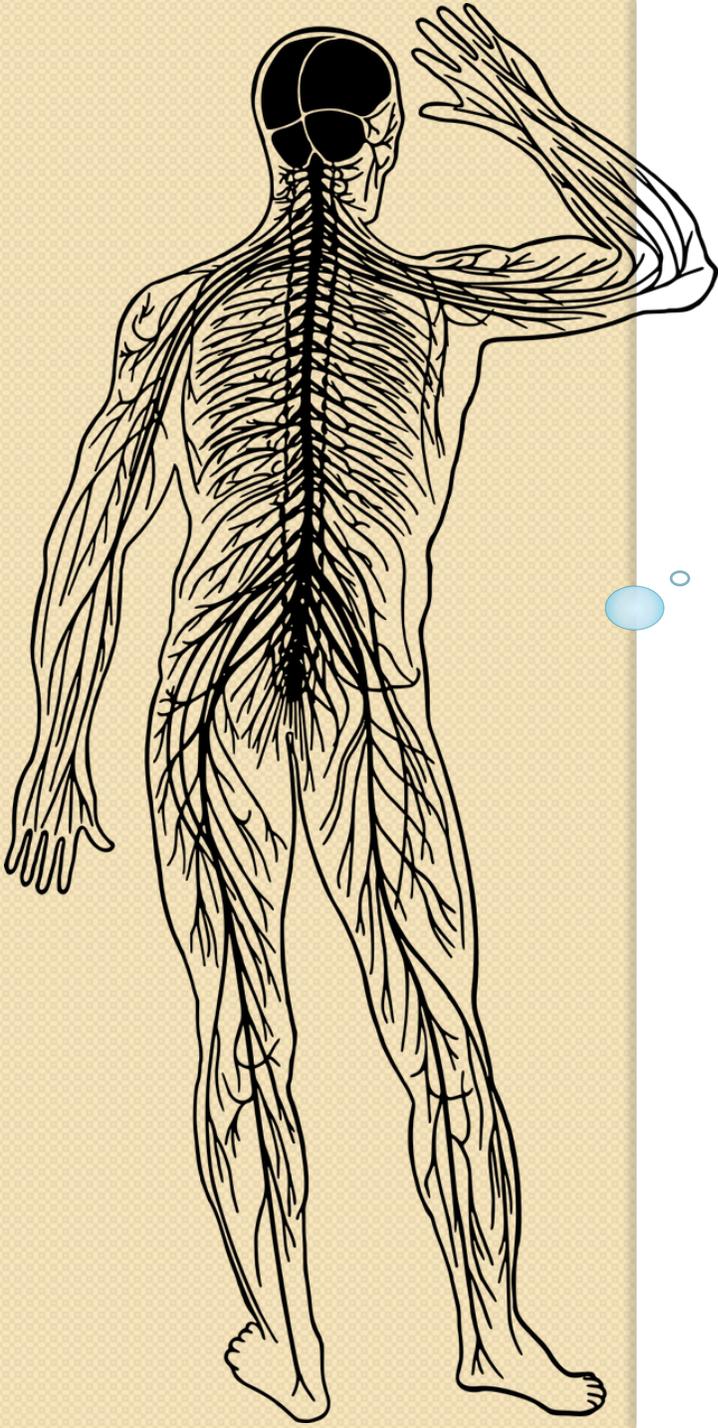
- **Neurociência Computacional**
 - Concentra-se no desenvolvimento de modelos computacionais baseados no sistema nervoso biológico.
- **Redes Neurais Artificiais**
 - Inspiração mais vaga no sistema nervoso e sistema desenvolvido com ênfase na capacidade de resolver problemas.



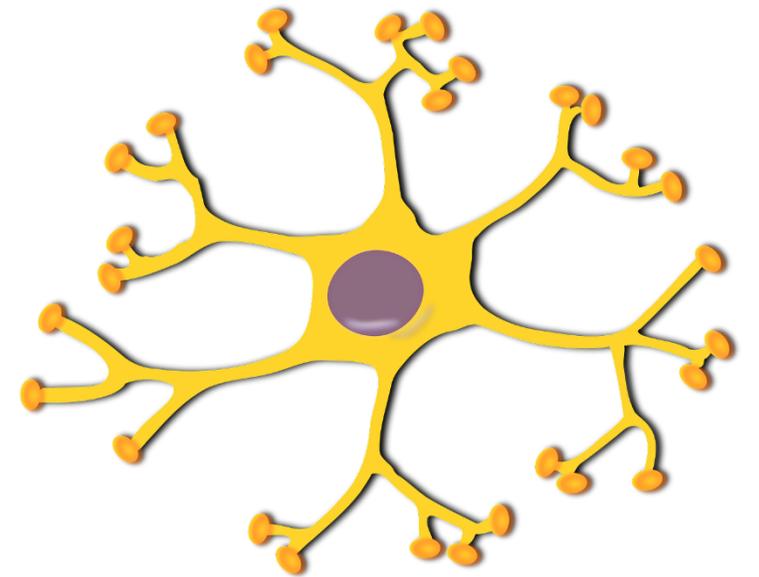
Neurônios

- Acredita-se ser a unidade básica de computação no cérebro.
 - Seu modelo abstrato simplificado é a base das redes neurais artificiais.
- Conectados uns aos outros por pequenas junções chamadas *sinapses*.
 - Acredita-se que é a base para a maioria das tarefas cognitivas.
 - Ex.: percepção, pensamento, inferência.





O SISTEMA NERVOSO



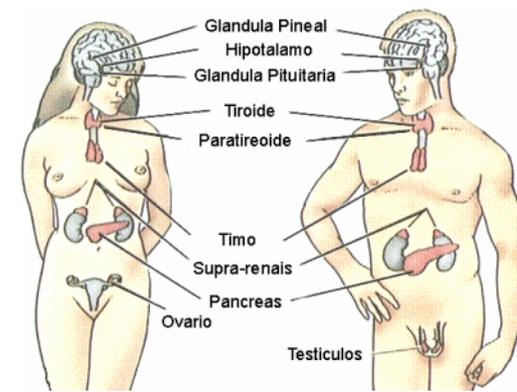
Introdução

- Organismos mais complexos têm vários sistemas em funcionamento simultaneamente.
- Para que organismo sobreviva é necessário integração e controle destas múltiplas atividades:
 - Sistema endócrino
 - Sistema nervoso
- Integração e controle ocorrem pelo envio de mensagens.



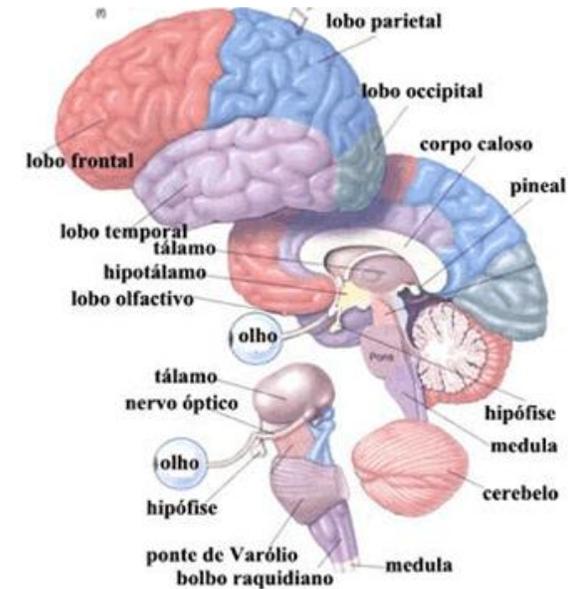
Sistema Endócrino

- Envia mensagens de natureza química.
- Mensagens são distribuídas pelo corpo através da corrente sanguínea (hormônios).
- Hormônios:
 - Pequena quantidade pode agir em várias células alvo.
 - Uma vez secretados, permanecem atuando por um período de tempo.
 - Existe um período de latência entre a produção do hormônio e execução da ação determinada.
 - Produção, liberação e ação pode durar minutos.



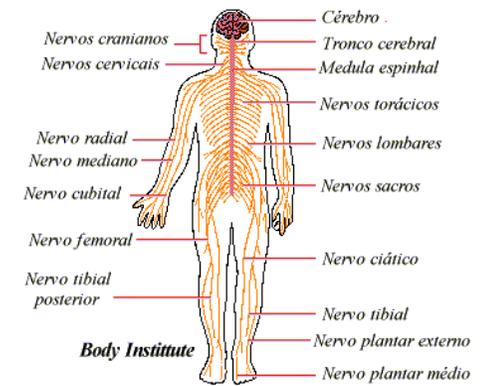
Sistema Nervoso

- Envia mensagens de natureza eletro-química.
- Mensagens são distribuídas pelo corpo por meio de estímulos nervosos (neurônios).
- Neurônios:
 - Mensagem se propaga com grande velocidade.
 - Ação é executada rapidamente.
 - Impulso nervoso pode percorrer todo o corpo em centésimos de segundos.
 - Consumo elevado de energia.
 - Finalizado o estímulo, termina a ação.



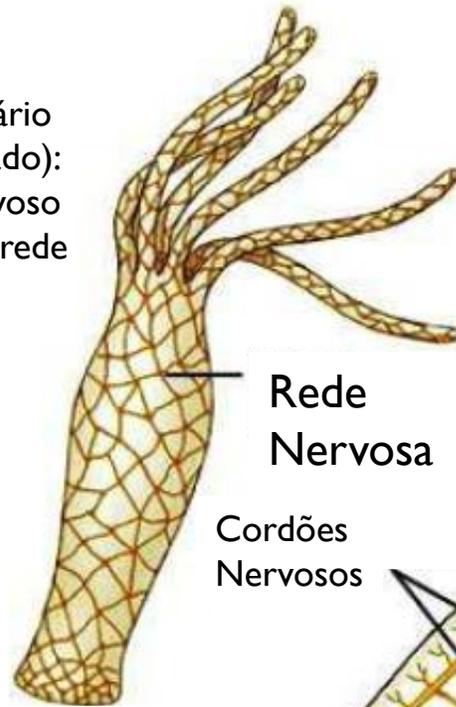
Sistema Nervoso

- Conjunto complexo de células.
- Determina funcionamento e comportamento dos seres vivos.
- Unidade fundamental: célula nervosa (neurônio).
 - Distingue-se das outras células por apresentar excitabilidade.
 - Possibilita transmissão de impulsos nervosos a outros neurônios e a células musculares e granulares.
- Presente em todos os vertebrados e na maioria dos invertebrados.



Evolução do Sistema Nervoso

Hidra (Cnidário ou Celenterado):
Sistema Nervoso em forma de rede (difuso)

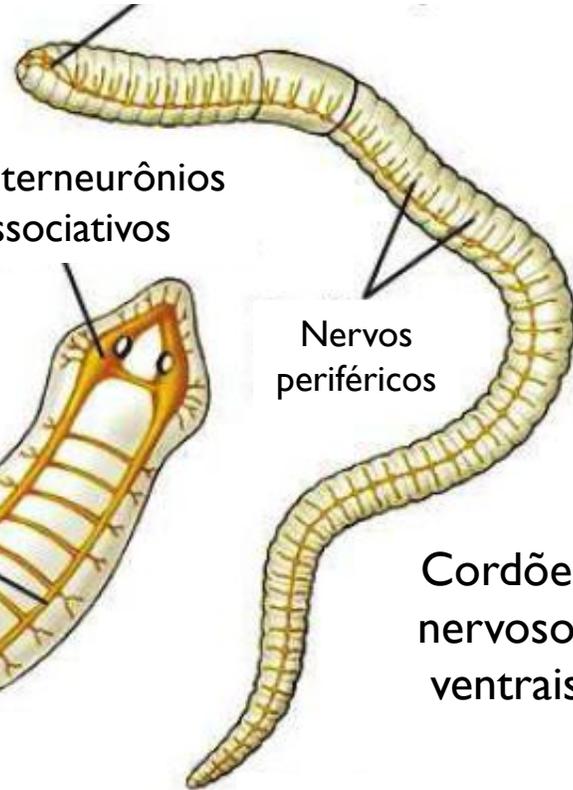


Cnidário

Sistema Nervoso Central

interneurônios associativos

Nervos periféricos

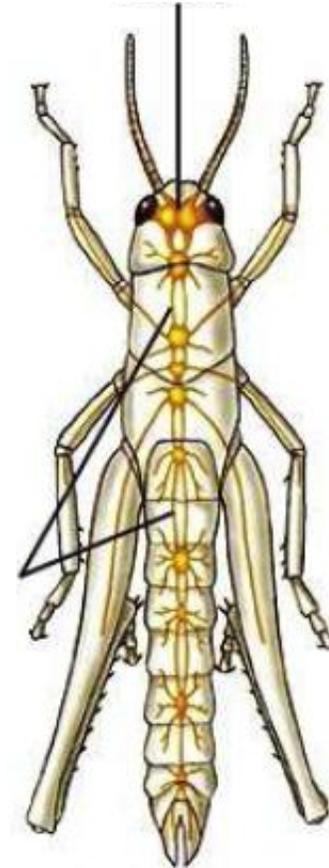


Minhoca

Cordões nervosos ventrais

Verme de Corpo Achatado

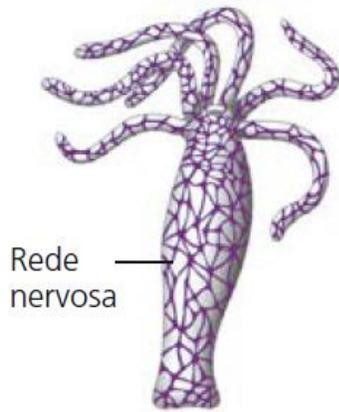
Cérebro



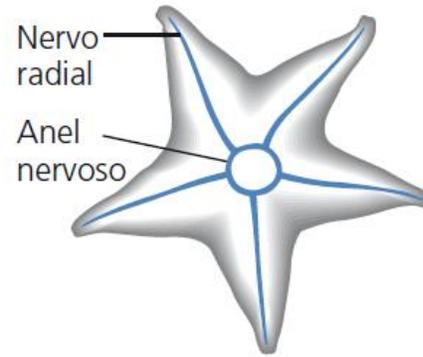
Artrópode

Cnidário (Água Viva)

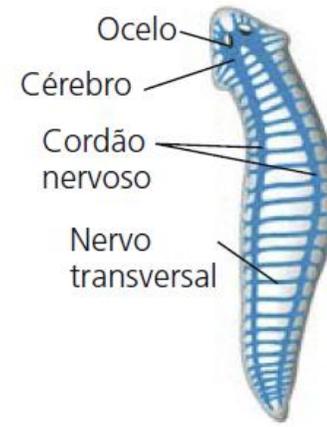




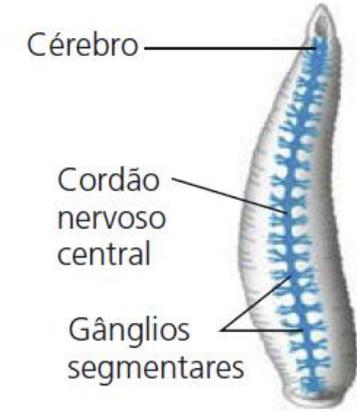
(a) Hidra (cnidários)



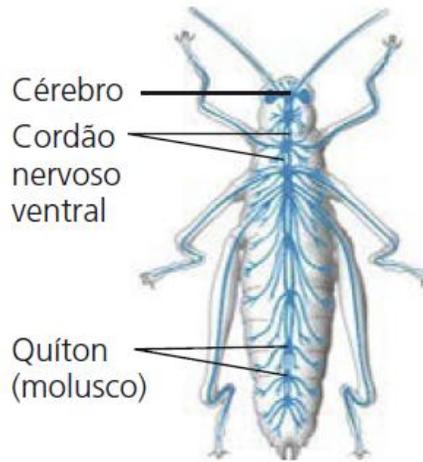
(b) Estrela-do-mar (equinoderma)



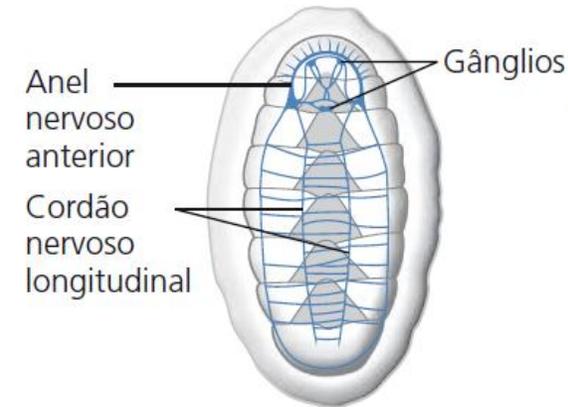
(c) Planária (platelminto)



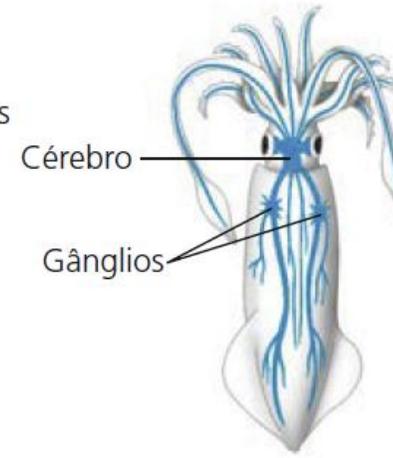
(d) Sanguessuga (anelídeo)



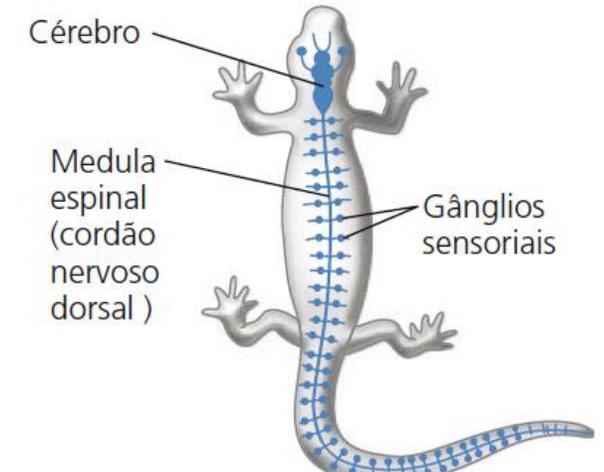
(e) Insetos (ártropode)



(f) Quíton (molusco)



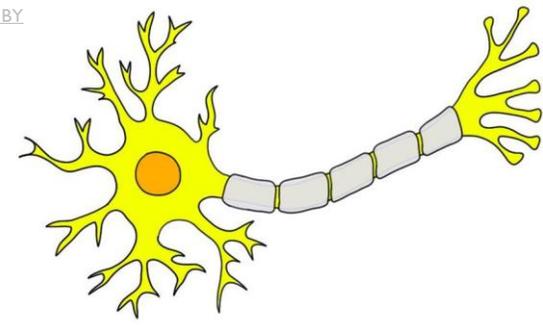
(g) Lula (molusco)



(h) Salamandra (vertebrado)

Organização do sistema nervoso. (a) A hidra contém neurônios individuais (roxo), organizados em uma rede nervosa difusa. (b-h) Os animais com sistema nervoso mais sofisticado contêm grupos de neurônios (azul), organizados em nervos e, muitas vezes, gânglios e um cérebro.

[Reece, J. B., Wasserman, S. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. \(2019\). *Biologia de Campbell*. Artmed Editora.](#)

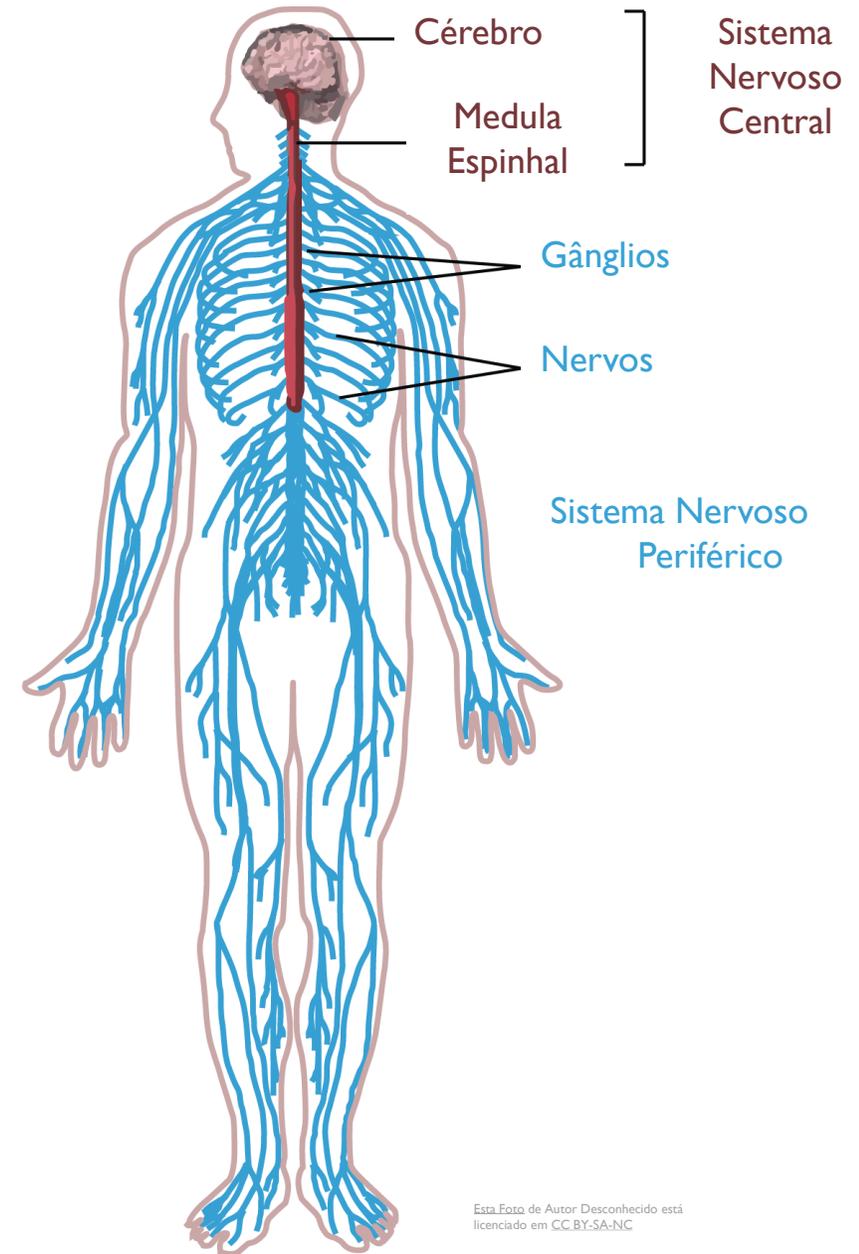


Sistema Nervoso

- Responsável por passar ao organismo informações sobre o ambiente em que vive e se movimenta.
 - Através dos sensores de entrada.
 - Relaciona as informações com experiências passadas, e transforma-as em memórias ou ações apropriadas.
- Formado pela interconexão de muitos neurônios.
 - Cada neurônio no cérebro humano tem da ordem de centenas a milhares de conexões.

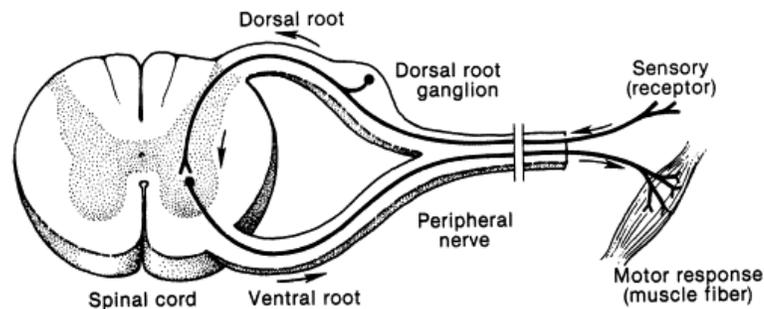
Sistema Nervoso

- Sistema nervoso divide-se em:
 - Sistema nervoso periférico
 - Sistema nervoso central



Sistema Nervoso Periférico

- Conecta o Sistema Nervoso Central a outras partes do corpo.
- Formado por:
 - Neurônios aferentes ou sensitivos, que transmitem ao Sistema Nervoso Central sinais vindos da periferia do corpo.
 - Neurônios eferentes ou motores, que transmitem aos órgãos ordens dadas pelo Sistema Nervoso Central.

