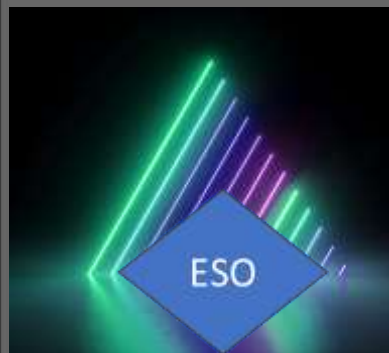


Aulas 08 e 09

05 e 11/04/2024

Neurofisiologia Comparada



Elisabeth Spinelli de Oliveira



Sistemas nervosos em números

Número de neurônios
Sinapses

Número é um
parâmetro importante?

Ryan, K.; Lu, Z.; Meinertzhagen, I. A. (2016). "The CNS connectome of a tadpole larva of *Ciona intestinalis* (L.) highlights sidedness in the brain of a chordate sibling". *ELife*. 2016;5:e16962 Ryan, K.; Lu, Z.; Meinertzhagen, I. A. (2018). "The peripheral nervous system of the ascidian tadpole larva: Types of neurons and their synaptic networks". *Journal of Comparative Neurology*. 526 (4): 583–608. doi:10.1002/cne.24353. PMID 29124768

Porifera (zero)



Cnidaria (Medusozoa, Scyphozoa)



Chrysaora fuscescens Neurônios: 5.600

Ascidiacea (Tunicata)



Ciona intestinalis

Neurônios (281)

Sinapses (8.617, no SNC)

Bode, H.; Berking, S.; David, C. N.; Gierer, A.; Schaller, H.; Trenkner, E. (1973). "Quantitative analysis of cell types during growth and morphogenesis in *Hydra*". *Wilhelm Roux Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*. 171 (4): 269–285.

Annelida



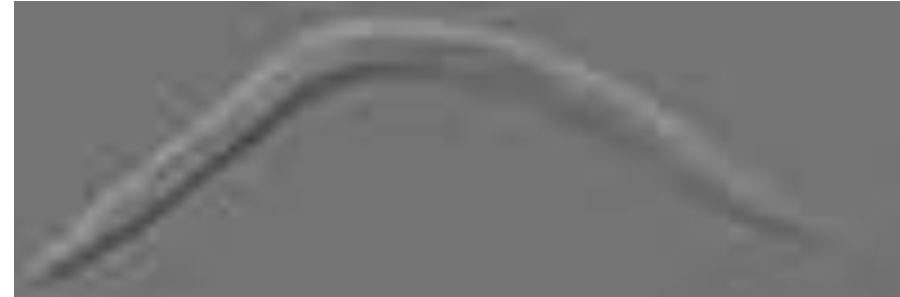
Hirudo medicinalis

Neurônios: 10.000

Kuffler SW & Potter DD (1964). Glia in the leech central nervous system: physiological properties and neuron-glia relationship. J. Neurophysiol. 27 (2): 290–320.

Mollusca, Gastropoda

Nematoda, Rhabditidae



Caenorhabditis elegans

Neurônios: 302 Sinapses: 7.500



Helix pomatia

Neurônios: 300

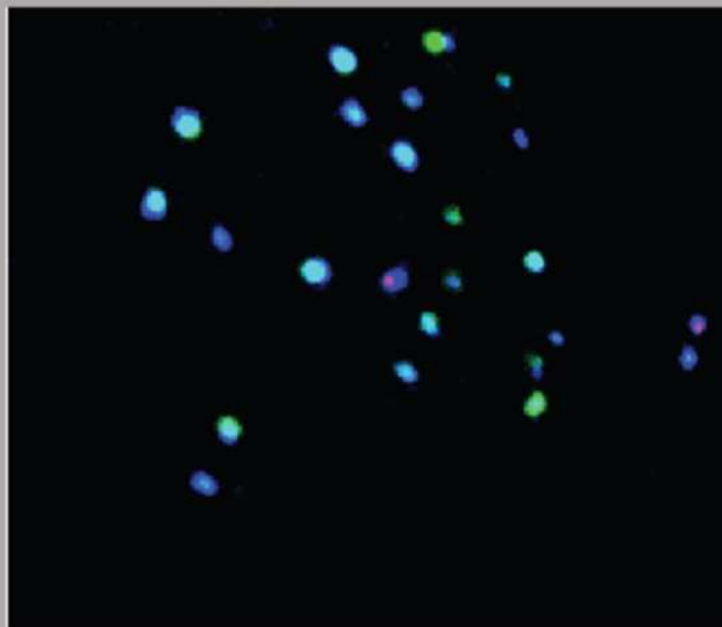