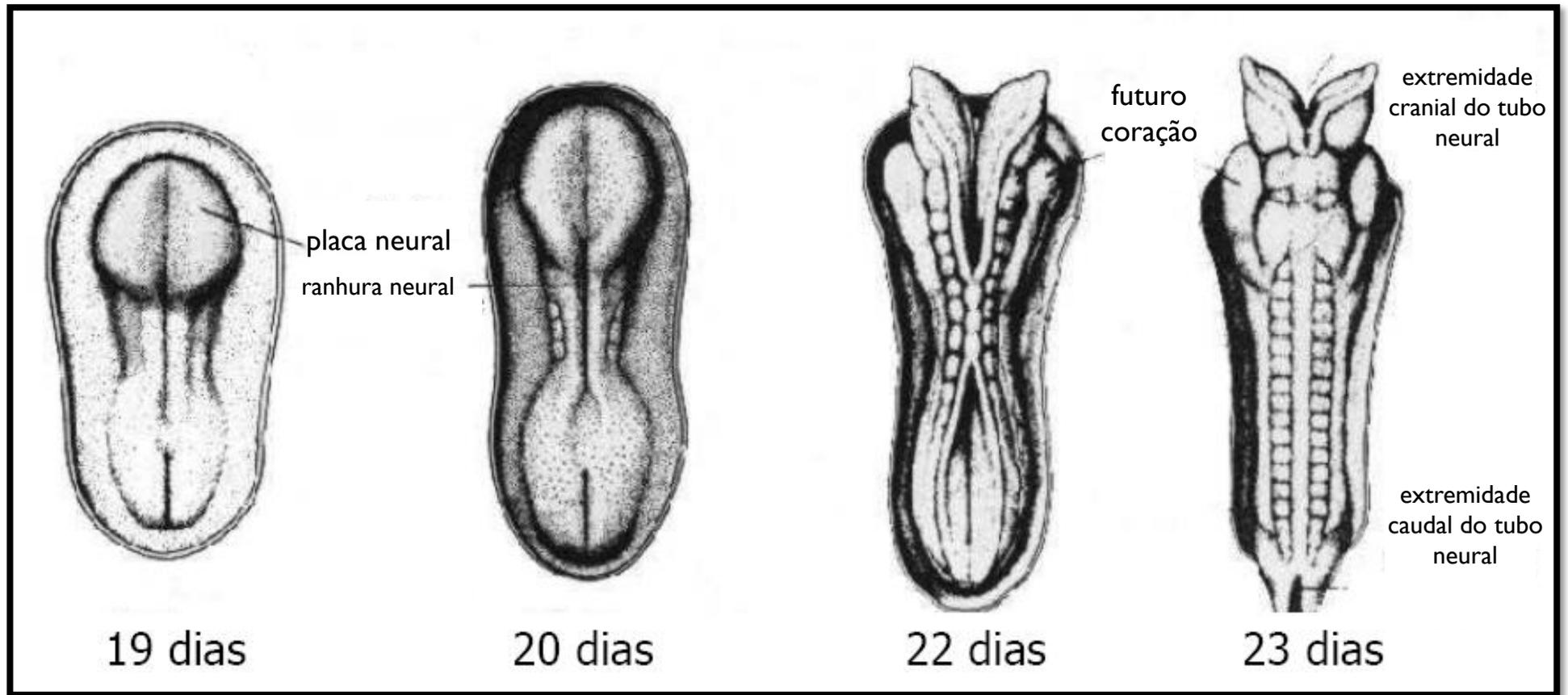


Sistema Nervoso Central

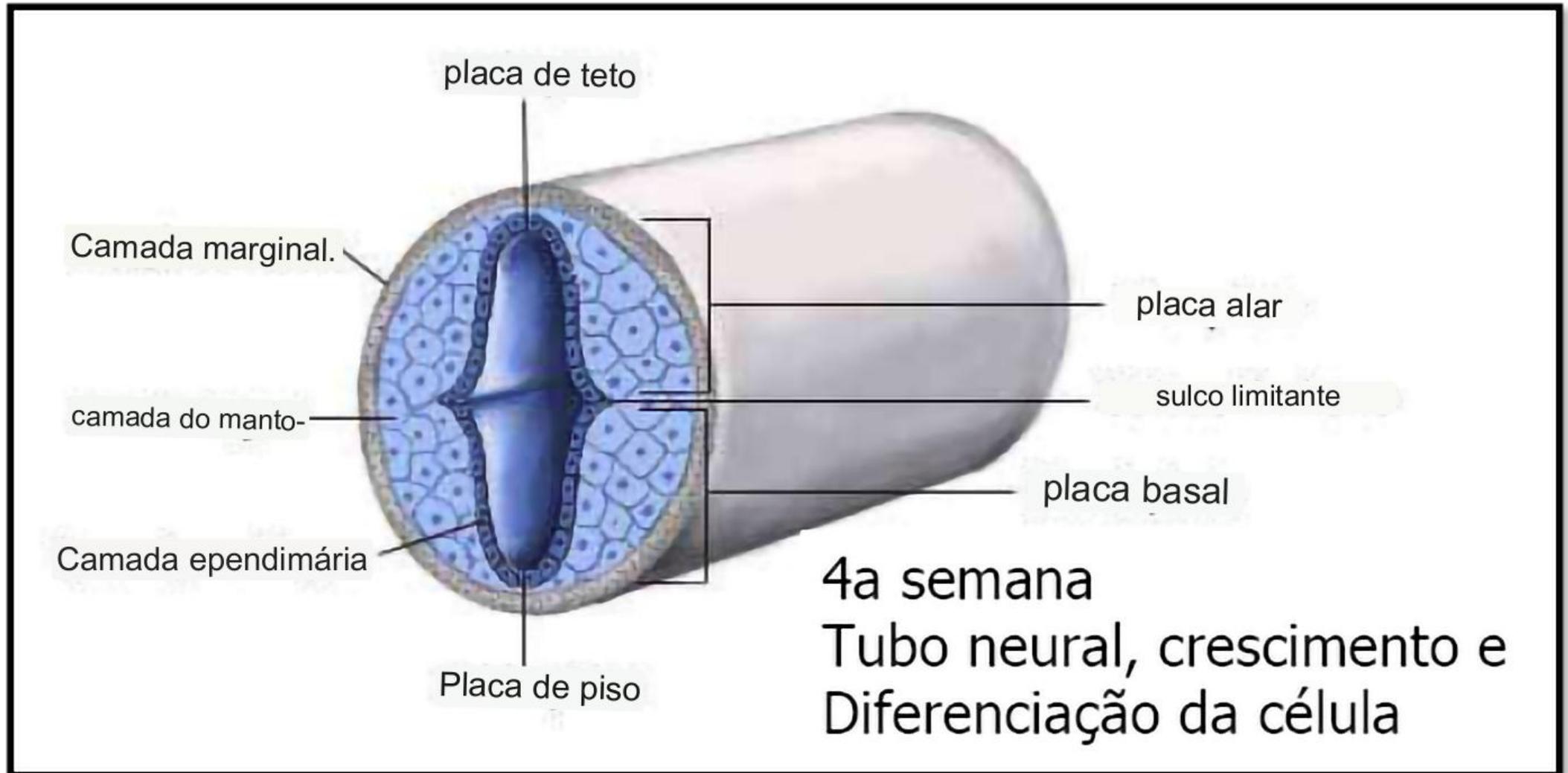
- Constituído por:
 - Medula espinhal.
 - Neurônios de associação (interneurônios).
 - Encéfalo (massa de tecido nervoso contida na caixa craniana).
- Forma-se nas primeiras fases da vida embrionária a partir de um tubo oco (tubo neural).
- Durante desenvolvimento do feto, transforma-se em um conjunto de cinco vesículas.



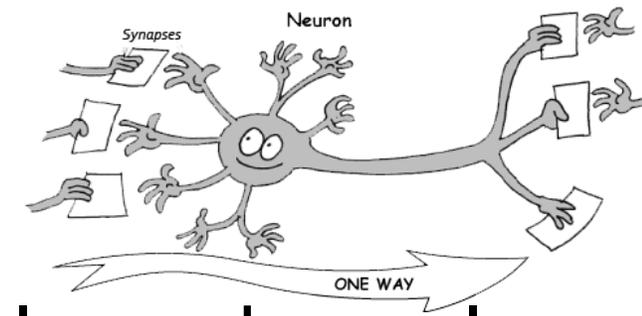
Tubo Neural



Tubo Neural



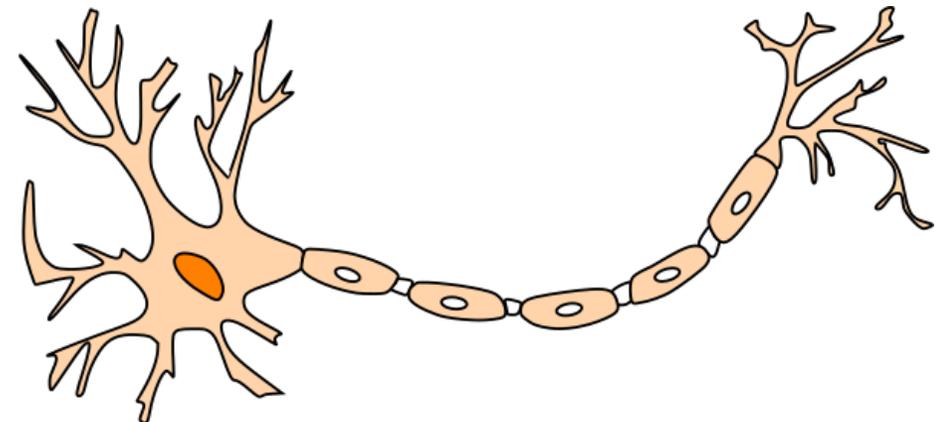
Processo de Desenvolvimento



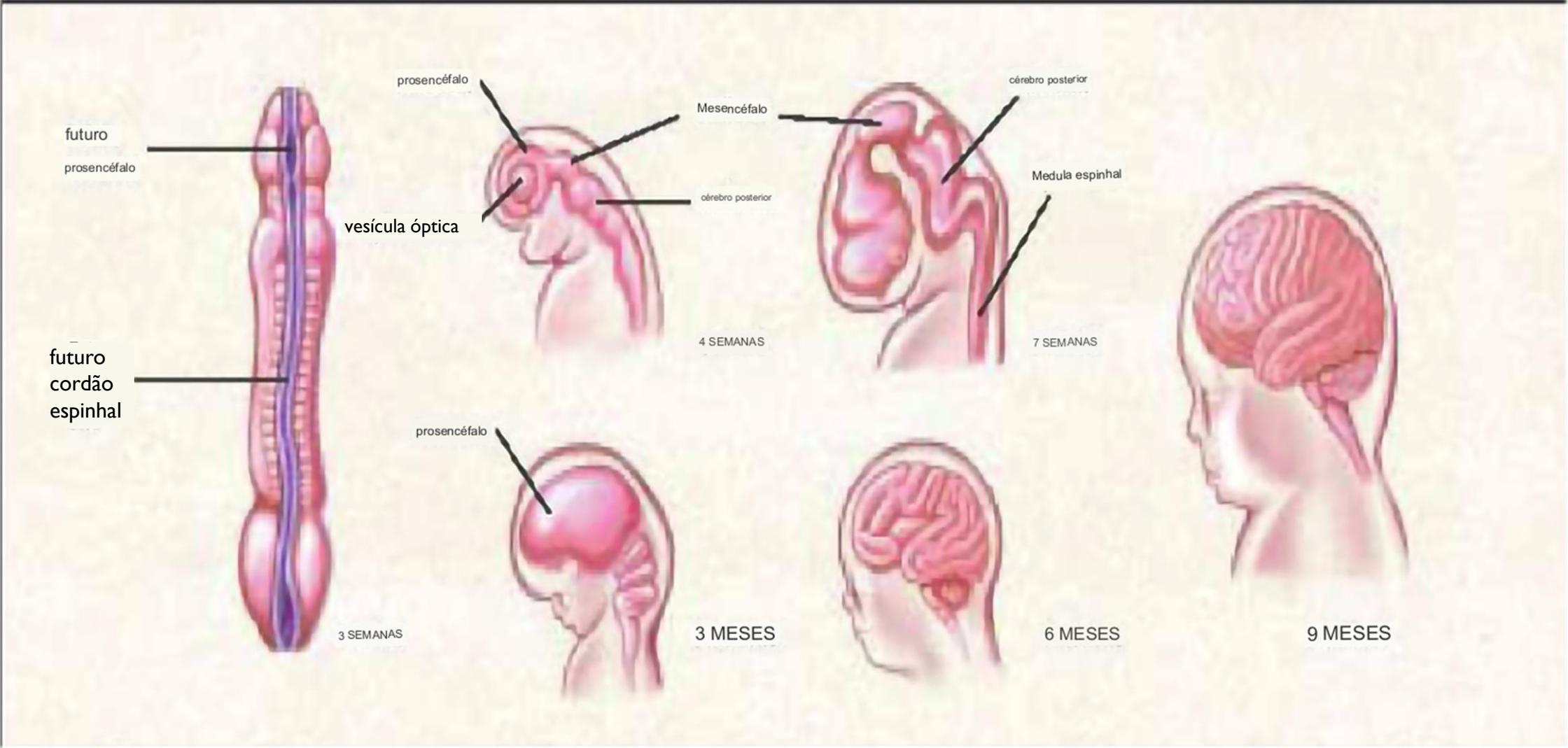
- Neurônios são inicialmente produzidos ao longo do canal central do tubo neural.
- Esses neurônios migram do local de nascimento até o destino final no cérebro.
- Neurônios se juntam para formar cada uma das estruturas do cérebro.
 - E adquirir caminhos específicos para transmitir mensagens nervosas.
- Seus axônios se expandem por longas distâncias.
 - Para encontrar e se conectar com os parceiros adequados.
 - Formando circuitos específicos e elaborados.

Processo de Desenvolvimento

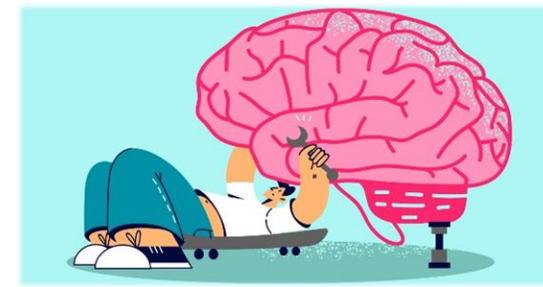
- Ação de refinamento elimina conexões impróprias ou redundantes.
 - Mantendo a especificidade dos circuitos.
- Resultado: rede adulta precisamente elaborada composta por cerca de 100 bilhões de neurônios capazes de:
 - Movimentação do corpo
 - Percepção
 - Emoção
 - Cognição



Processo de Desenvolvimento



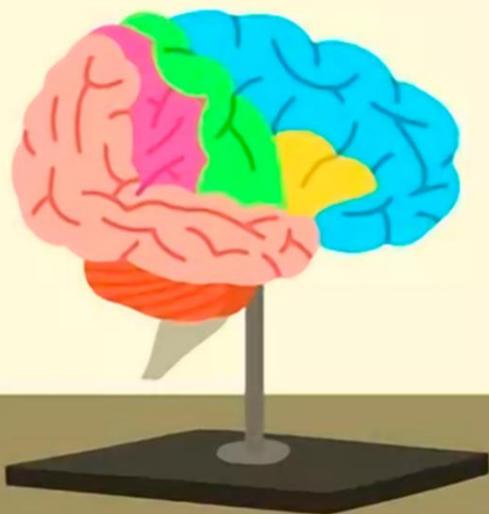
Plasticidade



- Um dos principais temas de pesquisa atuais é a (neuro)plasticidade do sistema nervoso.
 - Plasticidade é capacidade do sistema nervoso em adaptar sua estrutura como resultado de:
 - Amadurecimento:
 - Mudanças físicas no cérebro que parecem corresponder a aprendizado e memória.
 - Lesões:
 - Quando ocorre uma lesão no cérebro, células nervosas assumem as tarefas daquelas que foram destruídas.
 - Adaptação ocorre no sentido anatômico e funcional.

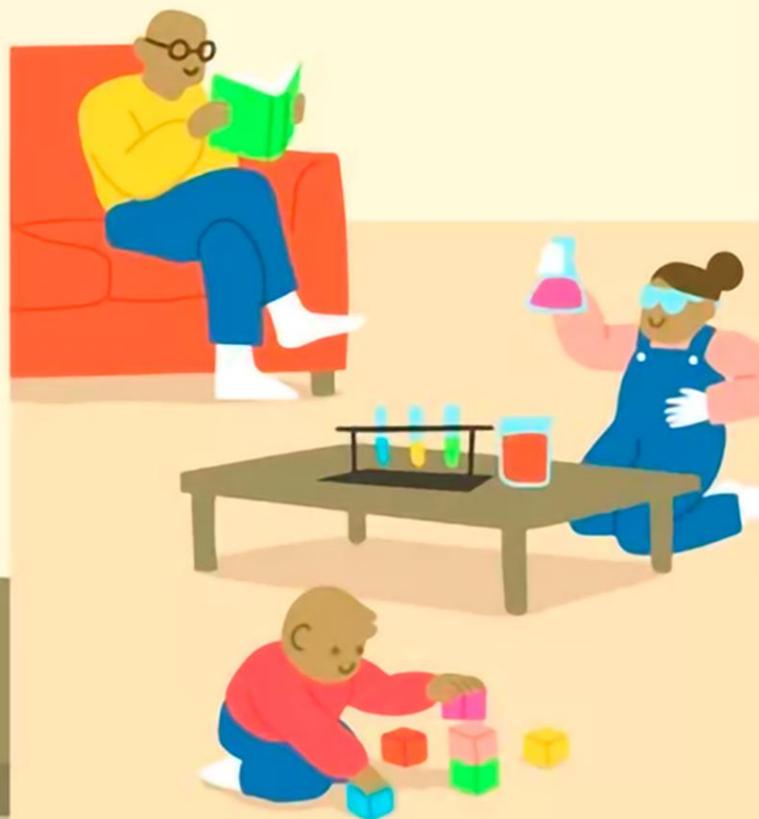
Os 2 Tipos de Plasticidade do Cérebro

O que é Neuroplasticidade (também chamada Plasticidade do Cérebro)?



Capacidade do cérebro de mudar e se adaptar

Tipo 1: Plasticidade Estrutural



Experiências ou memórias mudam a estrutura física do cérebro

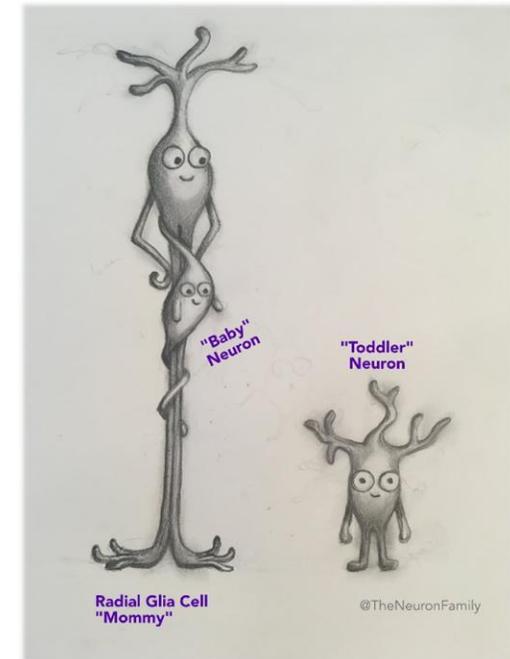
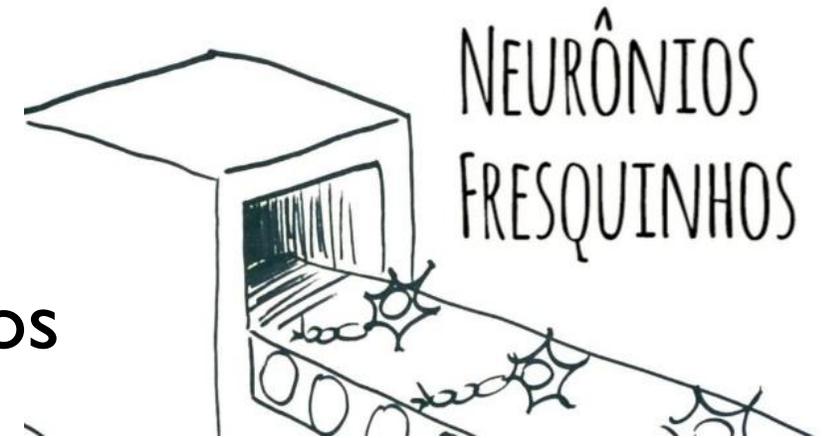
Tipo 2: Plasticidade Funcional



Funções do cérebro se movem da área danificada para a área não danificada

Neurogênese

- Neurogênese no sistema nervoso dos mamíferos.
 - Final do século XIX:
 - Cientistas concordavam que o cérebro adulto permanecia estruturalmente constante.
 - Arquitetura do cérebro continuava aparentemente a mesma.
 - Não havia evidência de mitose ou desenvolvimento de células.
 - Primeira metade do século XX:
 - Apareceram evidências de que novas células eram criadas logo após o nascimento.

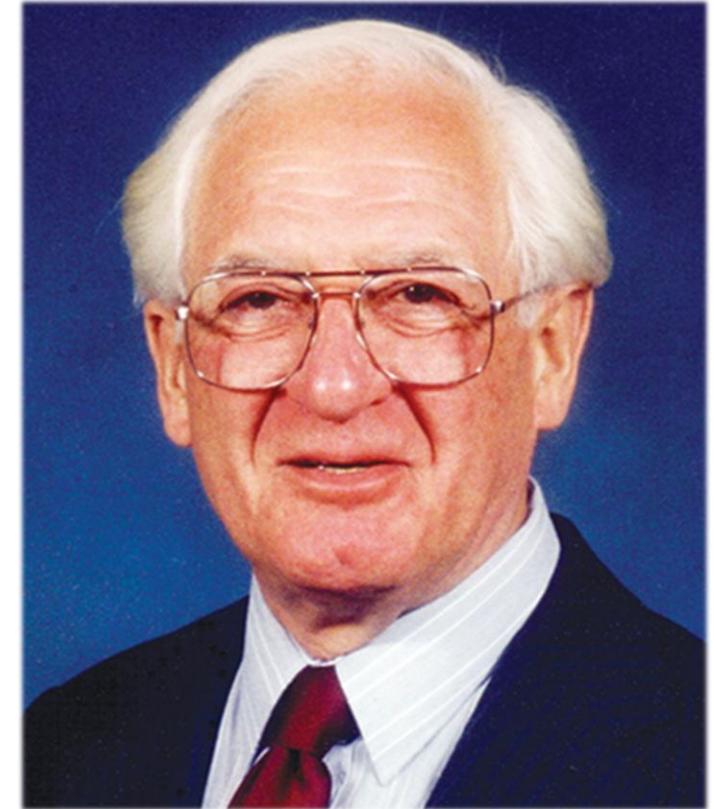


Neurogênese

- Até recentemente acreditava-se que a neurogênese estava restrita aos períodos:
 - Embrionário
 - Início do pós-natal
- Após ter sua estrutura completa, o cérebro não geraria novos neurônios.
- Atualmente, já se sabe que novos neurônios são gerados continuamente nos mamíferos adultos.

Neurogênese

- Início dos anos 1960:
 - Joseph Altman, do MIT, relatou a existência de novos neurônios em várias estruturas de ratos jovens e adultos.
 - Microneurônios:
 - Neurônios granulares com axônio pequeno.
 - Encontrados no neocórtex, bulbo olfativo, etc.
 - Foram considerados de grande importância no aprendizado e na memória.



Joseph Altman [*1925 – †2016]

Neurogênese

- Trabalho de Altman não foi bem aceito na época.
 - Fazia apenas pós-doutorado no departamento de psicologia do MIT.
 - Trabalhava por conta própria.
 - Seus resultados desafiaram um conceito universalmente aceito na neurociência.
- Nos anos 90 outros neurocientistas confirmaram que as descobertas de Altman estavam corretas.
 - **Neurogênese adulta existe!**
 - Altman foi finalmente reconhecido por seu trabalho.
 - Recebeu prêmios importantes em 2011 e 2012.



Sistema Nervoso

- Estrutura massivamente paralela (e conectada).
- Apresenta processamento hierárquico:
 - Por causa da sofisticação da informação representada.
 - Não significa que exista um fluxo de informação até o topo, sem envio de sinais para a base.
 - Cerca de 45% das conexões do cérebro são conexões de *feedback*.



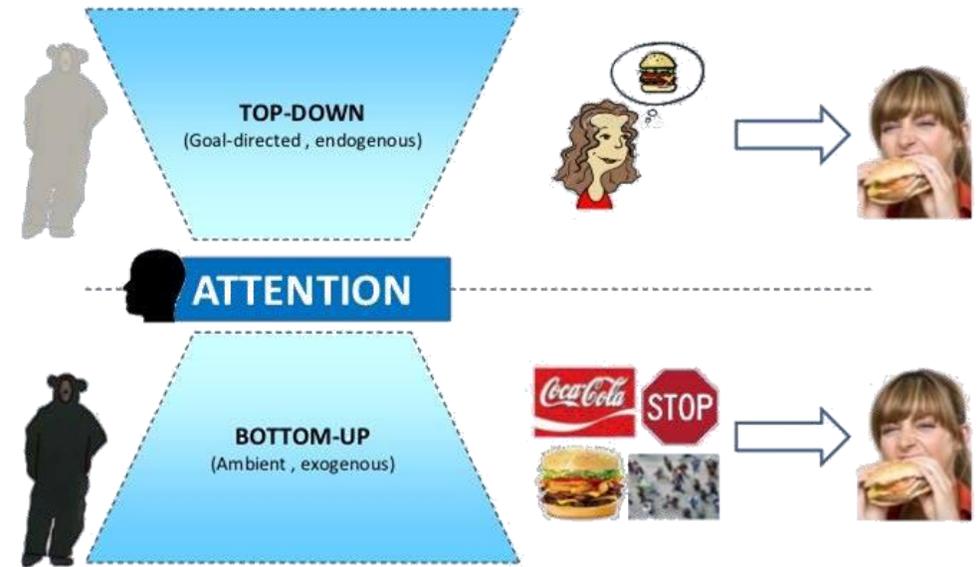
Retro-Alimentação

- Existe uma retro-alimentação entre os sistemas sensorial e motor.
 - Ao nos movermos, ajustamos nosso movimento de acordo com nossas sensações.
- Também existe uma retro-alimentação dentro de cada sistema.
 - Sensações são ajustadas por retro-alimentação do córtex.



Conexões *Top-down* e *Bottom-Up*

- Conexões *top-down* lidam com informações internas.
 - O que sabemos e o que esperamos.
- Conexões *bottom-up* lidam com informações externas.
 - Informação que está sendo recebida do ambiente.
 - E que deve ser interpretada pelo cérebro.

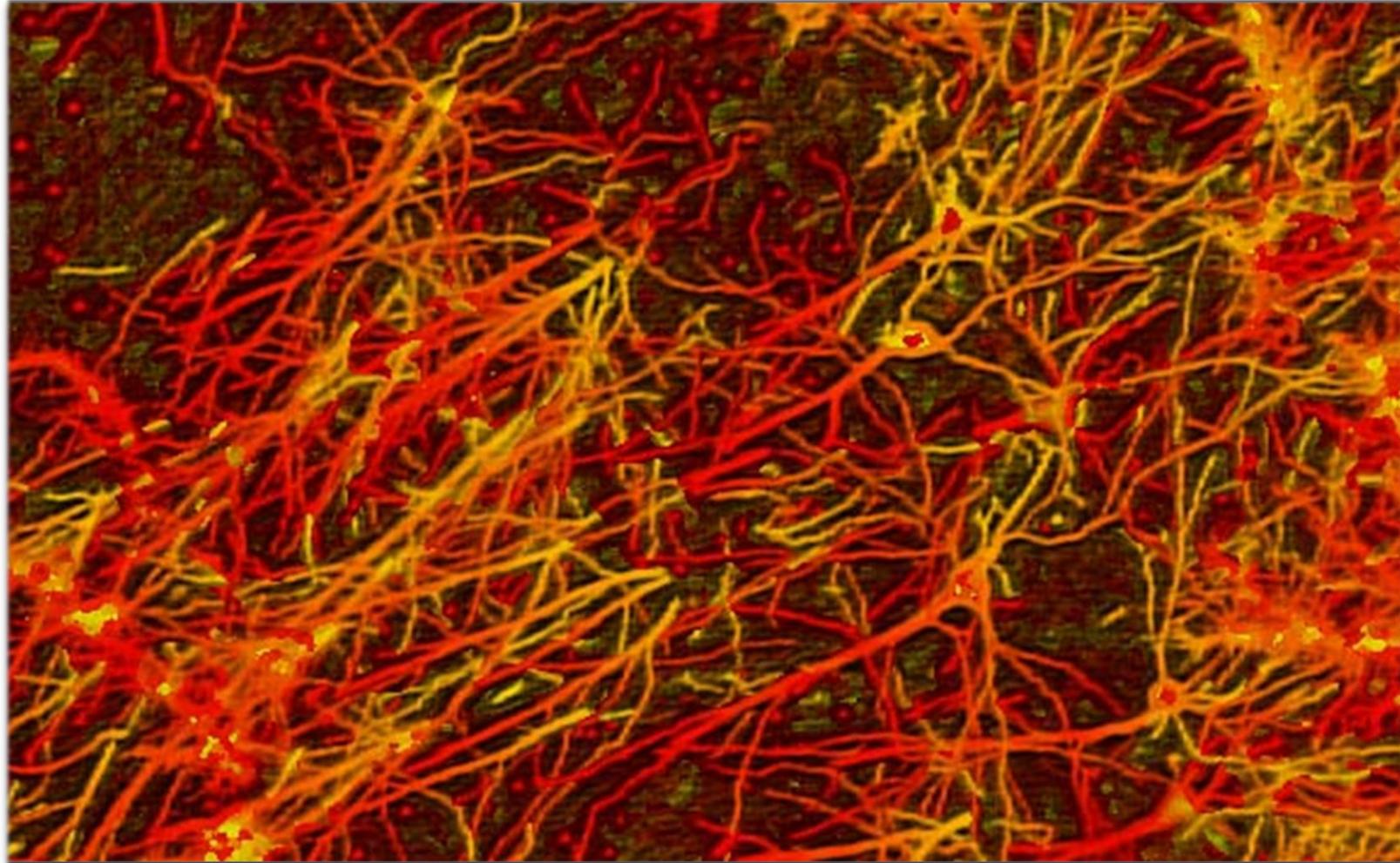


<https://www.facebook.com/theaddictivebrain/photos/learn-about-top-down-vs-bottom-up-attention-in-our-new-article-by-sneha-shindeht/2132467583451840/>

Conexões *Top-down* e *Bottom-Up*

- Existência de um grande número de conexões de *feedback* sugere que:
 - Informação recebida pelo cérebro é alterada pelo processamento *top-down* desde o início.
 - Deve haver uma razão para estas conexões.
 - Possível razão:
 - Para que a percepção (informação recebida) seja influenciada pelo que se sabe e se espera que aconteça em seguida.

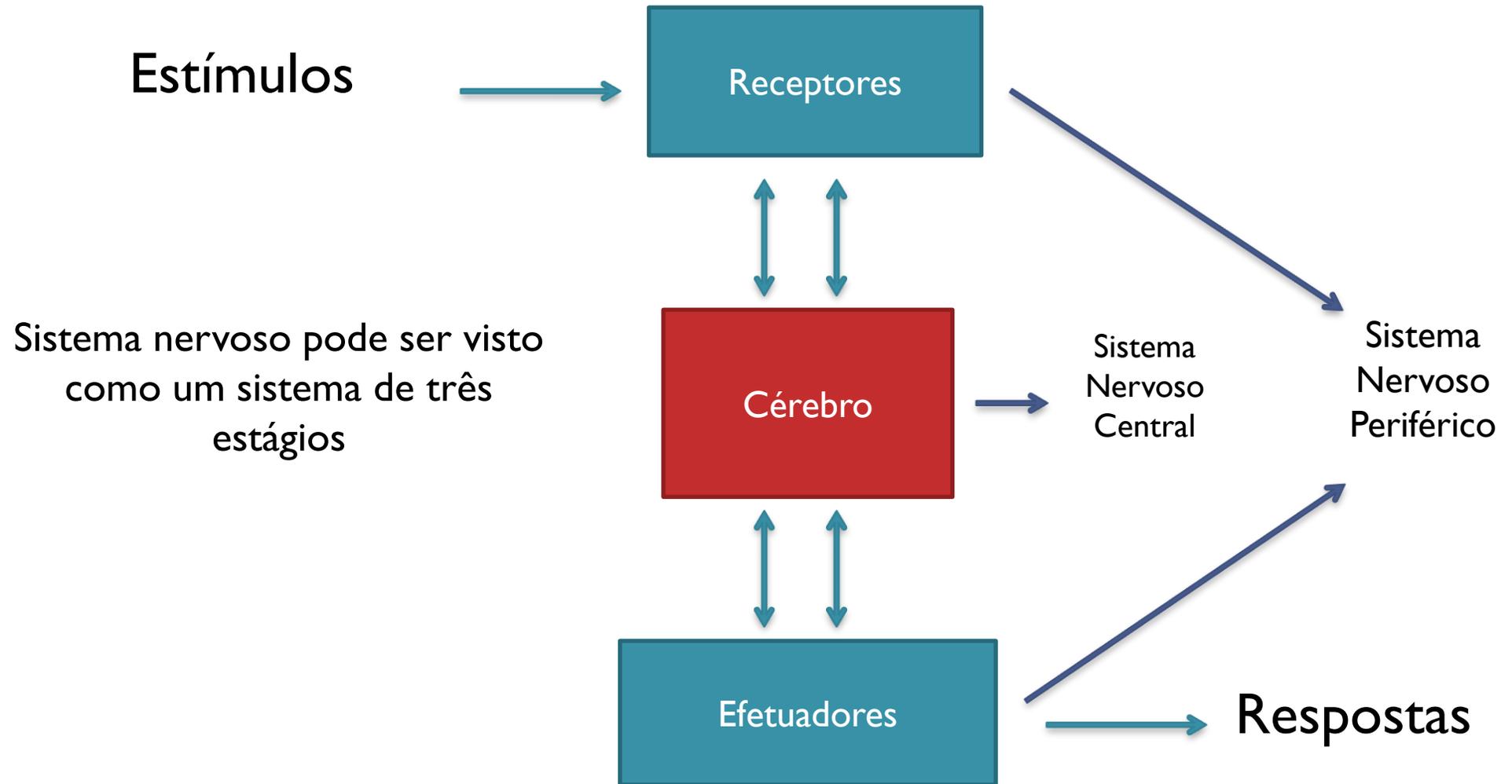
Representação do Sistema Nervoso



Organização do Sistema Nervoso de vertebrados



Sistema de Três Estágios



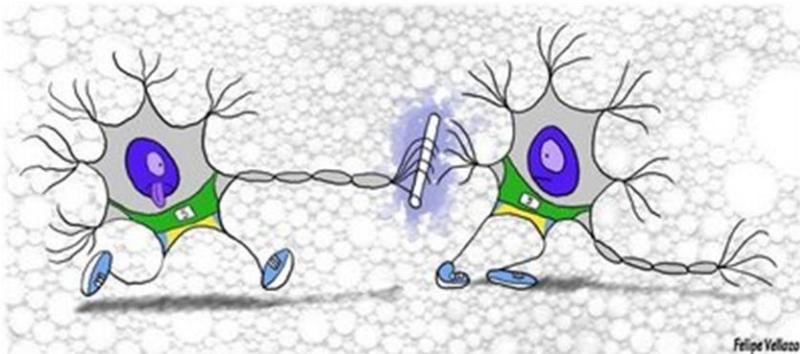
Cérebro

- Funciona de forma inteiramente diferente dos computadores convencionais.
 - Nos anos 1980, neurônios eram de 100 mil a 1 milhão de vezes mais lentos que portas lógicas de silício.
 - Lentidão compensada por grande número de neurônios maciçamente conectados.
 - Para certas operações, muito mais rápido que computadores convencionais.
 - Visão, audição, controle e previsão.



Cérebro

- Com sua estrutura, cérebro tem capacidade de construir suas próprias regras através da experiência.
 - Cérebro humano:
 - Um milhão de sinapses por segundo são desenvolvidas nos dois primeiros anos de vida.
- Cérebro é composto por várias regiões especializadas.



Corpus straitum

tálamo

Córtex cerebral

corpo caloso

Crânio

Glândula pineal

-Cerebelo

pontes

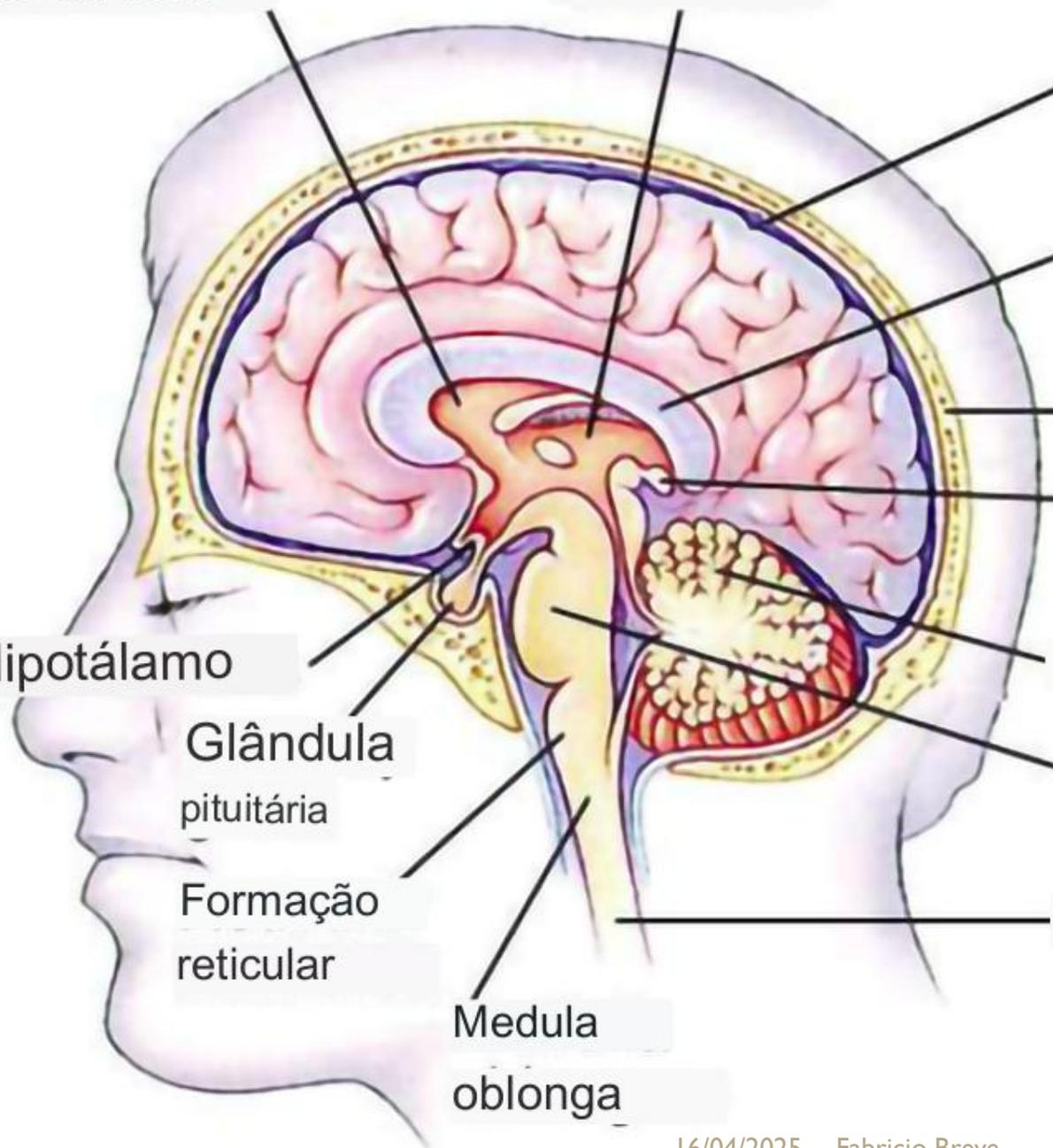
-Medula espinhal

Hipotálamo

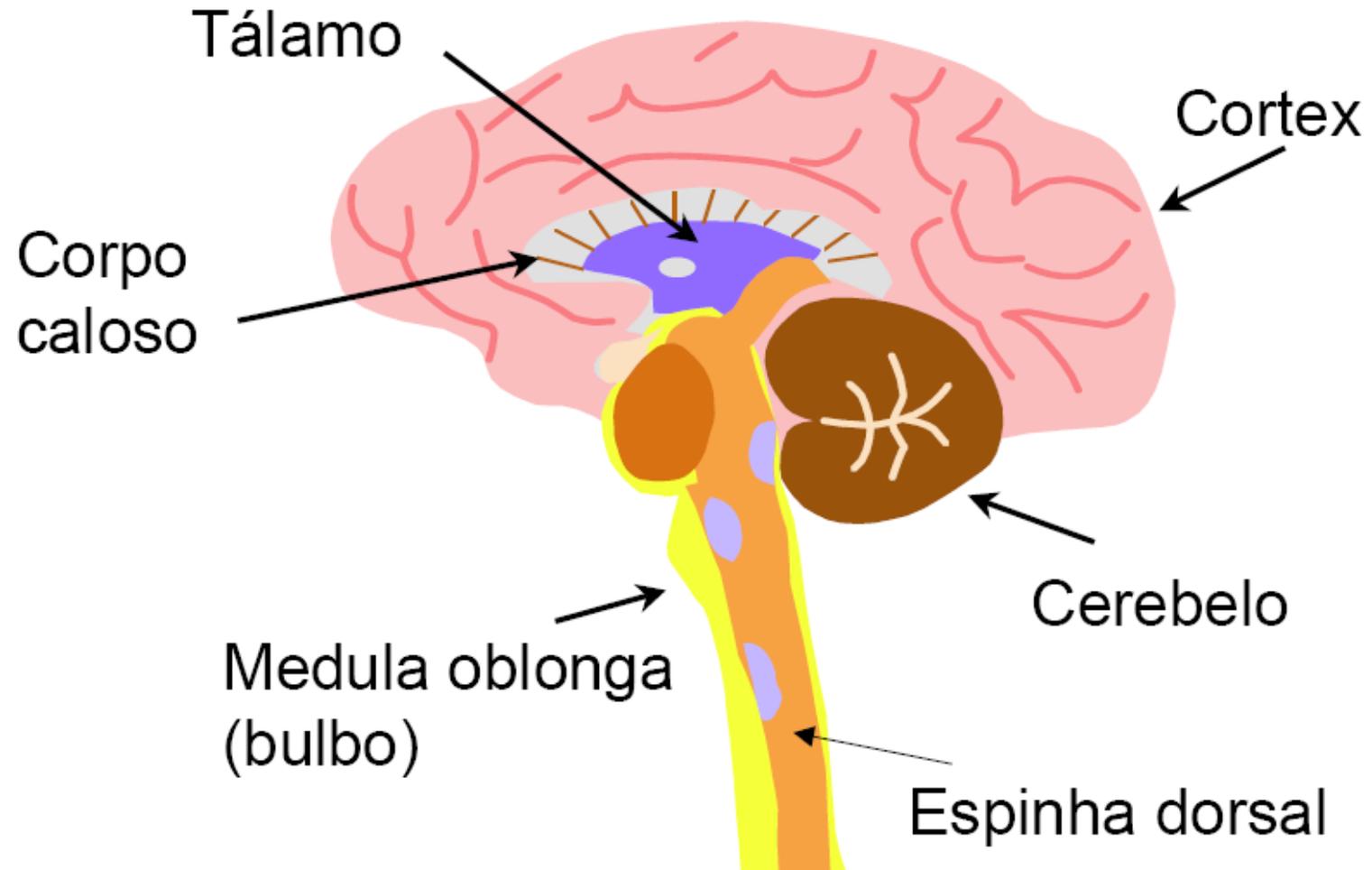
Glândula pituitária

Formação reticular

Medula oblonga

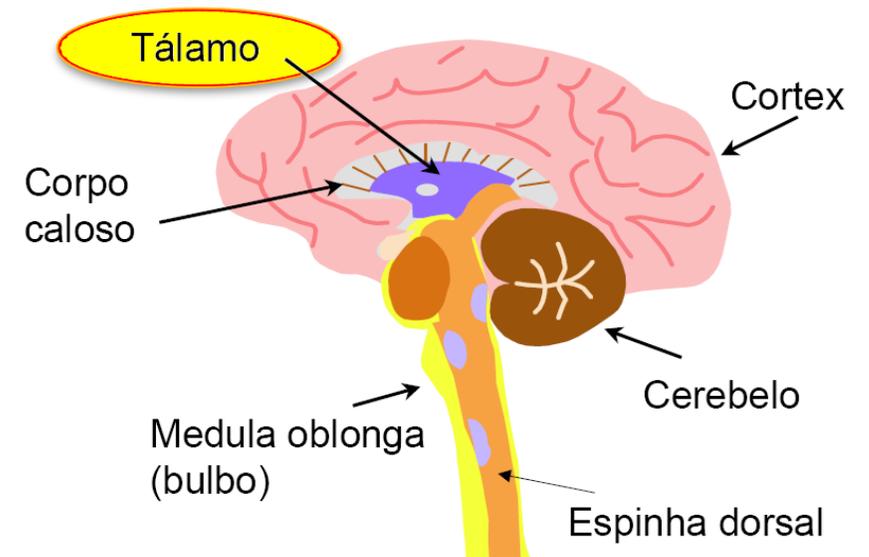


Regiões do Cérebro



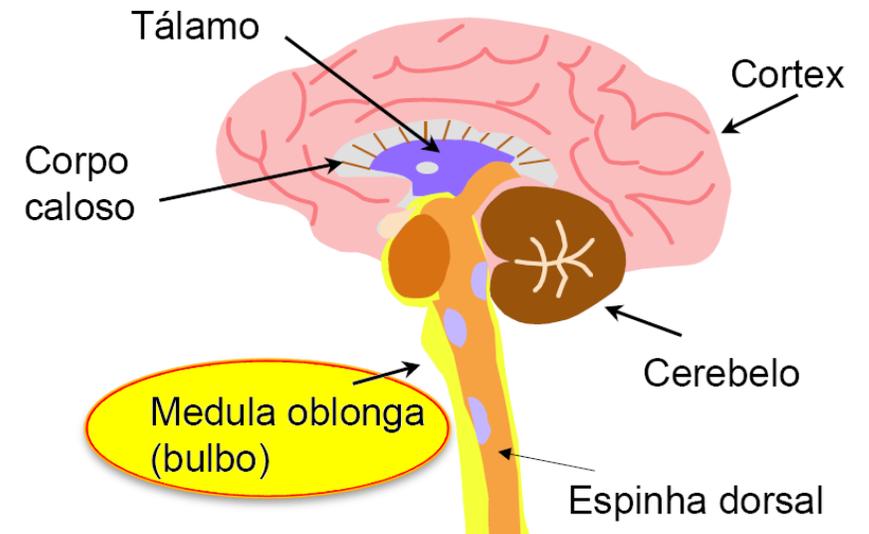
Tálamo

- O centro de transmissão de vias sensoriais mais importante.
- Integra todas as entradas sensoriais (exceto olfato) antes de serem apresentados ao córtex.



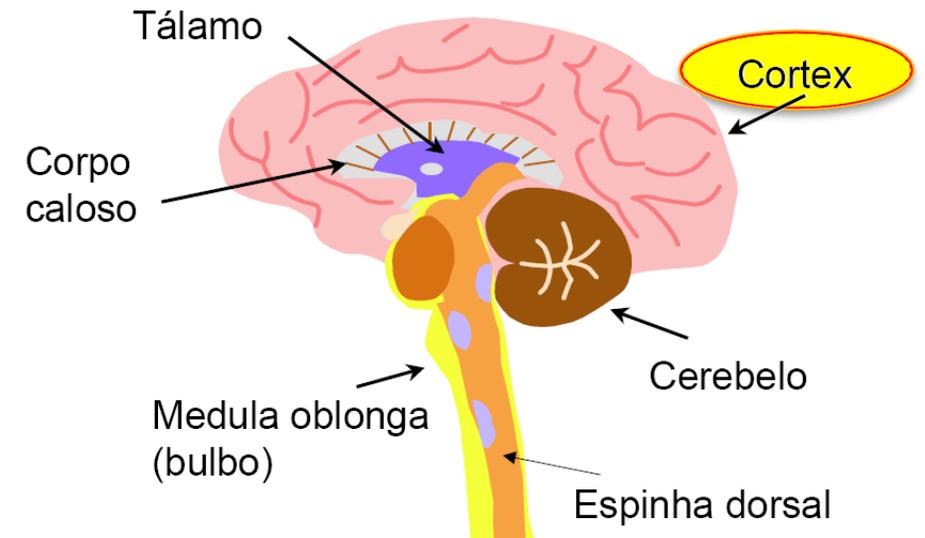
Medula oblonga (bulbo)

- Onde maioria dos nervos cranianos entra e sai do encéfalo.
 - Também responsável por funções como respiração, batimento cardíaco, pressão arterial, visão e audição.



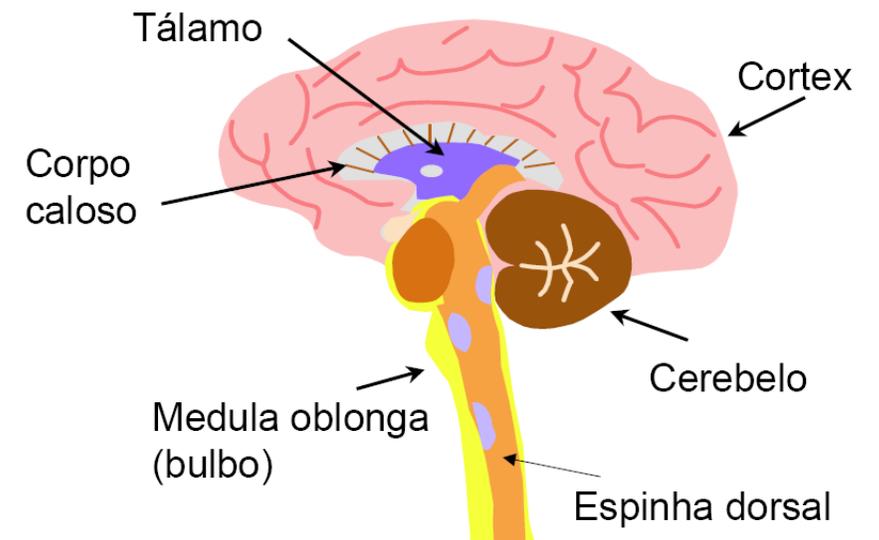
Córtex

- Principal área de processamento.
 - Áreas motoras: produzem respostas motoras quando estimuladas eletricamente.
 - Áreas sensitivas: Quando estimuladas, provocam efeitos sensoriais.
 - Visão, paladar, tato, olfato e audição.
 - Também responsável por:
 - Pensamento
 - Movimentos voluntários
 - Linguagem
 - Raciocínio
 - Percepção



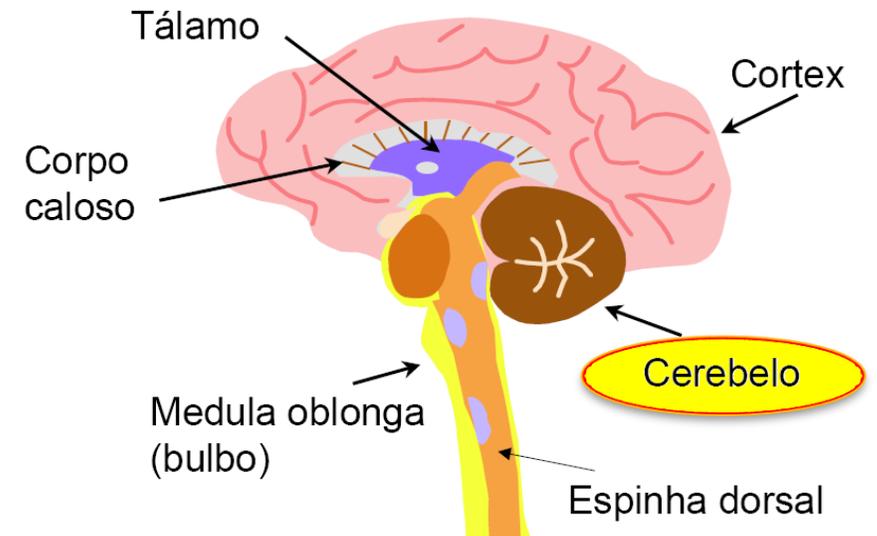
Hipotálamo

- Logo abaixo do Tálamo.
- Responsável por integrar padrões de comportamento básicos:
 - Correlação Neural
 - Funções Endócrinas
- Associado a emoções.



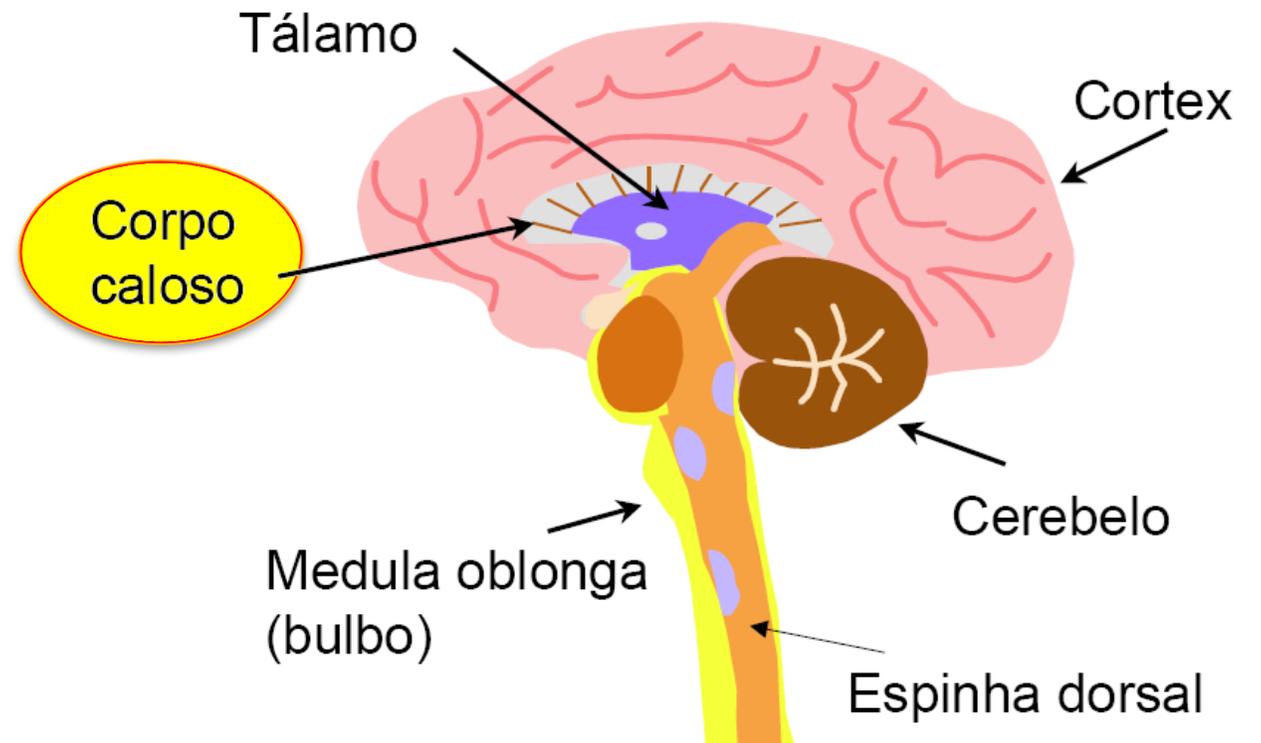
Cerebelo

- Coordenação de atividades motoras e manutenção da postura.
 - Dados vêm de duas fontes principais:
 - Área auditiva do bulbo.
 - Sistema de receptores existentes nos músculos e tendões.

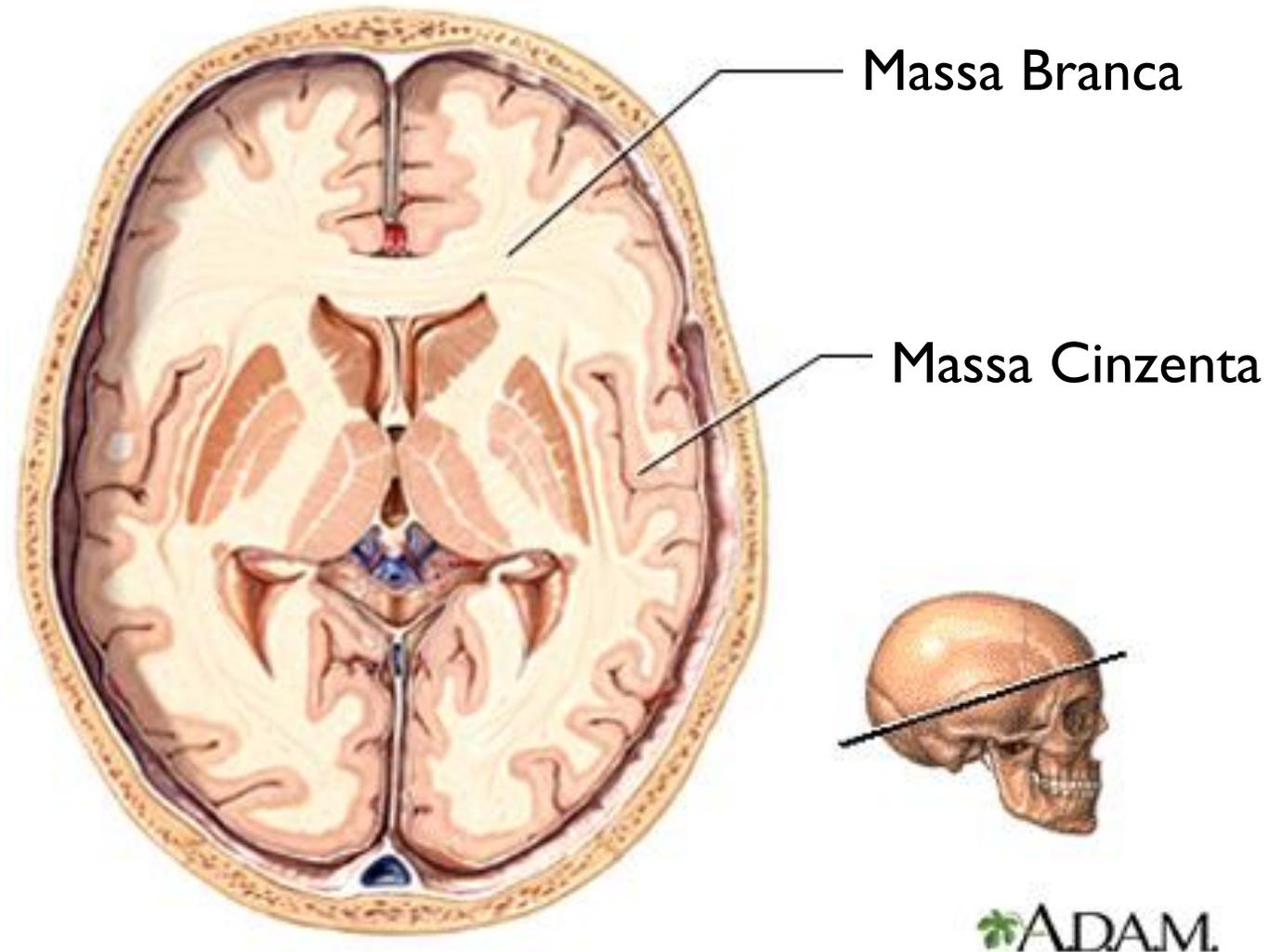


Corpo caloso

- Permite a união dos recursos de memória e aprendizado dos dois hemisférios.

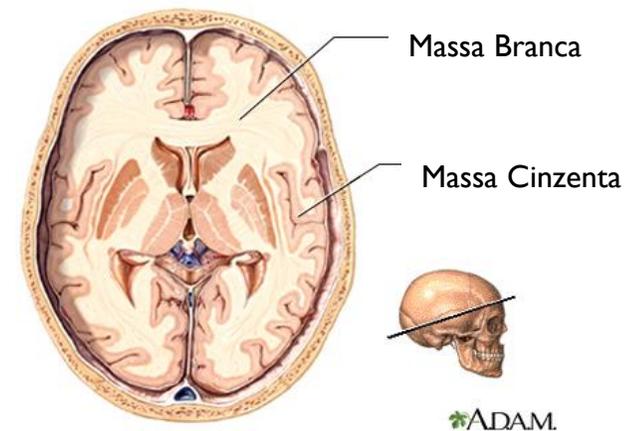


Cérebro Humano



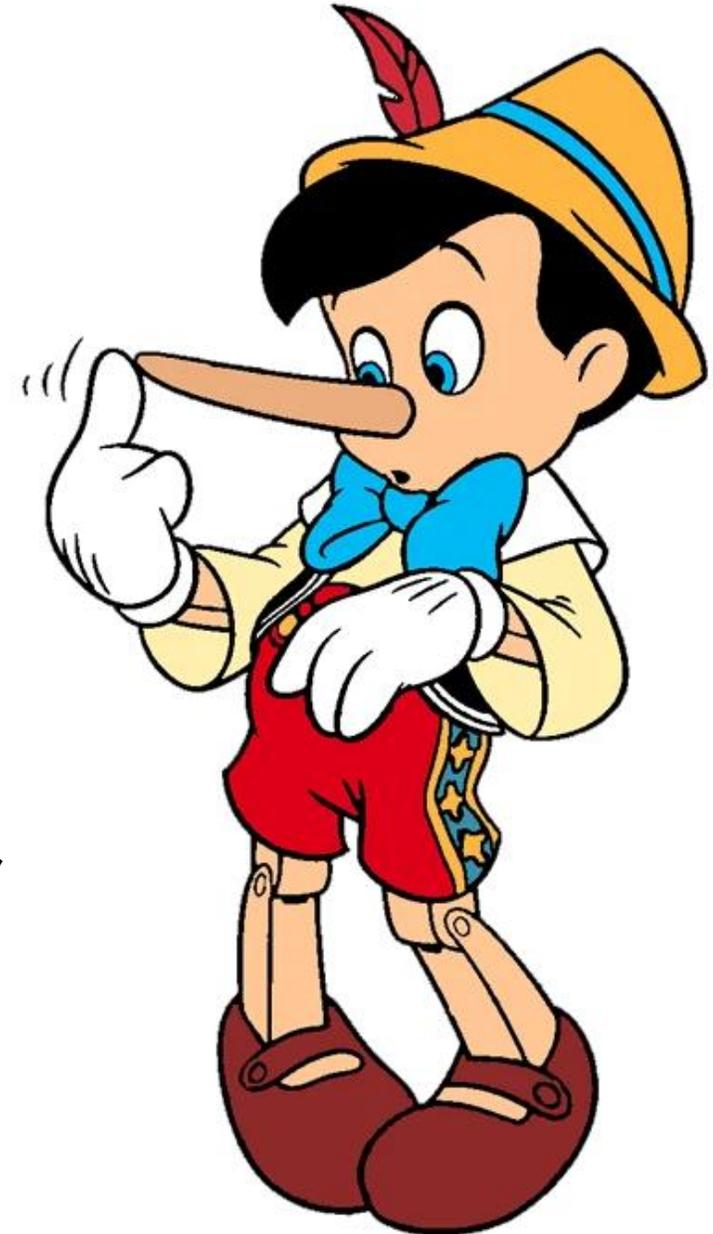
Massa Cinzenta e Massa Branca

- Massa cinzenta:
 - Centros de processamento de informação.
 - Maior volume em autistas.
 - Principalmente no hemisfério esquerdo.
 - Define QI.
- Massa branca:
 - Conexões entre os centros.
 - Transmissão de informação.
 - Comunicação entre a massa cinzenta e o resto do corpo.



Massa Branca

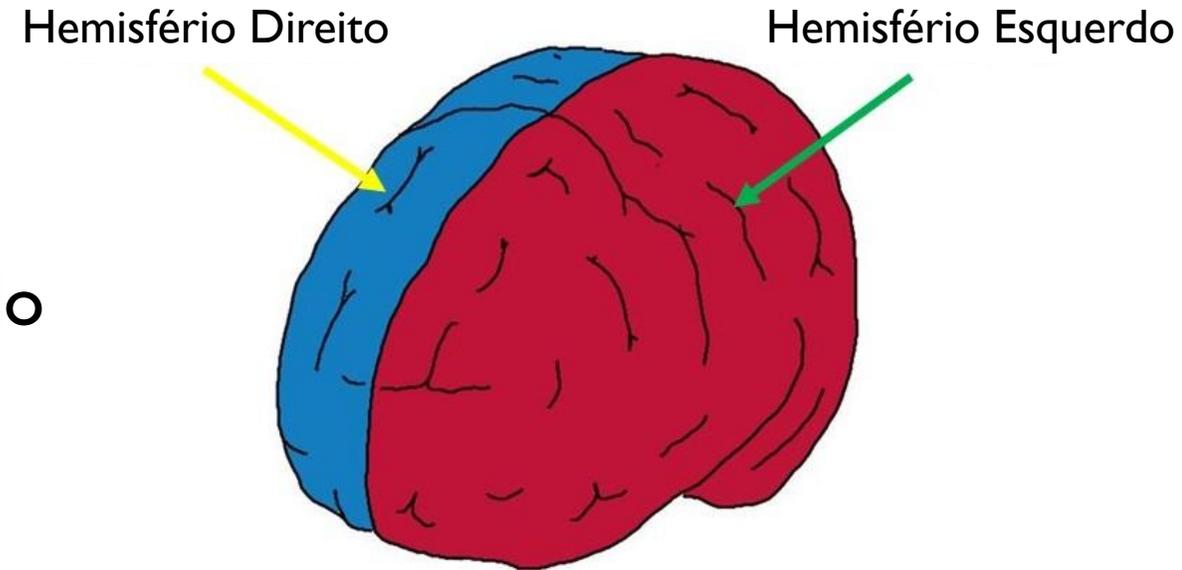
- Pesquisa feita na Universidade do sudeste da Califórnia com 49 pessoas:
 - Pacientes mentirosos patológicos tinham 22% a 26% a mais de massa branca no cérebro.
 - Quantidades de matéria branca e cinzenta no córtex pré-frontal do cérebro determinadas por ressonância magnética.
 - Conclusão: mais massa branca no córtex pré-frontal estimula a mentira.



Yang, Y., Raine, A., Lencz, T., Bihrlé, S., Lacasse, L., & Colletti, P. (2005). Prefrontal white matter in pathological liars. *British Journal of Psychiatry*, 187(4), 320-325. doi:10.1192/bjp.187.4.320

Hemisférios do Córtex

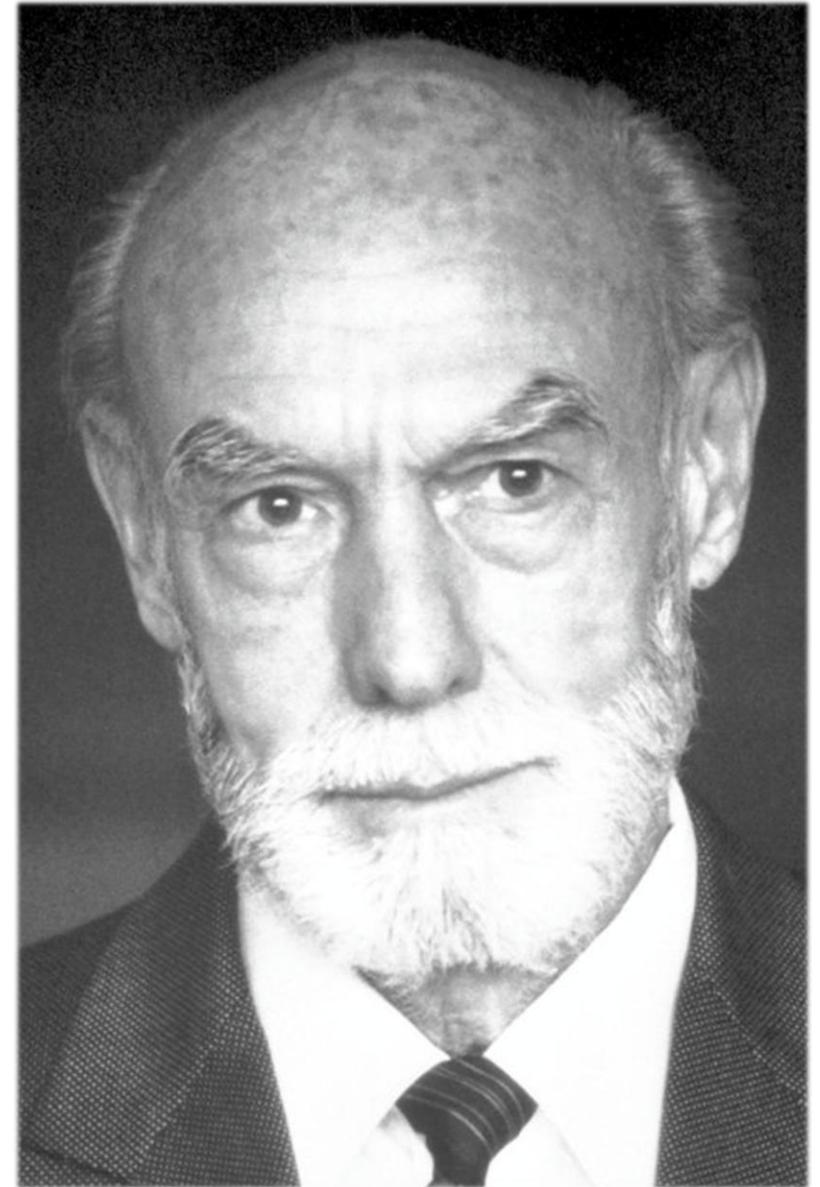
- Dividido em dois hemisférios:
 - Simétricos.
 - Maioria das funções do lado direito do corpo são controladas pelo lado esquerdo e vice-versa.



Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY](#)

Teoria de Sperry

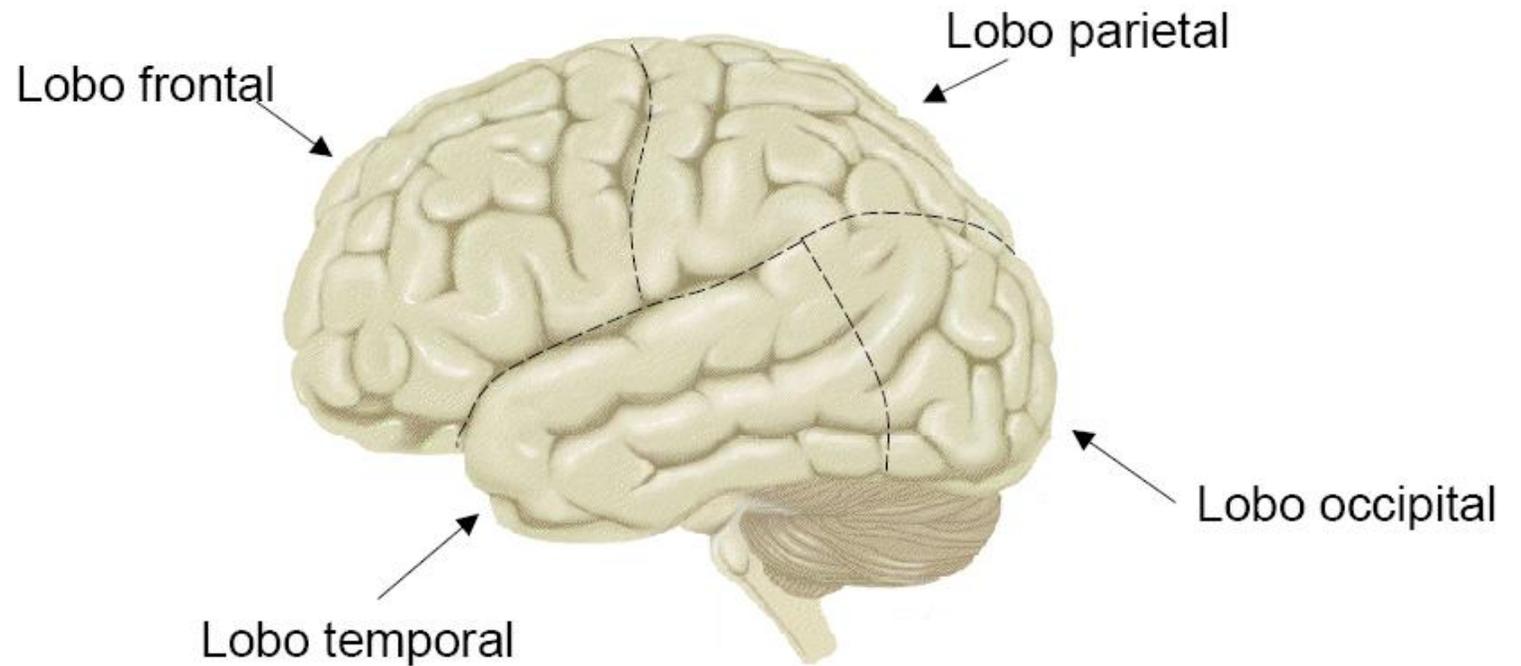
- Hemisfério esquerdo:
 - Busca ordem, organização.
 - Lógico, racional.
 - Percepção visual, raciocínio espacial.
- Hemisfério direito:
 - Percebe padrões, enfatiza intuição.
 - Emoção.
 - Linguagem.
- Prêmio Nobel em 1981.



Roger Wolcott Sperry [*1913 – †1994]

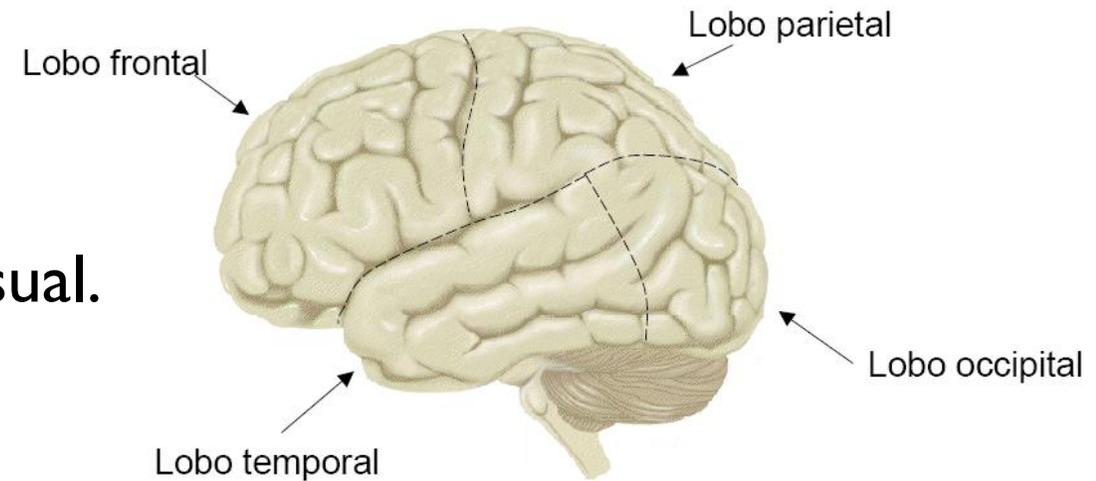
Lobos do Córtex

- Dividido em quatro lobos:
 - Frontal
 - Parietal
 - Occipital
 - Temporal



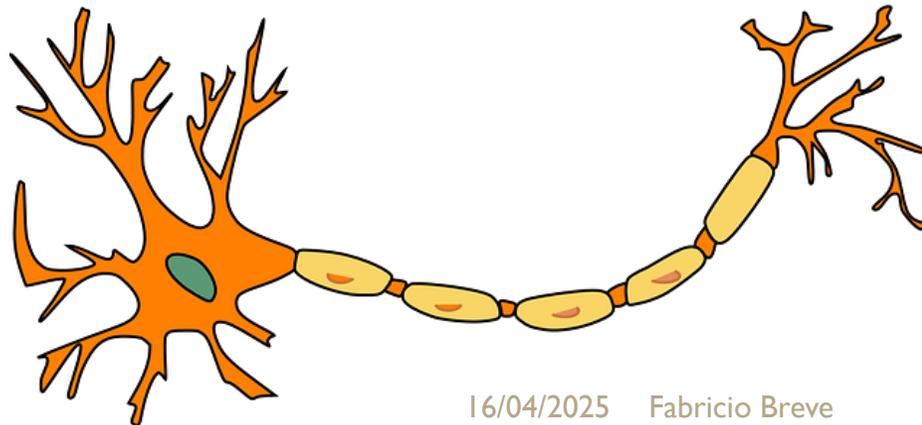
Lobos do Córtex

- **Lobo occipital:**
 - Recebe e analisa informação visual.
- **Lobo temporal:**
 - Relacionado à audição.
- **Lobo frontal:**
 - Regula controle motor.
 - Incluindo movimentos envolvidos na fala.
 - Porta de entrada para estímulos sensoriais.
- **Lobo parietal:**
 - Recebe estímulo dos órgãos sensoriais da pele.
 - Informa a postura.

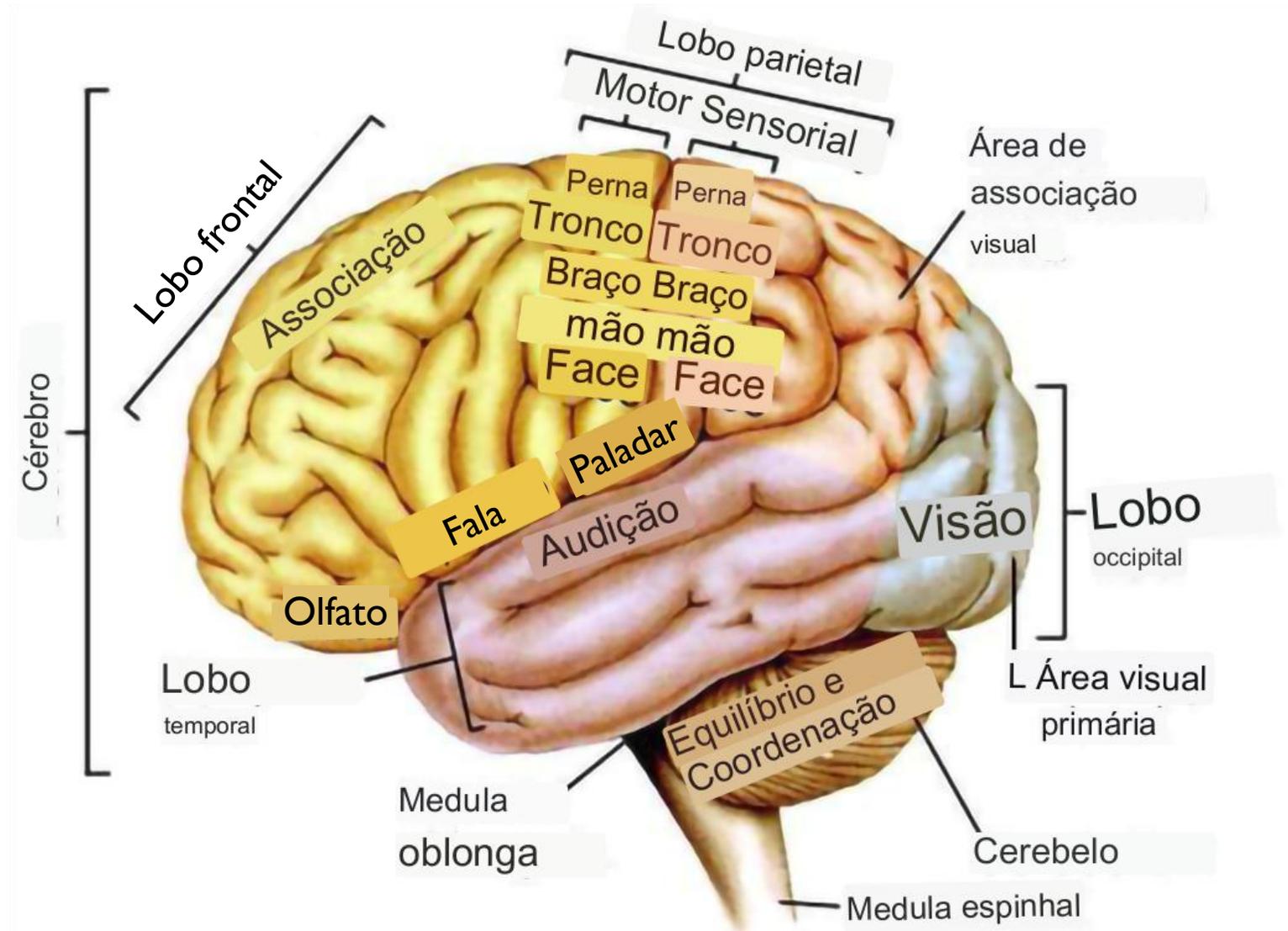


Regiões Funcionais do Cérebro

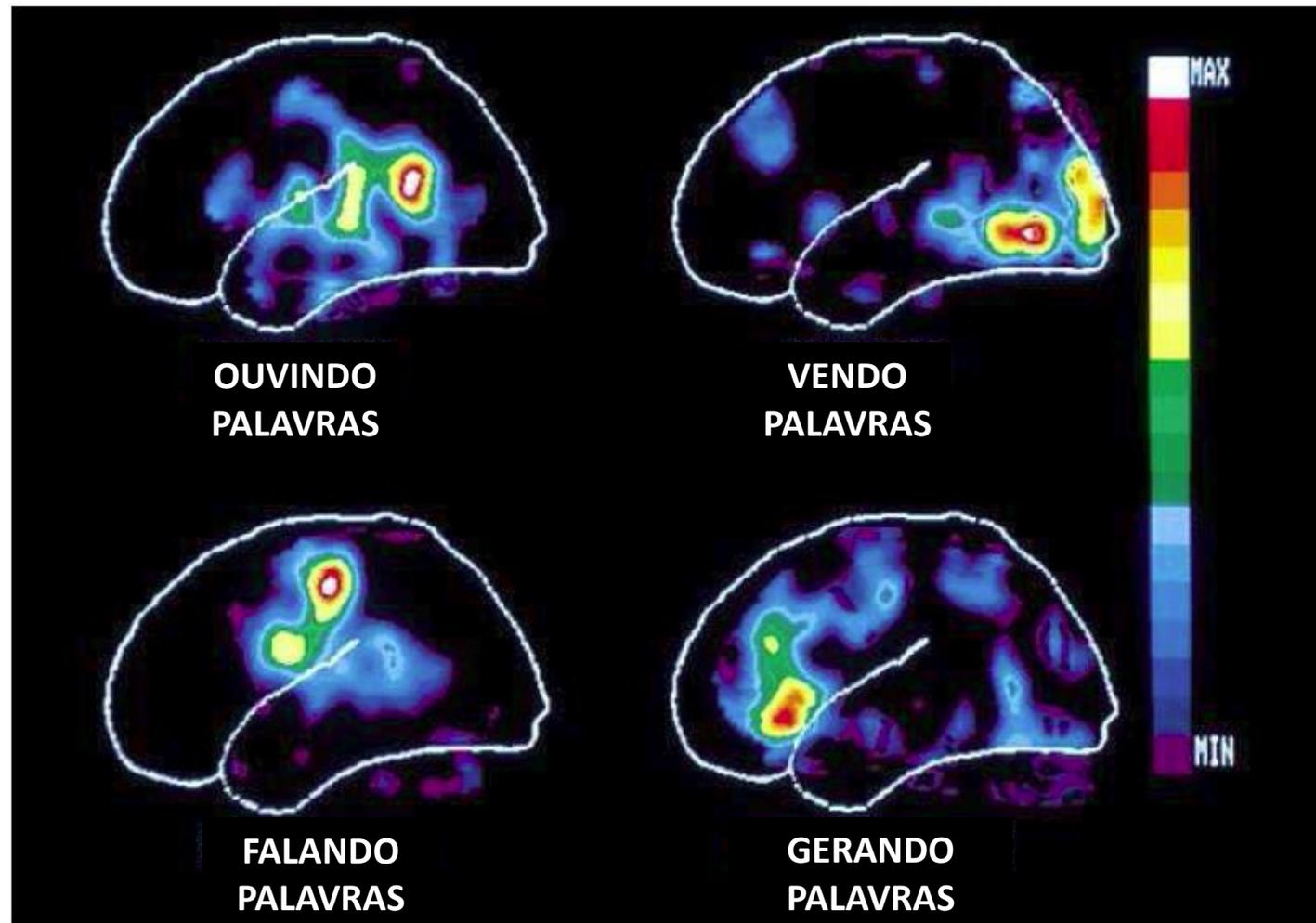
- Funções particulares podem ser atribuídas a determinadas regiões do cérebro.
 - Coleção de centros de processamento para tarefas específicas.
 - Conectados por vias (feixes de fibras nervosas - nervos).
 - Neurônios com funções semelhantes são agrupados.
 - Neurônios são arranjados de forma hierárquica.



Regiões Funcionais do Cérebro Humano



Imagens Tomográficas

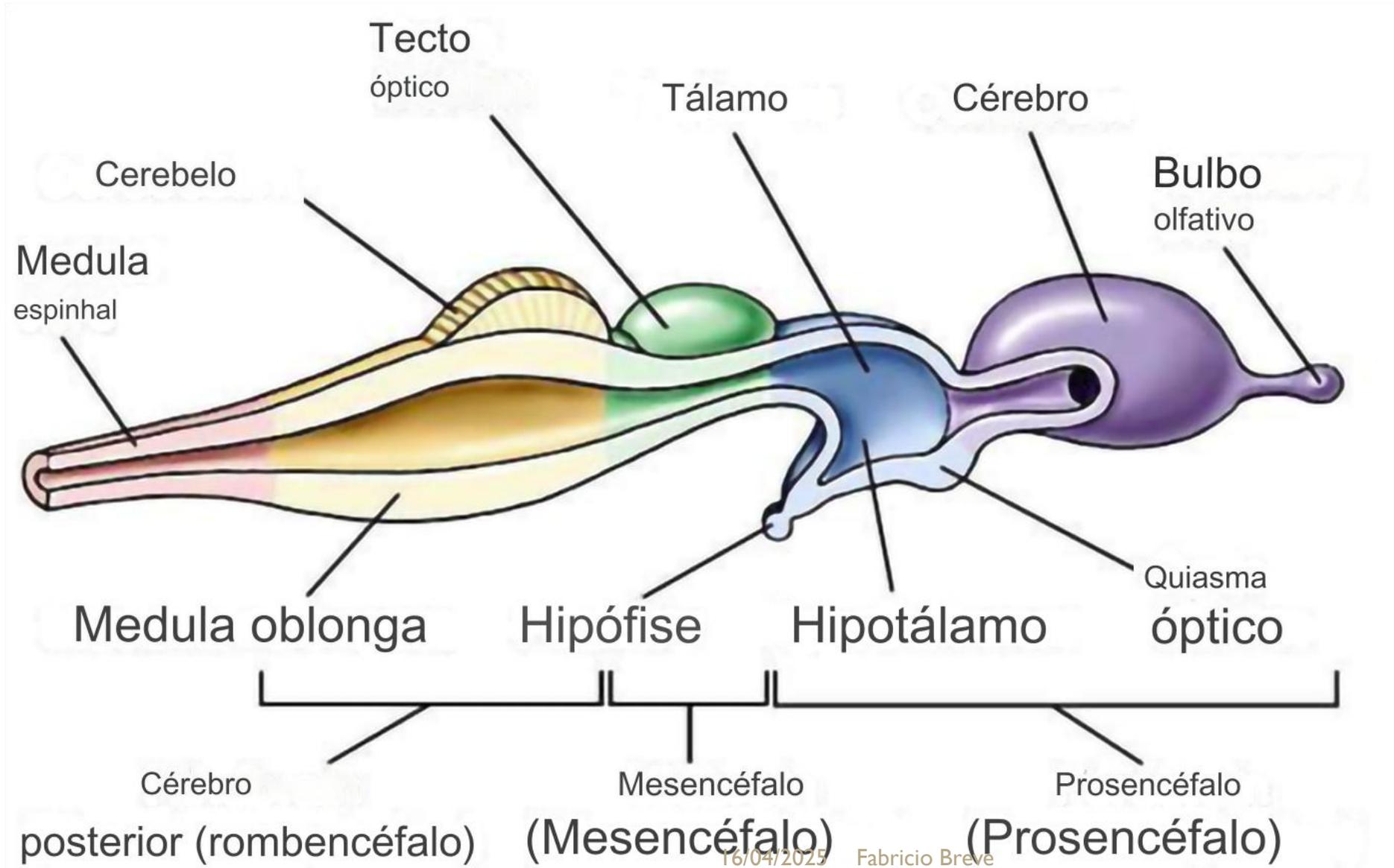


Cérebro Humano

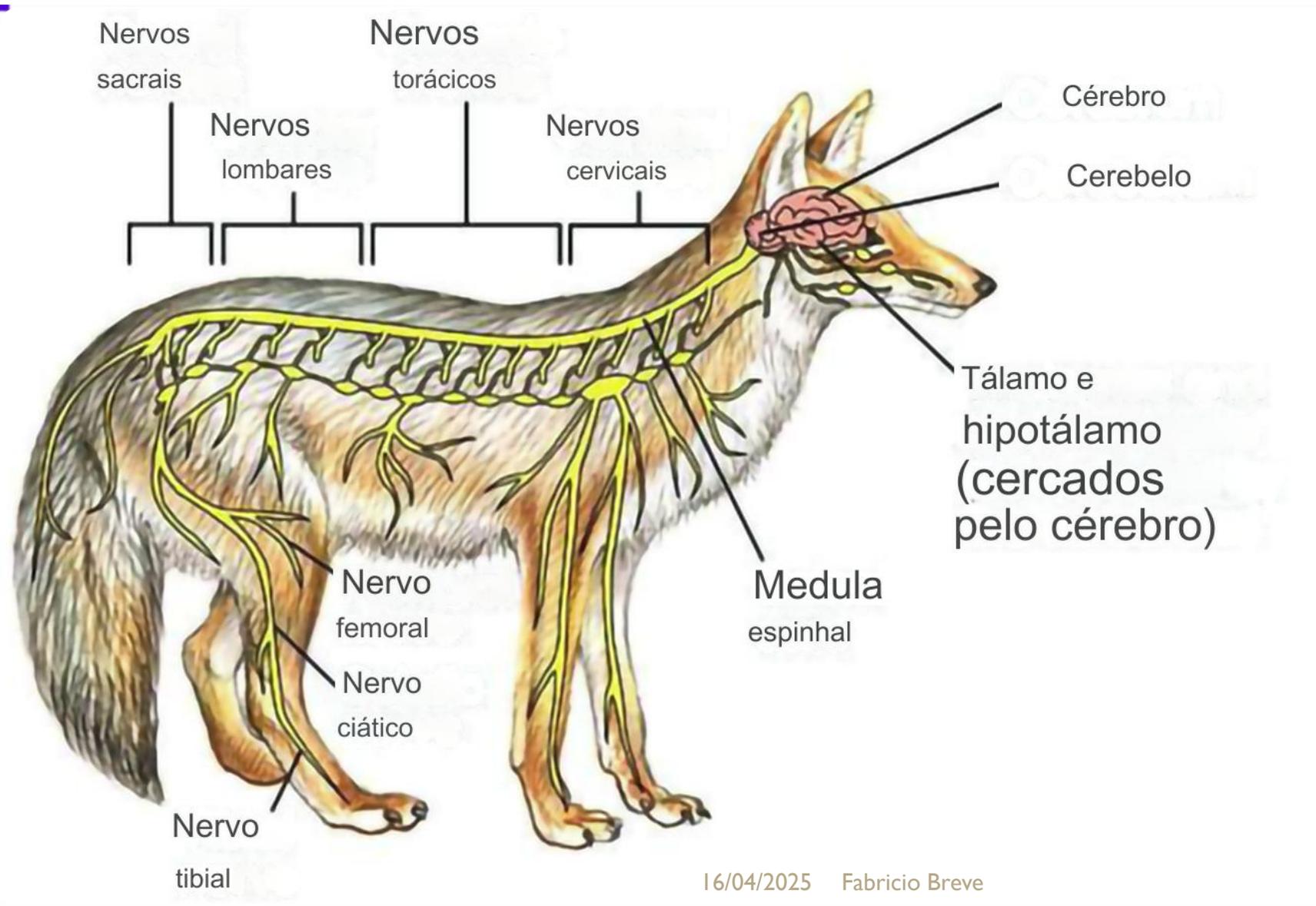
- Principais características:
 - Adaptável.
 - Tolerante a falhas.
 - Plasticidade.
 - Redundância.
 - 100 bilhões de neurônios, cada um conectado a até 10.000 outros neurônios.
 - Estrutura básica dos seres humanos.



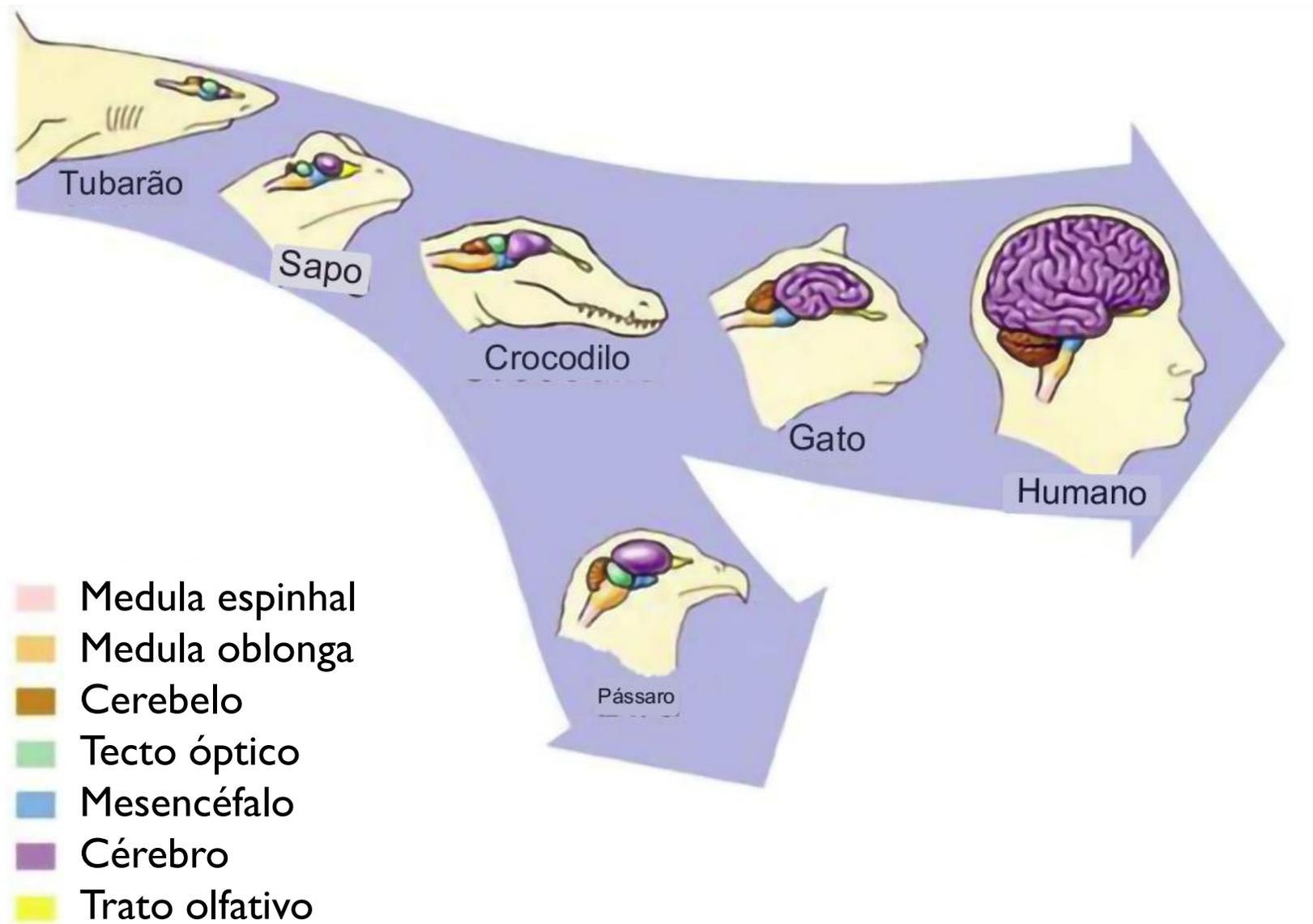
Cérebro de Peixe Primitivo



Sistema Nervoso dos Vertebrados

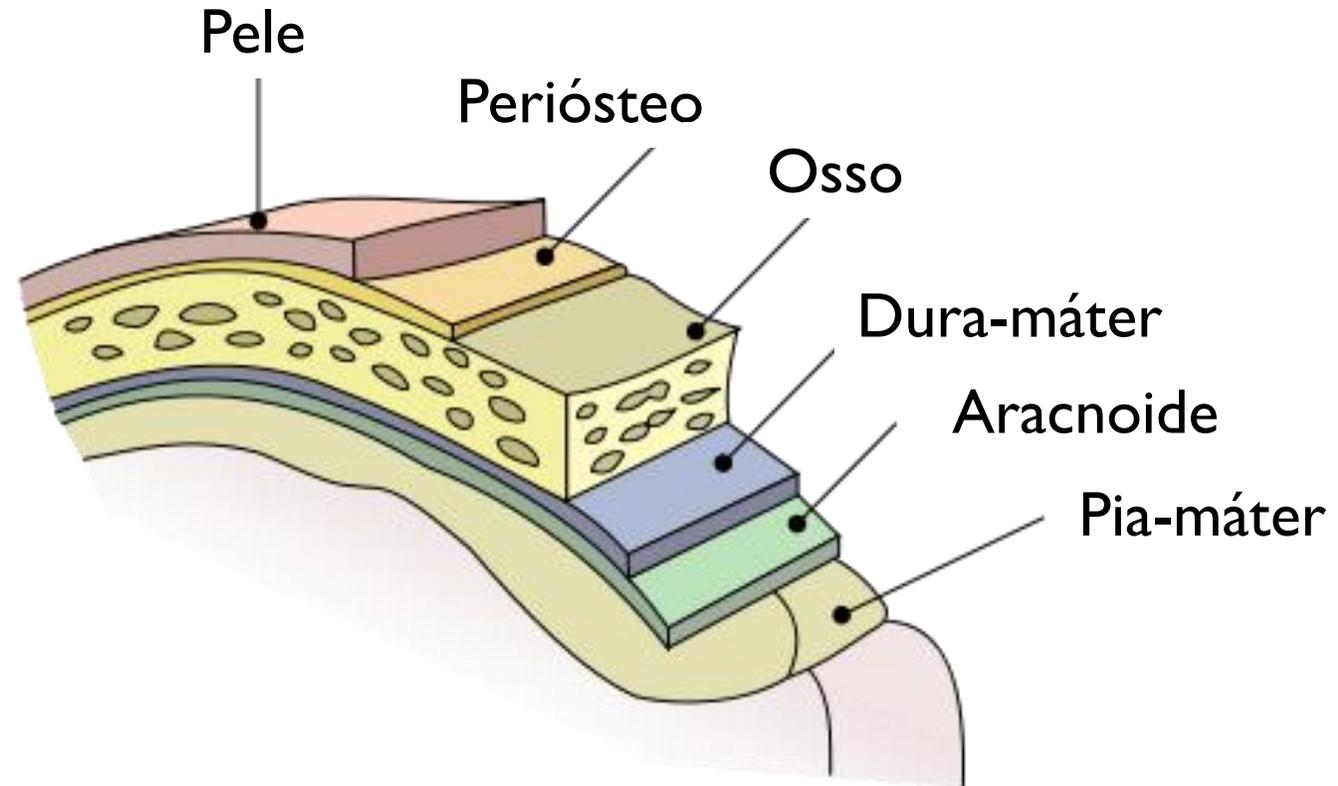


Evolução do Cérebro dos Vertebrados



Proteção do Sistema Nervoso Central

- Envolvido por um sistema de 3 membranas.
 - Meninges.
- Protegido por estrutura óssea:
 - Cérebro: caixa craniana.
 - Medula espinhal: coluna vertebral.



Medula Espinhal

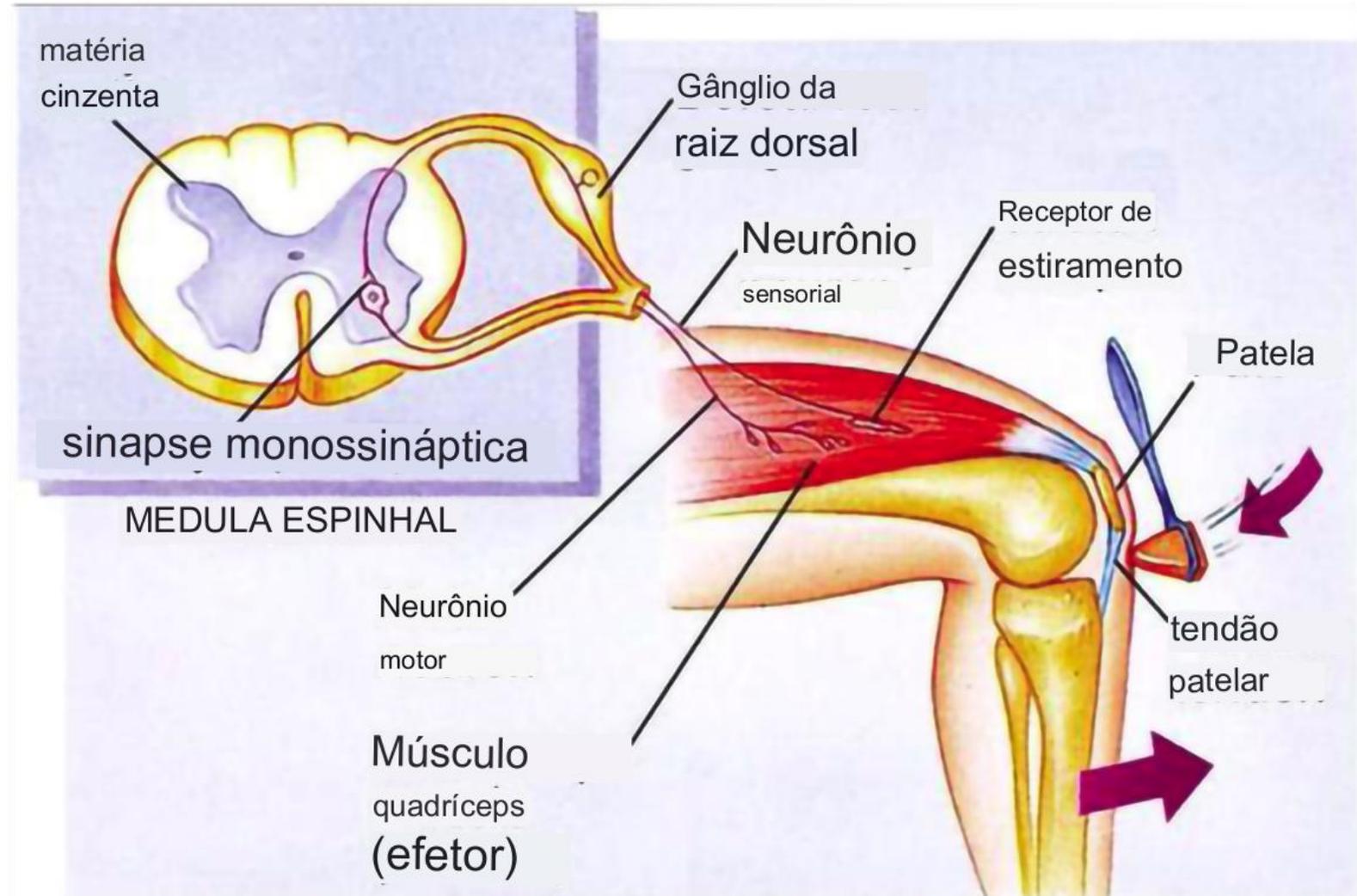
- Via de passagem para:
 - Impulsos aferentes dos receptores sensoriais para o encéfalo.
 - Impulsos eferentes do encéfalo para os músculos ou glândulas.
- Responsável por algumas atividades de reflexo.



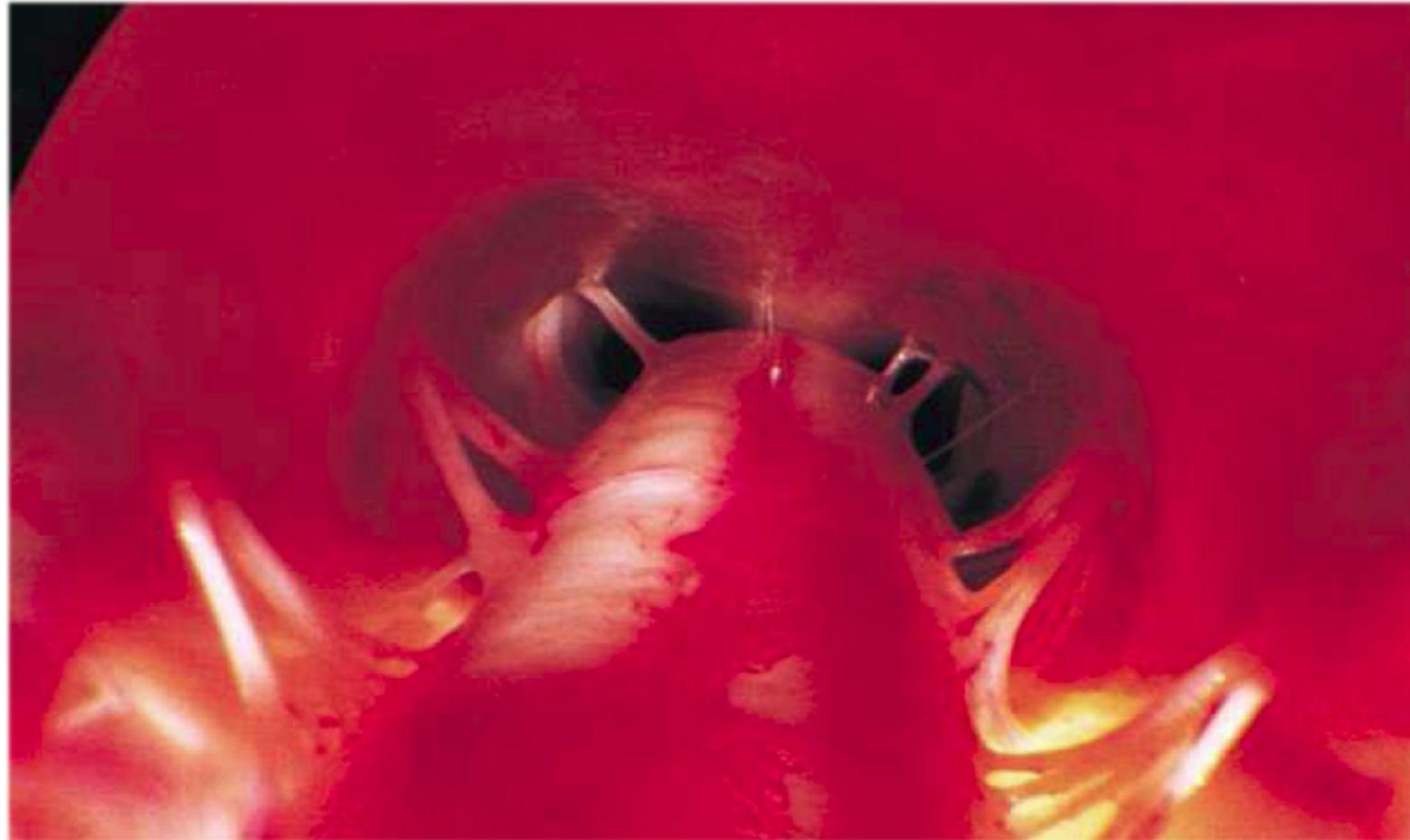
Reflexo do Joelho



<https://www.dailymotion.com/video/x7lg4wf>



Medula Espinhal Humana



Lesões na Medula Espinhal

- Fratura da coluna vertebral com lesão da medula espinhal:
 - Desconexão dos níveis superiores do Sistema Nervoso Central às terminações nervosas abaixo da lesão.
 - Perda da atividade voluntária e sensibilidade.
 - Atividade de reflexo é preservada.
 - Depende dos neurônios localizados na medula espinhal.



Poliomielite (Paralisia Infantil)

- Causada por um vírus que destrói determinados grupos de neurônios motores.
 - Localizados na medula espinhal.
- Perda das atividades voluntária e de reflexo.
 - Preserva sensibilidade.



Sistema Nervoso Periférico

- Sistema nervoso somático (voluntário):
 - Controla movimentos musculares voluntários
- Sistema nervoso autônomo (involuntário):
 - Sistema simpático
 - Sistema parassimpático

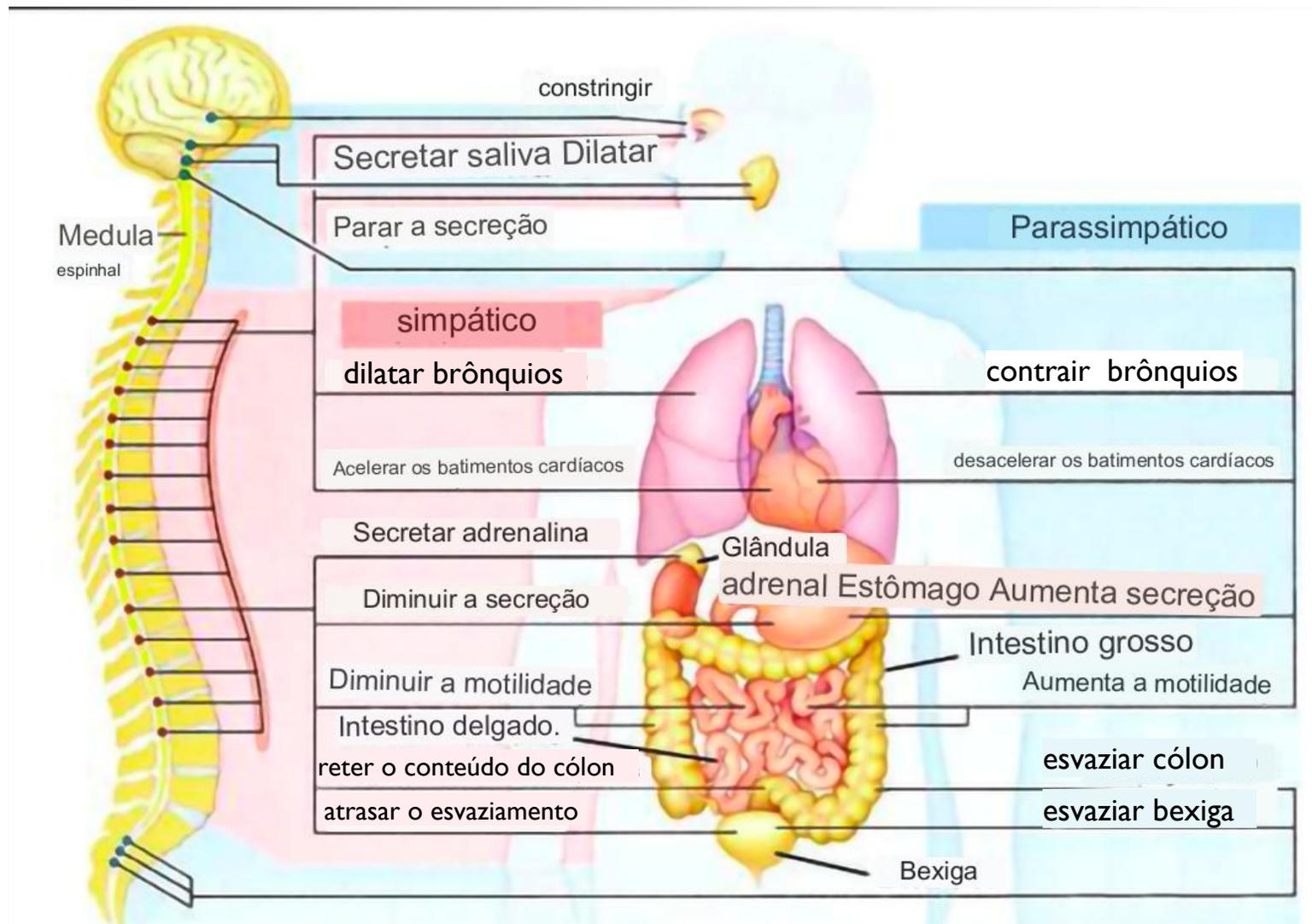
Antagônicos

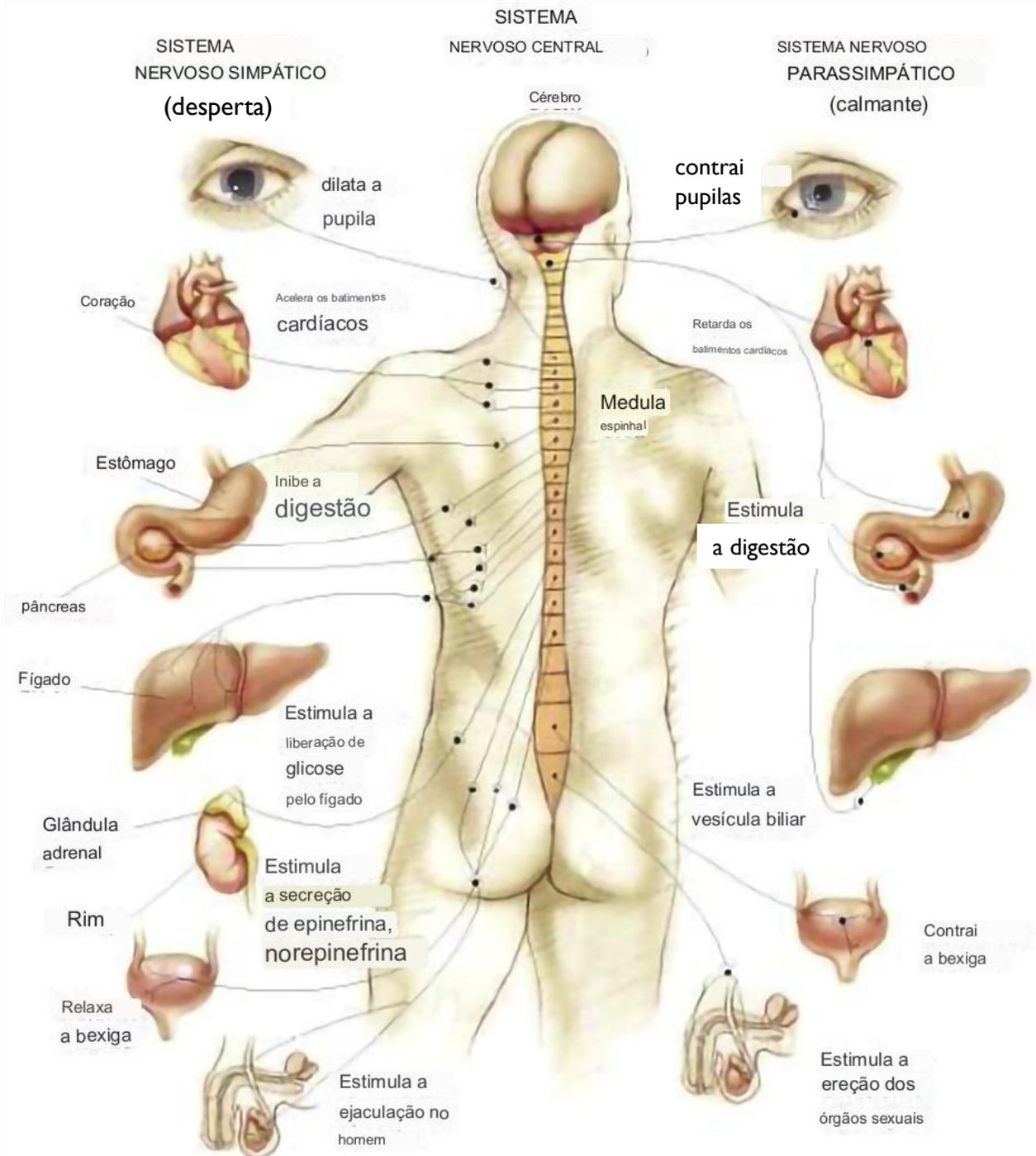


Sistema Nervoso Autônomo (Involuntário)

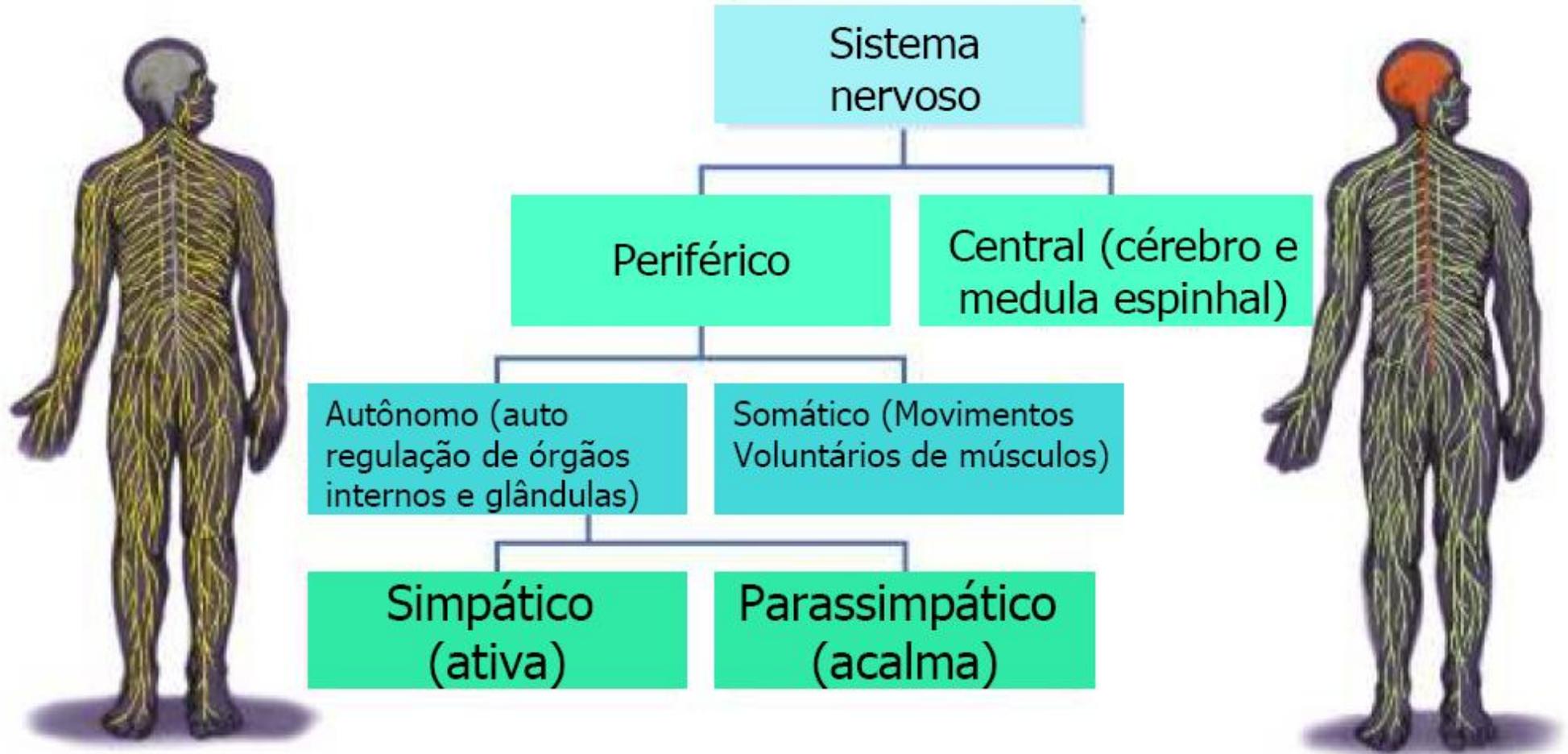
- Sistema simpático:
 - Ação:
 - Lutar, fugir.
 - Prepara o corpo para situações de emergência.
 - Acelera coração, aumenta pressão sanguínea, aumento de adrenalina.
- Sistema parassimpático:
 - Conservação:
 - Manutenção das funções vitais.
 - Economia de energia.
 - Acalma e reestabelece o corpo após uma situação de emergência.
 - Mantém funções realizadas em períodos de calma.
 - Comer, Dormir.

SNP Simpático X Parassimpático



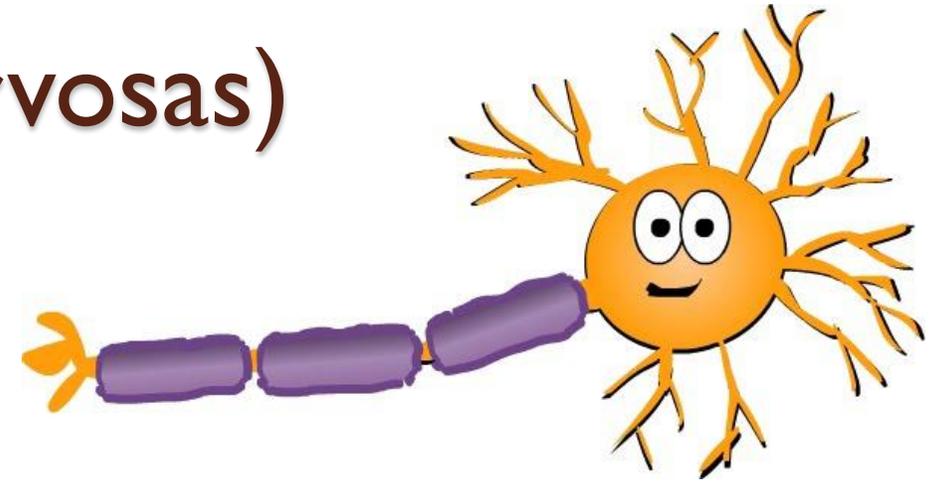


Hierarquia do Sistema Nervoso

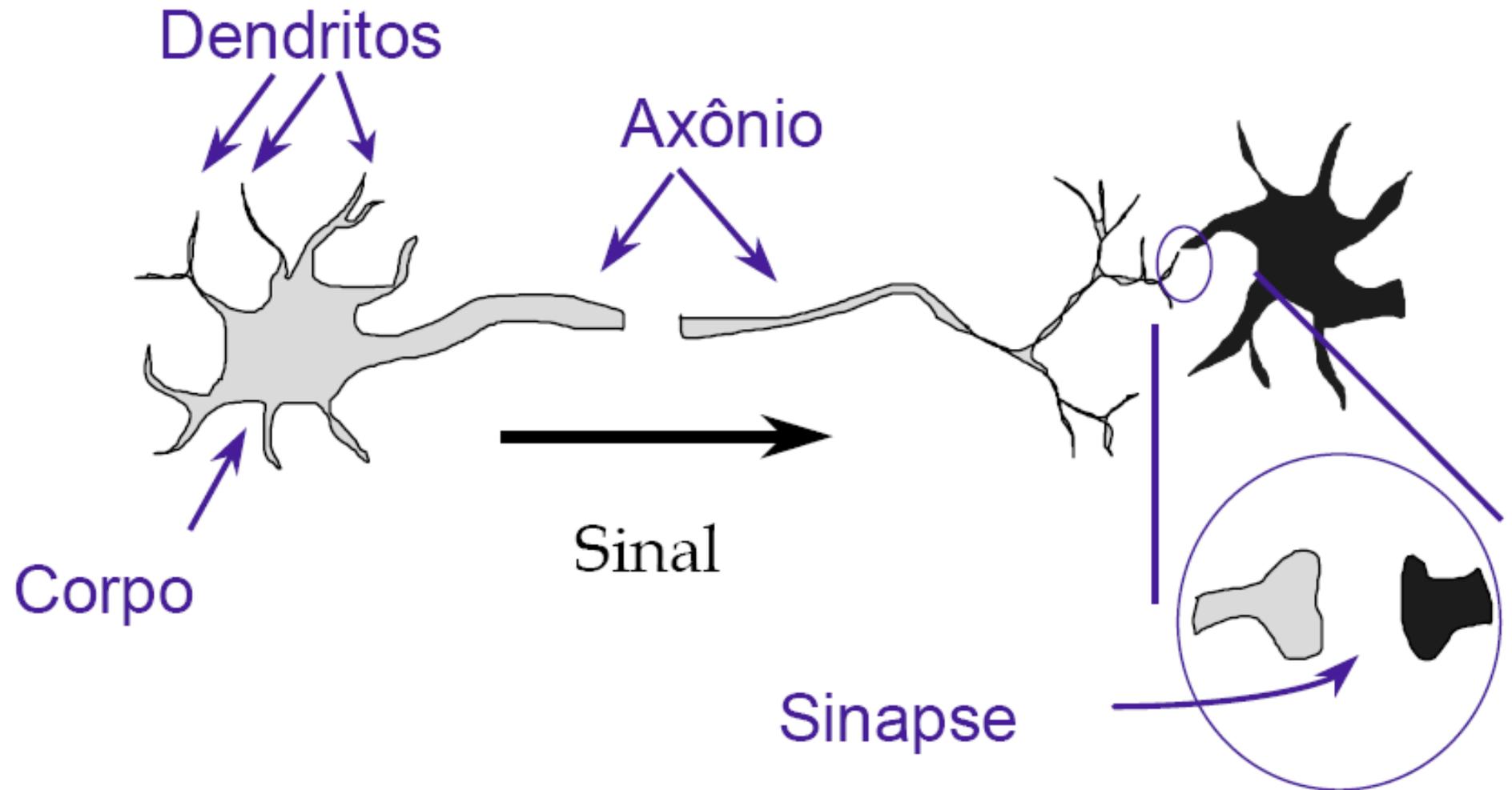


Neurônios (Células Nervosas)

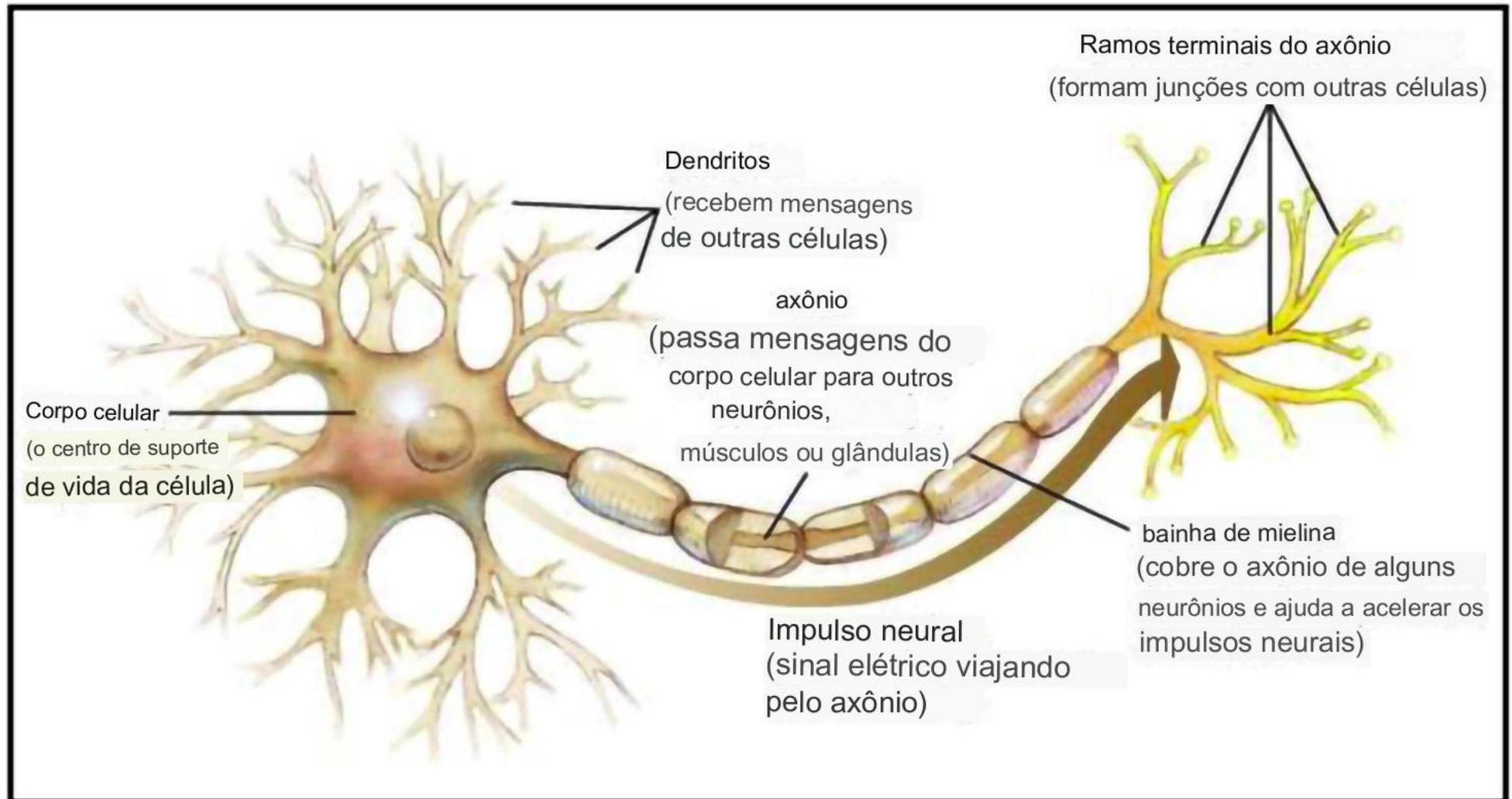
- Principais componentes:
 - Corpo celular
 - Recebem informações de outros neurônios.
 - Dendritos
 - Recebem informações de outros neurônios.
 - Axônio
 - Transmite informação para outros neurônios.
 - Feixes de axônios = nervos.
 - Neurônios recebem suporte nutricional de células neurogliais.



Neurônio Natural

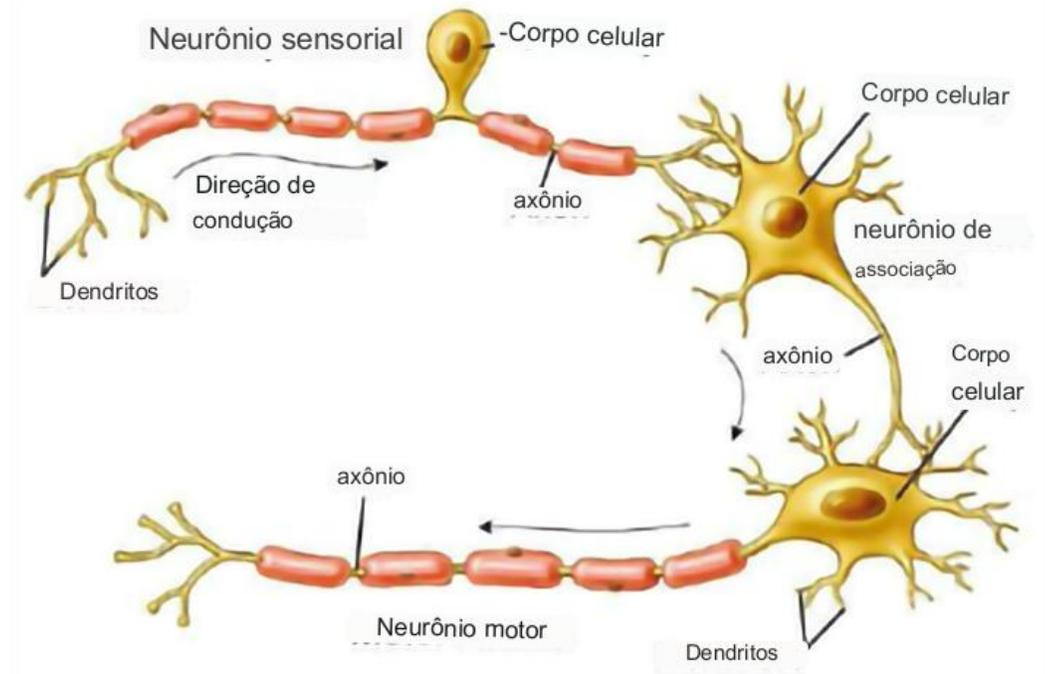


Neurônio Natural



Neurônio Natural

- Existem neurônios com vários formatos e tamanhos diferentes.
- Responsáveis pela complexidade do cérebro.
- Tipos de neurônios:
 - Neurônios sensoriais
 - Neurônios motores
 - Neurônios associativos

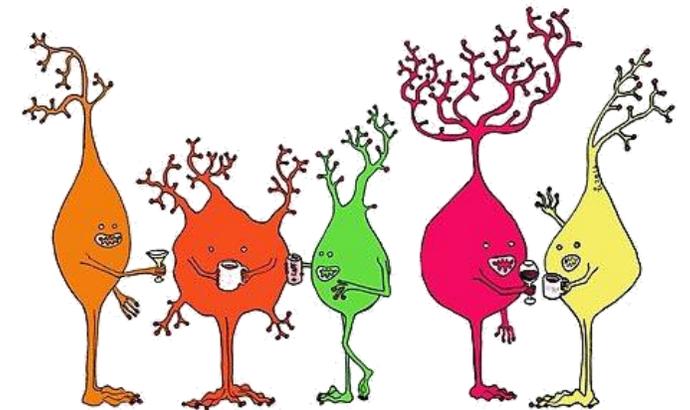


Neurônio Natural

- **Maior parte do corpo celular se encontra no:**
 - Sistema nervoso central:
 - Cérebro.
 - Medula espinhal.
 - Gânglios:
 - Aglomerados de corpos celulares de neurônios localizados fora do sistema nervoso central.
 - Aparecem como pequenas dilatações em certos nervos.
- **Prolongamentos se distribuem pelo corpo em feixes (nervos).**

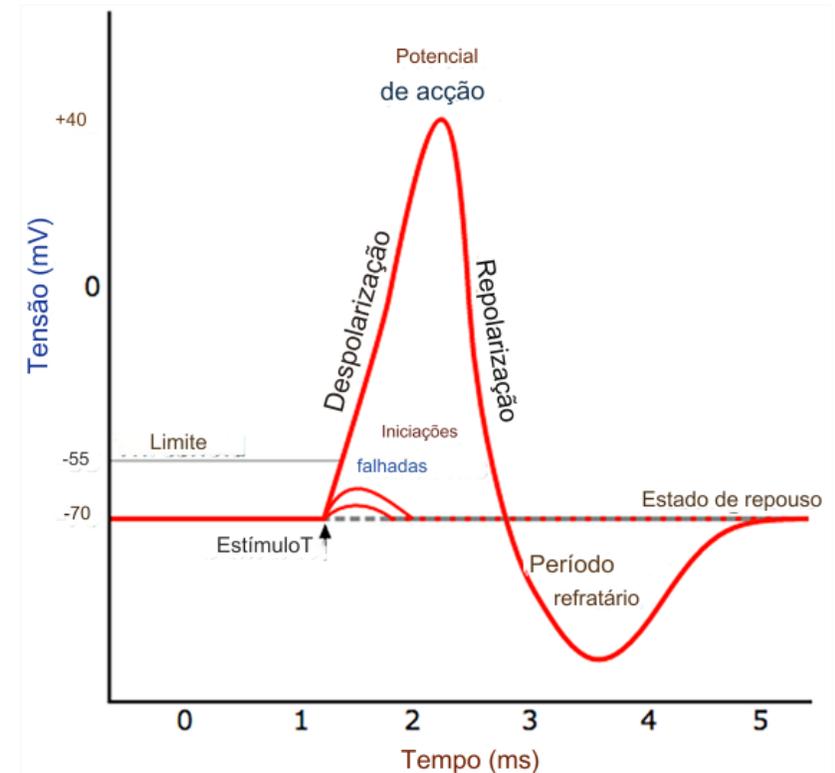
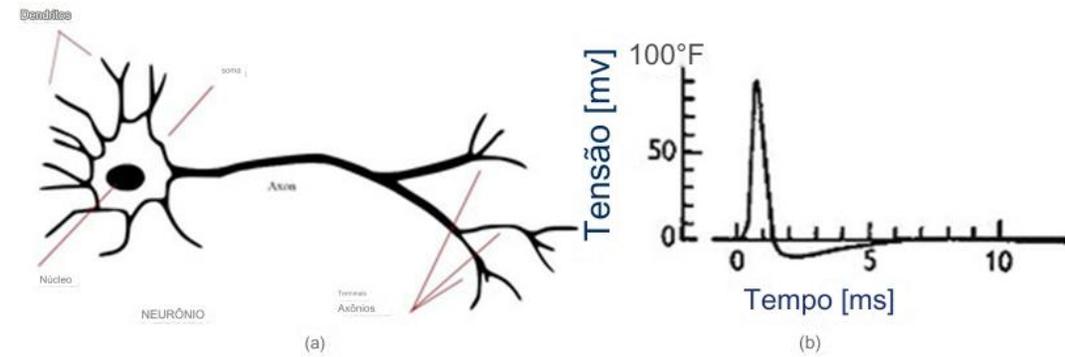
Processamento de Informações

- Processo eletro-químico:
 - A transmissão de impulsos nervosos dentro do neurônio é um processo de natureza elétrica.
 - Sinais viajam através dos axônios em forma de potenciais de ação (potenciais elétricos breves).
 - A transmissão sináptica se faz por um mecanismo de natureza química.
 - Por meio da ação de neurotransmissores.



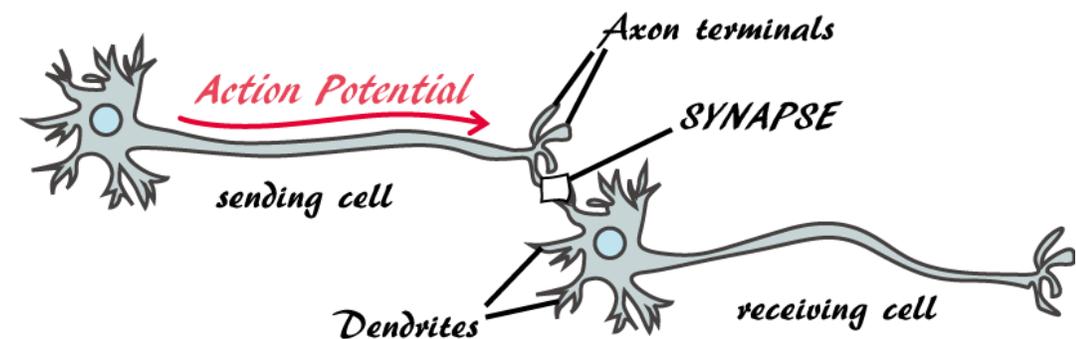
Transmissão de Pulsos

- Dentro de um neurônio, as mensagens fluem dos dendritos para o axônio.
 - Disparo do axônio depende da soma algébrica (frequência) de pulsos recebidos.
 - Saídas são Pulsos (potenciais de ação ou *spikes*).
 - Neurônio dispara quando a soma de pulsos recebidos em um dado período supera um valor.
 - limiar de ação.



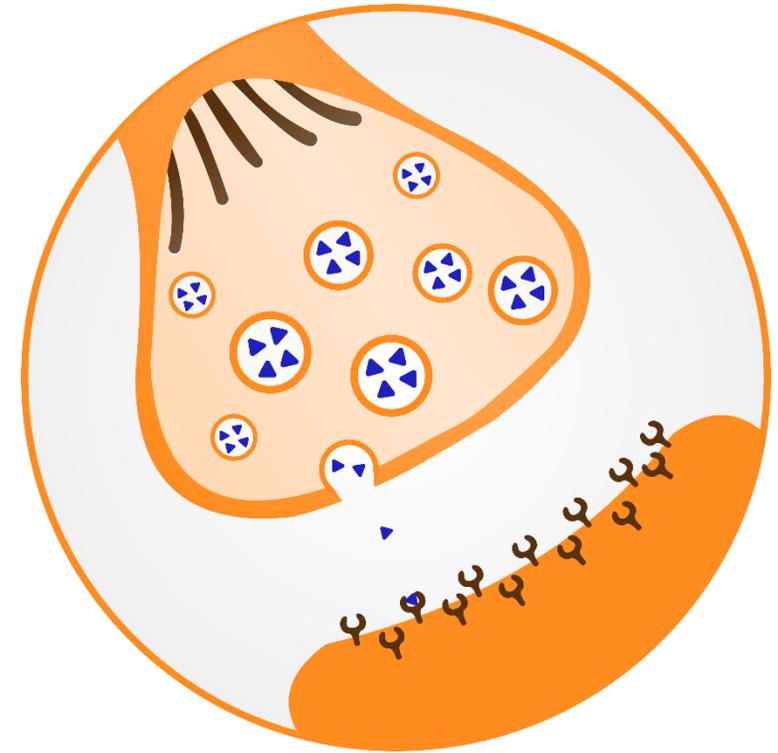
Sinapses

- Região onde dois neurônios entram em contato.
 - Onde os impulsos nervosos são transmitidos de neurônio para neurônio.
- Axônio \Rightarrow Dendritos
- Efeito:
 - Excitatório: estimulam ação do neurônio.
 - Inibitório: efeito contrário.



Neurotransmissores

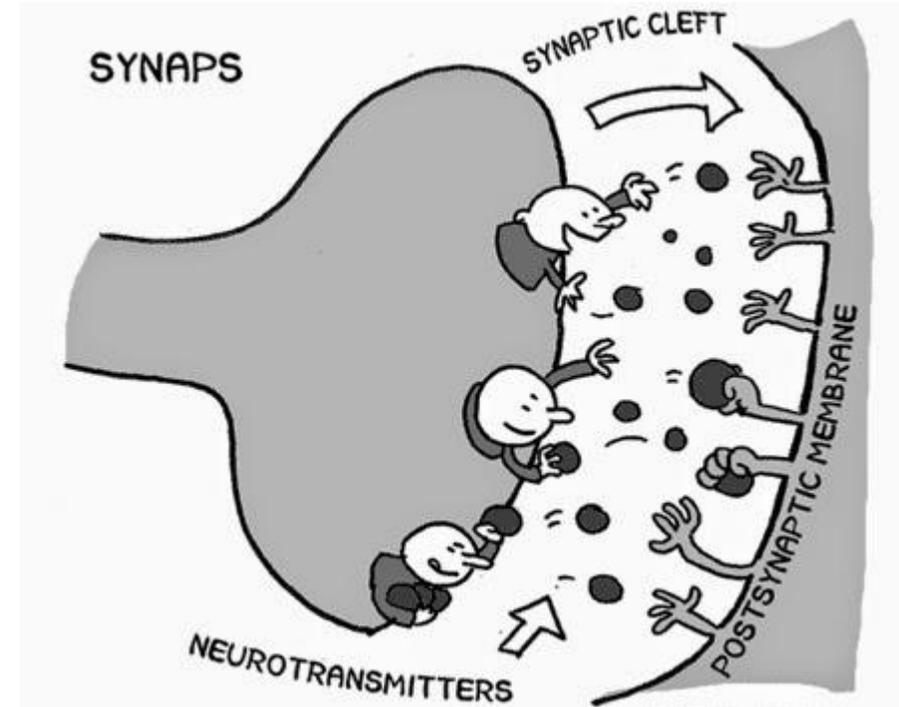
- Cada pulso que ocorre em uma sinapse inicia liberação de neurotransmissores.
 - Substâncias químicas.
 - Viajam através de fendas de sinapses.
 - Recebidos nos locais receptores pós-sinápticos dos dendritos.
 - Modificam o potencial da membrana dos dendritos (potencial pós-sináptico, PPS).



http://gt-mre.ufsc.br/moodle/pluginfile.php/1695/mod_label/intro/Sinapse.png

Potencial Pós-Sináptico

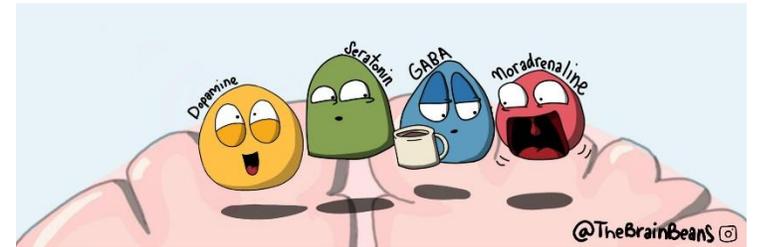
- **Aumenta polarização** na membrana pós sináptica (hiperpolariza).
 - **Inibe geração de pulsos** pelo neurônio receptor.
- **Reduz polarização** na membrana pós sináptica (despolariza – polarização inversa).
 - **Estimula geração de pulsos** pelo neurônio receptor.



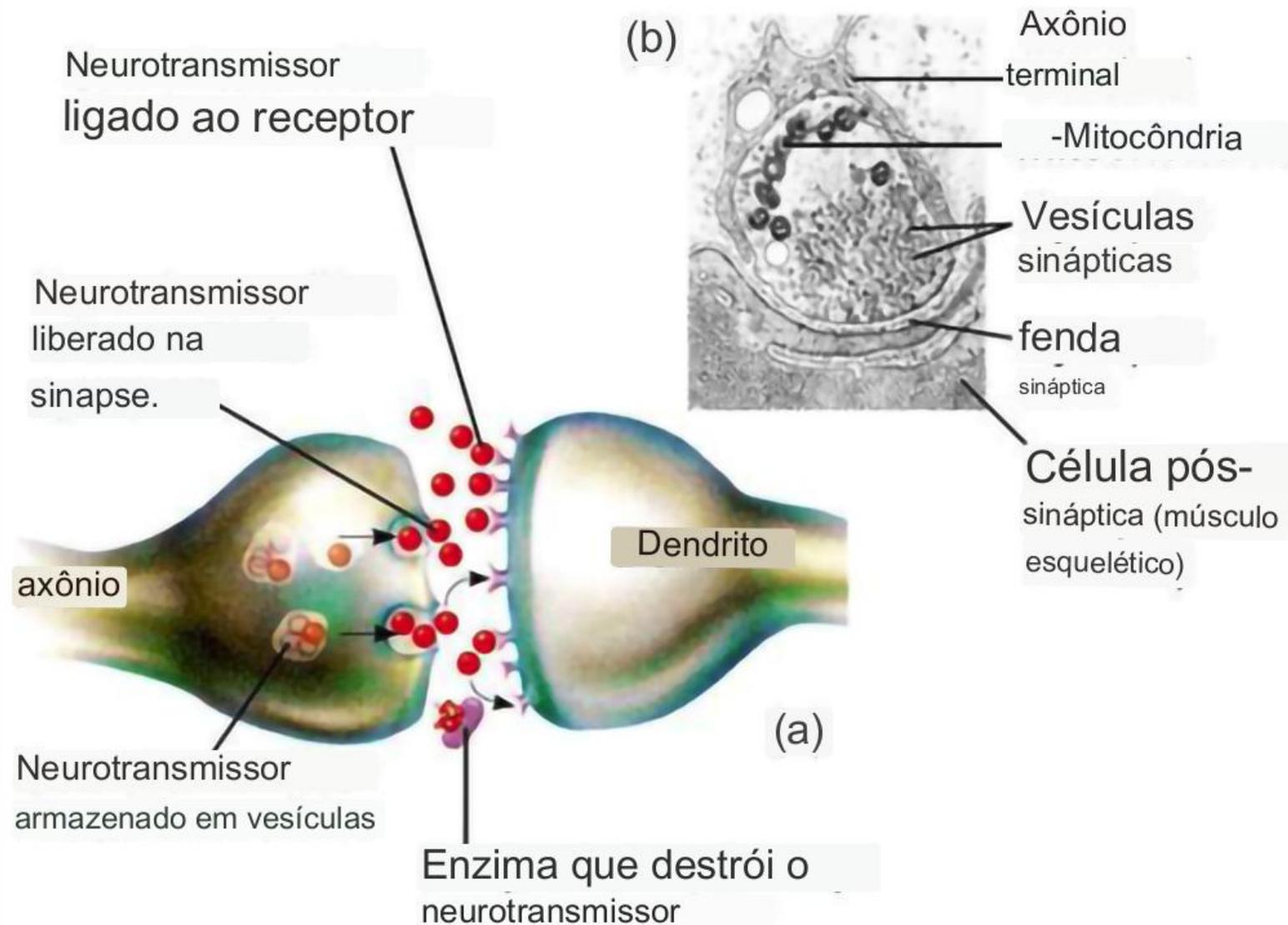
Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Potencial Pós-Sináptico

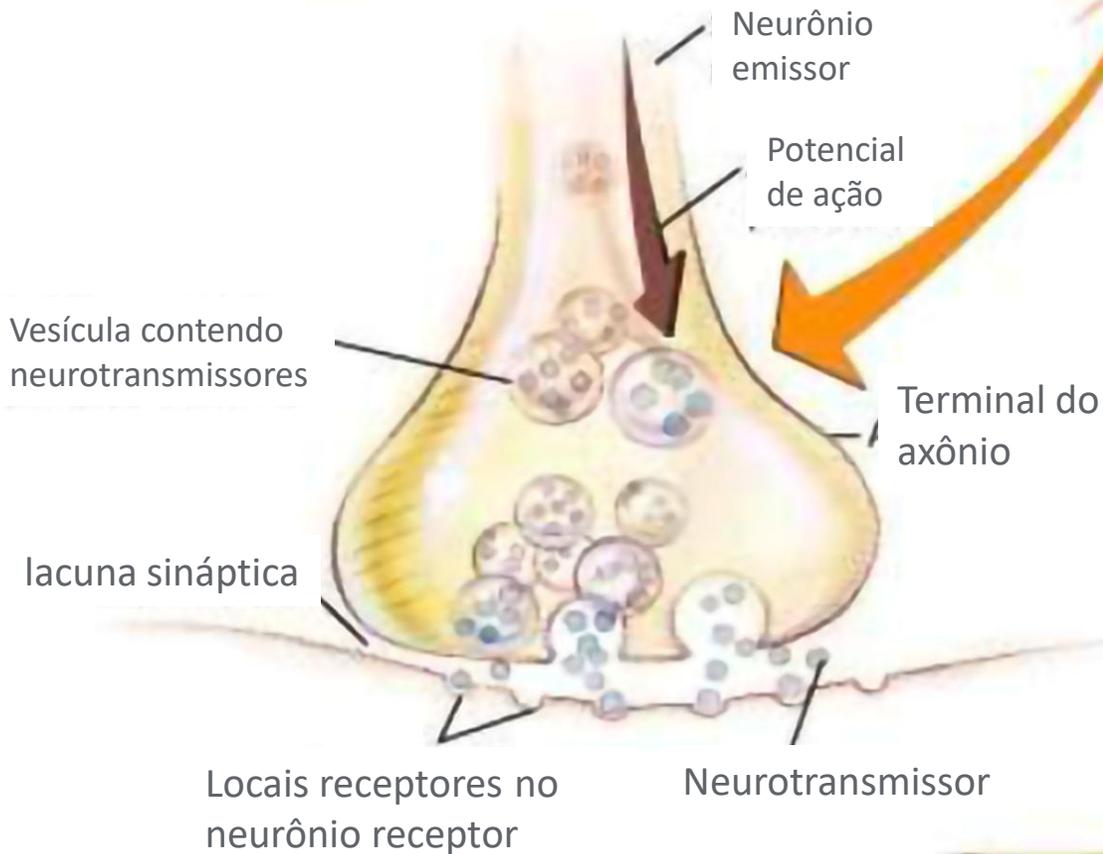
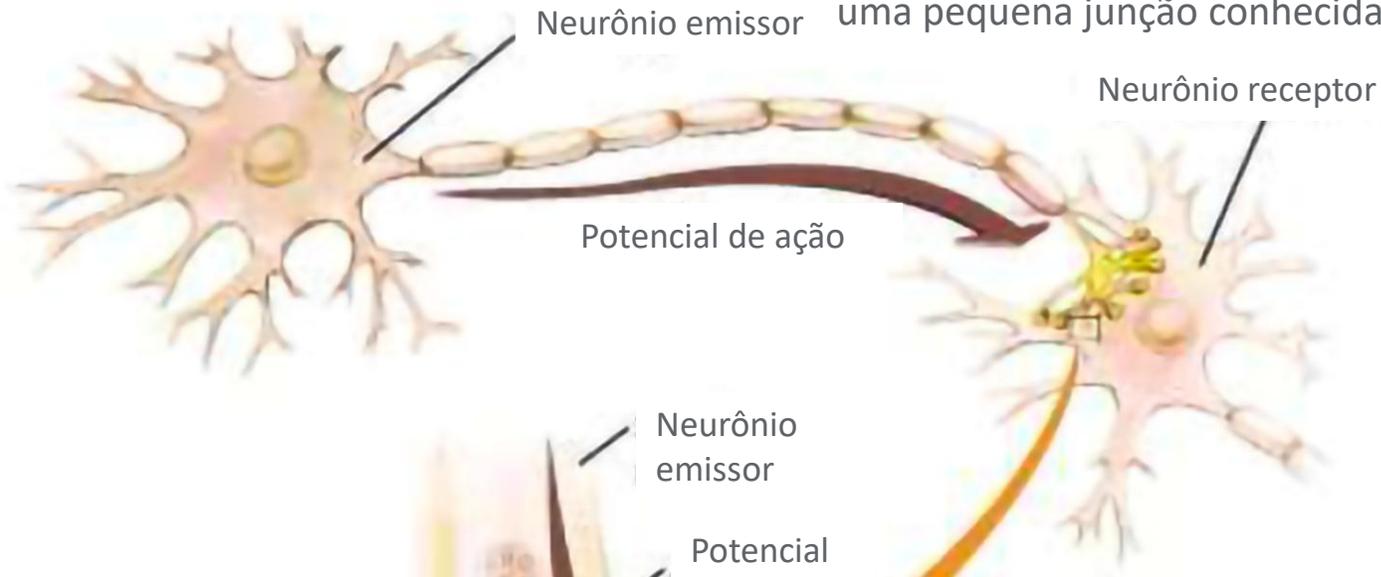
- Tamanho e tipo de potencial pós-sináptico produzido depende de:
 - Geometria da sinapse.
 - Tipo de neurotransmissor.
- Foram descobertos, até o início da década de 90, cerca de 50 neurotransmissores diferentes.
 - Cada um produz um efeito diferente.
 - Hoje já se sabe que existem mais de 100.



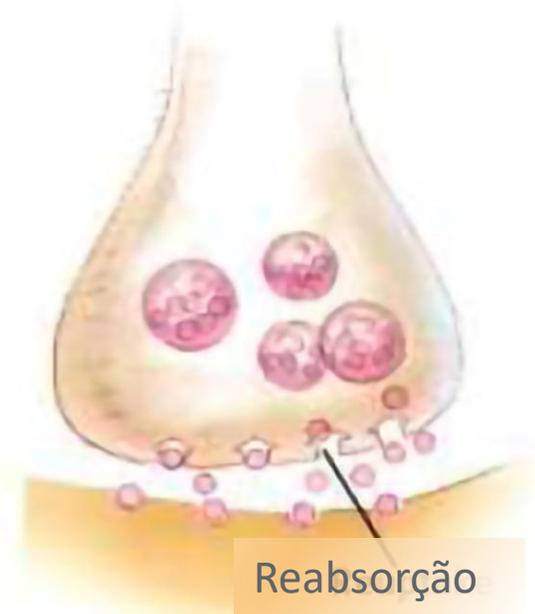
Sinapses



1. Os impulsos elétricos (potenciais de ação) viajam de um neurônio para outro através de uma pequena junção conhecida como sinapse.



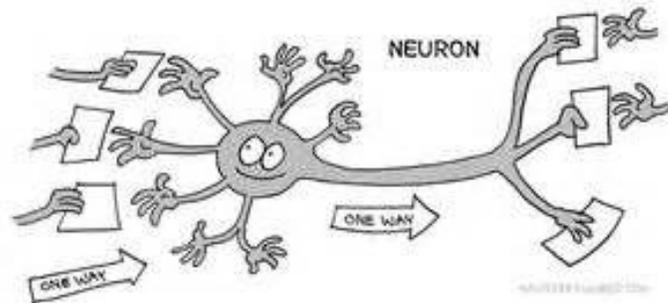
2. Quando um potencial de ação atinge um terminal axônico, ele estimula a liberação de moléculas neurotransmissoras de bolsas chamadas vesículas. Essas moléculas atravessam a lacuna sináptica e se ligam a locais receptores.



3. O neurônio emissor normalmente reabsorve o excesso de moléculas de neurotransmissores, um processo chamado recaptação.

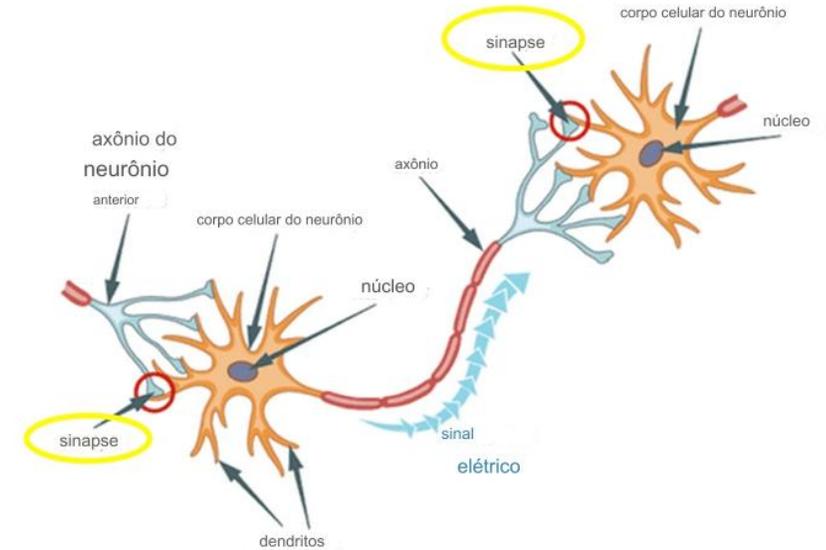
Comunicação entre Neurônios

- Raramente é necessário ultrapassar três sinapses no interior do cérebro.
 - Com quatro sinapses, praticamente qualquer neurônio em qualquer local pode se comunicar com qualquer outro.
- Percepção, maioria das recuperações de memória, boa parte do processamento de linguagens e raciocínio intuitivo ocorrem em não mais que 100 passos seriais.



Conexões do Sistema Nervoso

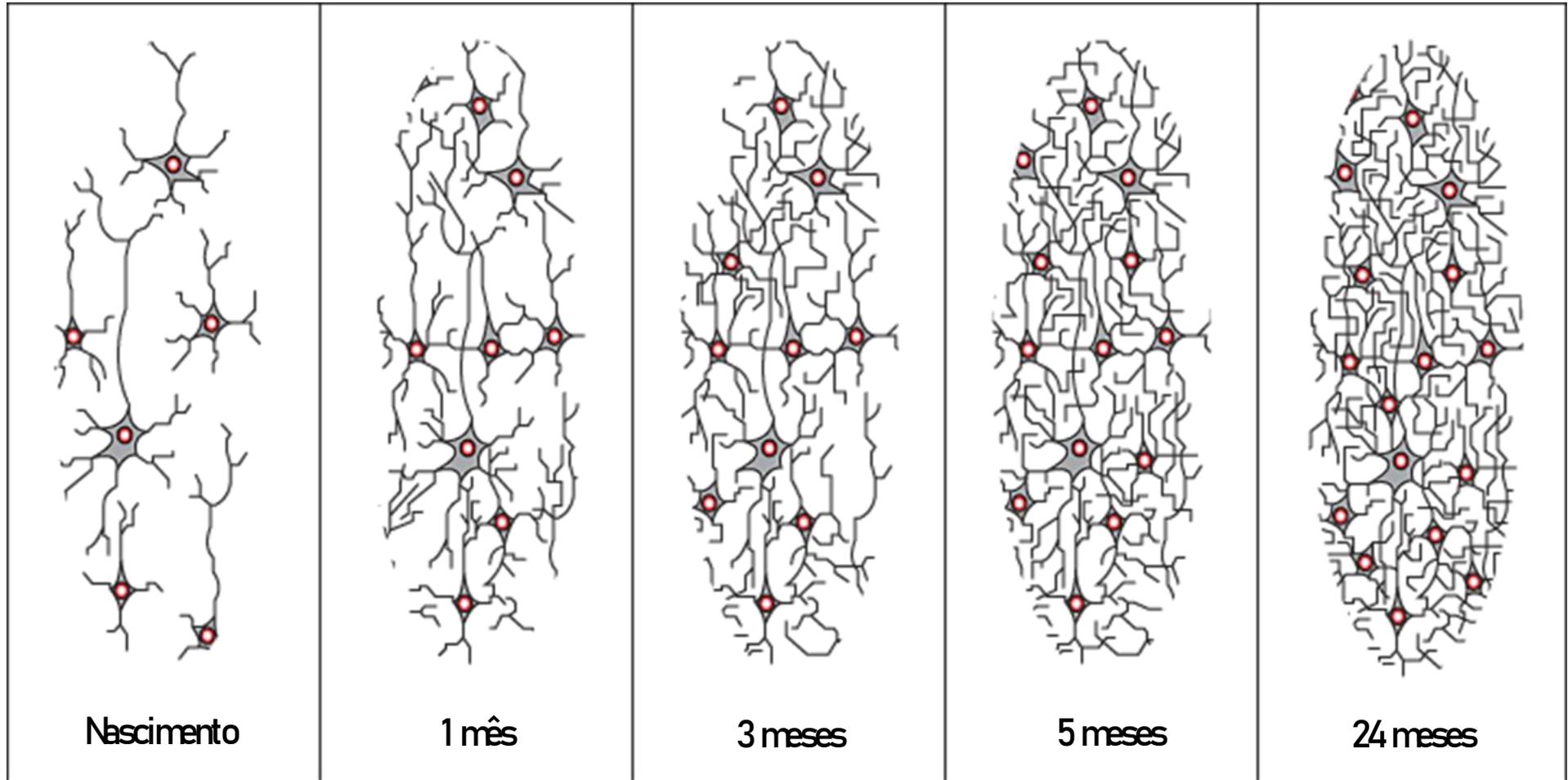
- Alto grau de precisão e especificidade.
- Não existe consenso quanto ao estabelecimento das conexões.
 - Principais correntes:
 - Nativismo: conexões são definidas geneticamente.
 - Empirismo: conexões são determinadas pela experiência.
 - Combinação das duas correntes.



Características

- Seres humanos desenvolvem células nervosas até os dezoito meses.
 - Conexões são estabelecidas até os três anos.
- Seres humanos perdem milhares de neurônios por dia.
 - Aos 70 anos 2,5% de células a menos que aos 10 anos.
 - Plasticidade no cérebro adulto:
 - Criação de novas sinapses.
 - Modificação das sinapses existentes.
 - Criação de novos neurônios.





Nos primeiros dois anos de vida, as redes de neurônios tornam-se cada vez mais complexas e interconectadas.

https://revelpreview.pearson.com/epubs/pearson_feldman/OPS/xhtmll/ch05_sec_03.xhtmll



Recém-Nascido



1 Mês



9 Meses



2 Anos



Adulto

Densidade de sinapses ao longo do tempo

Neurônio em síntese

- Pode ser visto como um dispositivo capaz de receber diversos estímulos de entrada de muitos outros neurônios e propagar sua saída única para muitos outros neurônios.



Redes, Camadas e Mapas

- Neurônios tem conexões adiante (*forward*) e de realimentação (*feedback*).
- Um milímetro cúbico do tecido do córtex contém aproximadamente:
 - 10^5 neurônios.
 - 10^9 sinapses.
 - A maioria delas fazendo conexões entre neurônios do córtex.
 - Interconectividade bastante alta.

Redes, Camadas e Mapas

- Pequeno grupo de neurônios interligados pode apresentar comportamento complexo.
 - Que não pode ser observado em um único neurônio.
 - Características:
 - Representação de informação (conhecimento) de maneira *distribuída*.
 - *Processamento paralelo* dessas informações.



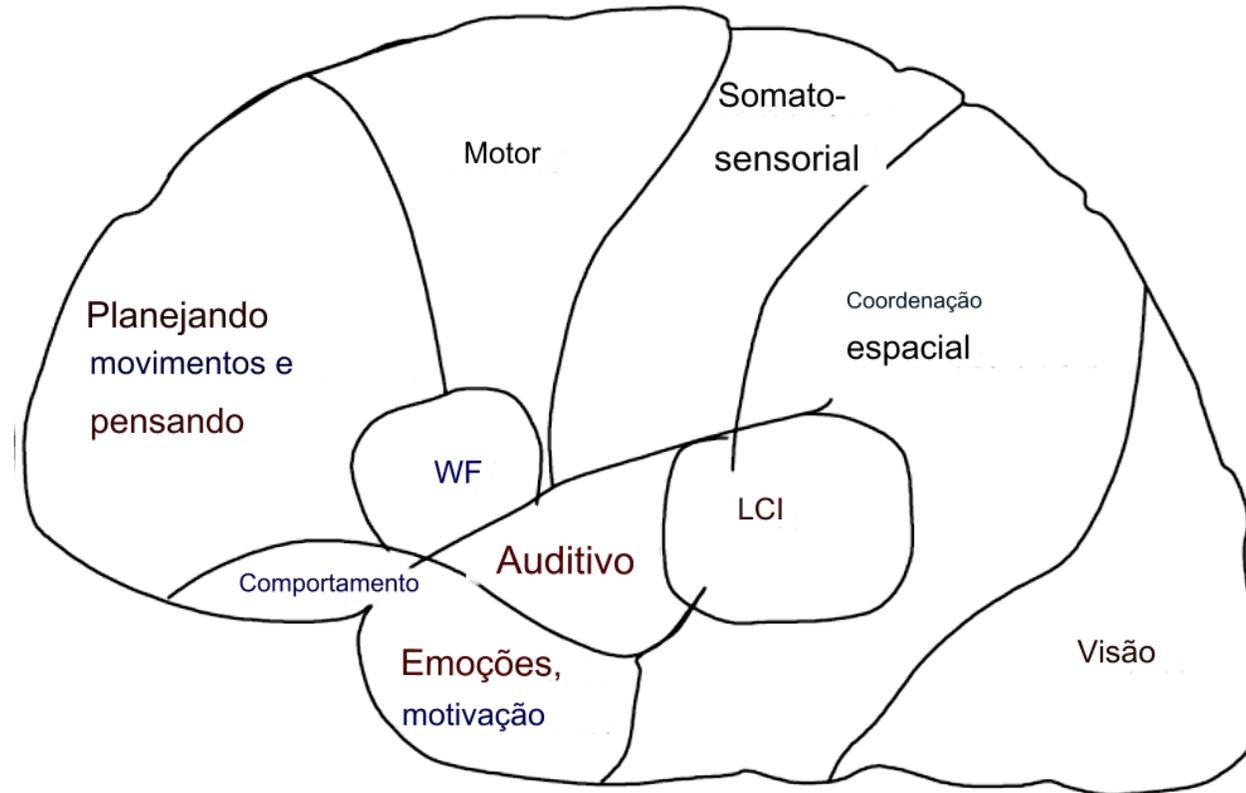
Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Organização em Camadas

- Muitas áreas do cérebro apresentam *organização em camadas*.
 - Cada camada tem um padrão regular:
 - De onde recebe informações.
 - Para onde envia essas informações.
- Exemplo:
 - Colículo Superior:
 - Recebe entradas visuais nas camadas superficiais.
 - Recebe entradas táteis e auditivas nas camadas mais profundas.
 - Neurônios nas camadas intermediárias representam informações dos movimentos dos olhos.

Áreas do Córtex

- Como visto anteriormente, estudos mostram que áreas do Córtex tem diferentes funções:



Mapa de áreas funcionais específicas no córtex cerebral.
WF: formação de palavras; LCI: compreensão de palavras e inteligência.

Camadas do Córtex

- Em geral, é sabido que neurônios do córtex podem ser subdivididos em três camadas distintas:
 - Camada de entrada:
 - Recebe entrada sensorial.
 - Camadas ocultas:
 - Recebe entradas localmente de outras camadas do cérebro.
 - Não recebem estímulo sensorial diretamente, nem produzem saída motora.
 - Camada de saída:
 - Envia comandos e saídas para outras partes do cérebro.

Mapa Topográfico

- Princípio de organização de muitos sistemas sensoriais e motores.
- Exemplo:
 - Neurônios das áreas visuais do córtex.
 - Arranjados de maneira que neurônios adjacentes tem campos de recepção visuais adjacentes e juntos constituem o mapa da retina.
- Unidades sensoriais vizinhas se destinam a representações similares.
 - Maneira do cérebro economizar e compartilhar *cabeamento*.

Bases Biológicas e Físicas de Aprendizado

- Sistema Nervoso está continuamente se modificando e se atualizando.
 - Todas as funções (incluindo percepção, controle motor, termo regulação, raciocínio) são modificáveis por experiências.
 - Observações de comportamento mostram graus de plasticidade do sistema nervoso:
 - Mudanças fáceis e rápidas.
 - Modificações lentas e profundas.
 - Mudanças mais permanentes, mas ainda modificáveis.

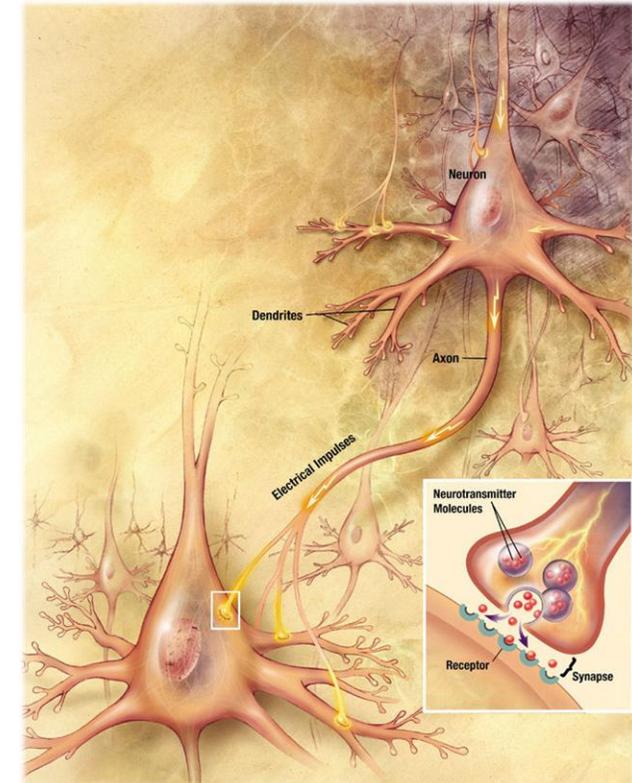
Aprendizado Global

- Resultado de mudanças locais nos neurônios:
 - Crescimento de novos dendritos.
 - Extensão dos ramos existentes.
 - Mudanças nas sinapses existentes.
 - Criação de novas sinapses.
 - Poda de dendritos.
 - Eliminação de sinapses.
 - Mudanças nos axônios.
 - Produção de novos neurotransmissores.
 - E muitas outras...



Bases Biológicas e Físicas de Aprendizado

- Podemos resumir as mudanças estruturais como modificações nas sinapses.
 - Estão envolvidas direta ou indiretamente em toda modificação.
 - ⇒ Aprendizado por modificações sinápticas.
 - Muito importante nas redes neurais biológicas e artificiais.
 - Conexões sinápticas podem ser reforçadas ou enfraquecidas.
 - Modificação na força da sinapse (eficiência sináptica).



Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Memória

- Também é um processo adaptativo de conexões sinápticas.
- Memórias podem ser classificadas em três tipos:
 - Memória de curto prazo:
 - Dura de poucos segundos a poucos minutos.
 - Exemplo: memória de um número de telefone.
 - Memória de prazo intermediário:
 - Dura de minutos a semanas.
 - Exemplo: nome de alguém interessante que você conheceu em uma festa.
 - Memória de longo prazo:
 - Dura por tempo indeterminado.
 - Exemplo: o endereço de sua casa.

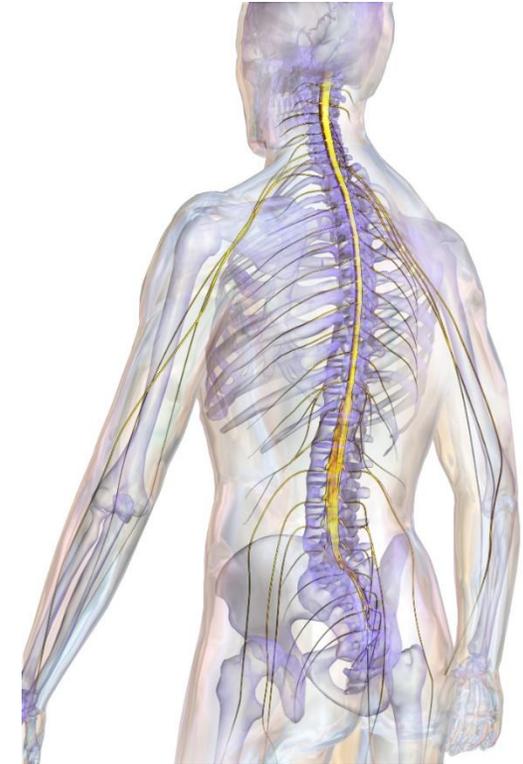


Memória

- Os dois primeiros tipos não requerem muitas mudanças nas sinapses.
- Memória de longo prazo:
 - Acredita-se que requer mudanças estruturais nas sinapses.
- Diferença entre *aprendizado* e *memória* é apenas conceitual.
 - Aprendizado: processo que resulta em mudança na eficiência sináptica.
 - Memória: resultado (duradouro) deste processo adaptativo.

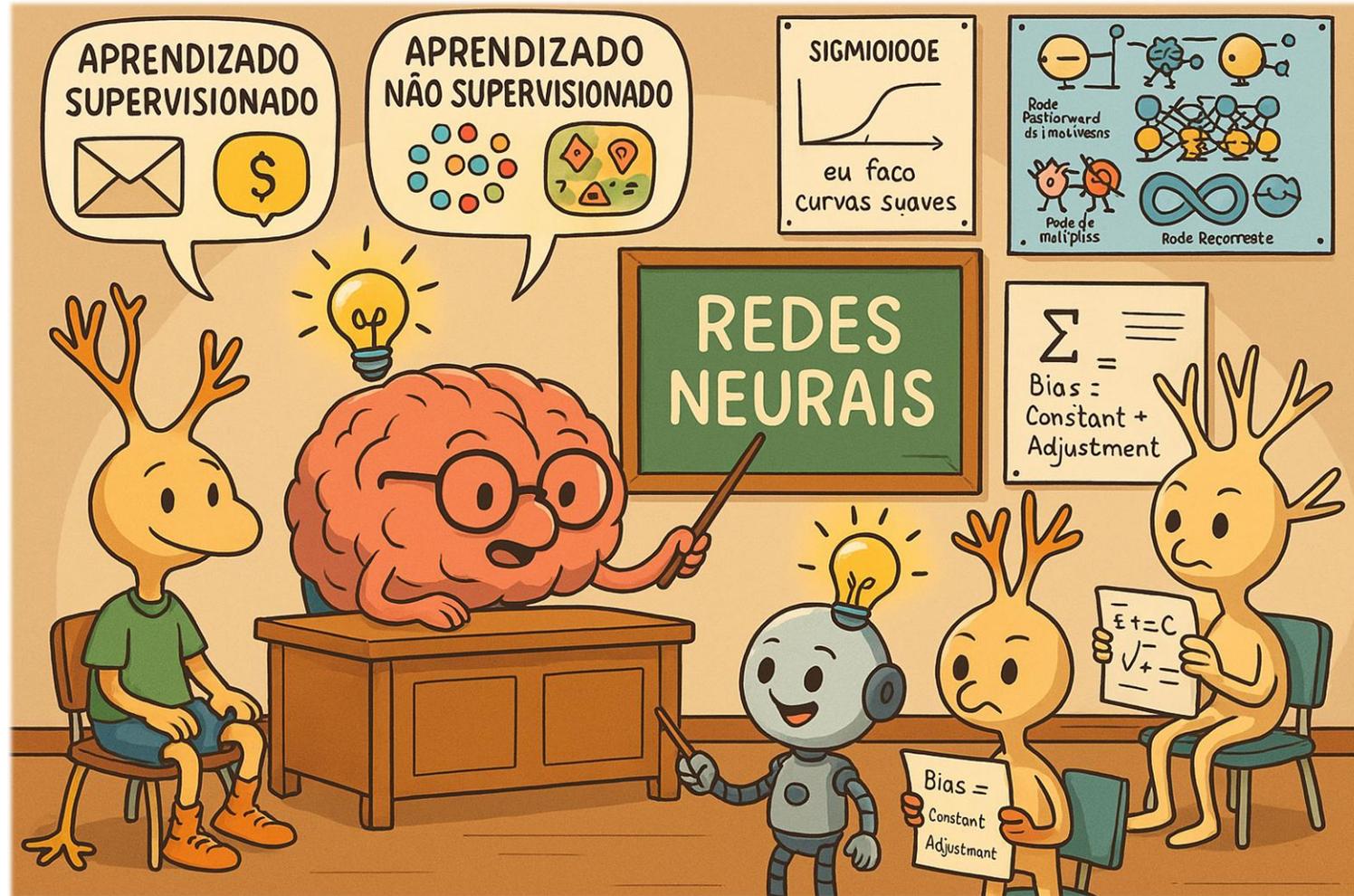
Sumário

- Sistema Nervoso:
 - Um dos maiores sistemas de controle nos organismos vivos.
 - Responsável por receber um estímulo do ambiente, processá-lo e produzir uma resposta.
 - Influenciou bastante no projeto de ferramentas computacionais para resolver problemas que usam elementos semelhantes a neurônios como unidades de processamento.
 - Conforme veremos na próxima aula.



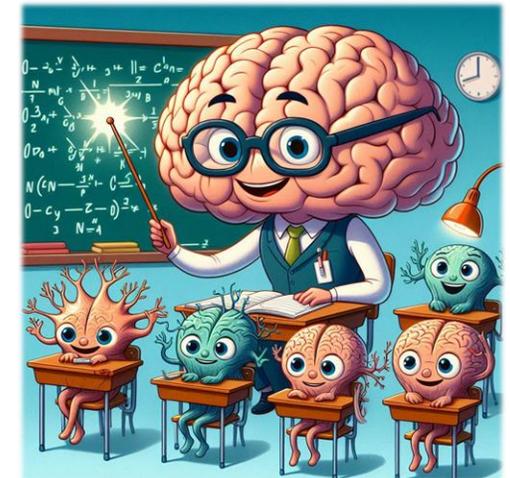
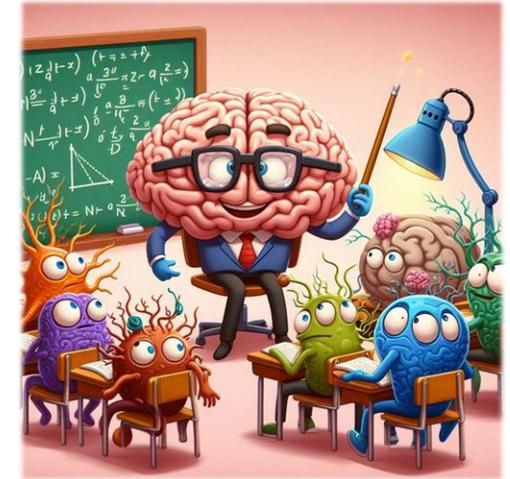
Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY](#)

Próxima Aula: Redes Neurais – Parte I



Agenda

- Por que Redes Neurais?
- Redes Neurais Artificiais
- Neurônios
 - Neurônio Natural
 - Neurônios Artificiais
 - Neurônio de McCulloch e Pitts
 - Neurônio Genérico
 - Neurônio Genérico Matematicamente
- Biais
 - Finalidade do Termo Bias
- Funções de Ativação
 - Função Linear
 - Função de Limiar (*Threshold, Step*)
 - Função Sigmóide / Logística
 - Função Tangente Hiperbólica
 - Função de Base Radial
 - ReLU (*Rectified Linear Unit*)
 - Outras Funções de Ativação
- Arquiteturas de Redes Neurais
 - Redes *Feedforward* de Uma Única Camada
 - Redes *Feedforward* de Múltiplas Camadas
 - Redes Recorrentes
- Abordagens de Aprendizado
 - Aprendizado Supervisionado
 - Exemplo: Problema de Classificação - Detecção de SPAM
 - Exemplo: Problema de Regressão - Como calcular o preço de uma casa?
 - Treinando uma Rede Neural
 - Função de Custo
 - Capacidade de Generalização
 - *Underfitting* e *Overfitting*
 - Estimando o Desempenho da Rede
 - Validação Cruzada
 - Matriz de Confusão
 - Aprendizado Não Supervisionado
 - Aprendizado Competitivo
 - Exemplo: Separação de Balões
 - Exemplo: Onde abrir pizzarias?
 - Aprendizado por Reforço



Questões



- Classifique os tópicos abaixo como fato ou ficção (argumente em favor de sua classificação e cite trabalhos da literatura que suportem sua opinião):
 1. Nós usamos apenas 10% do potencial de nossos cérebros.
 2. O número de neurônios com que nascemos será o número de neurônios com que morreremos.
 3. Neurônios não podem se reproduzir.
 4. Homens tem mais neurônios que mulheres.
 5. Mulheres tem uma visão periférica mais ampla que homens.

Bibliografia

- CASTRO, Leandro Nunes. *Fundamentals of Natural Computing: Basic Concepts, Algorithms, And Applications*. CRC Press, 2006.
- CARVALHO, André Ponce de Leon F. de. *Notas de Aula*, 2007.
- BROWNLEE, Jason. *Clever Algorithms: Nature-Inspired Programming Recipes*. Jason Brownlee, 2011.
- HAYKIN, Simon. *Neural Networks and Learning Machines*, 3rd Edition. Prentice Hall, 2008.
- KOVACS, Zsolt L. *Redes Neurais Artificiais: Fundamentos e Aplicações*. Livraria da Física, 2006.
- BISHOP, Christopher M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2007.

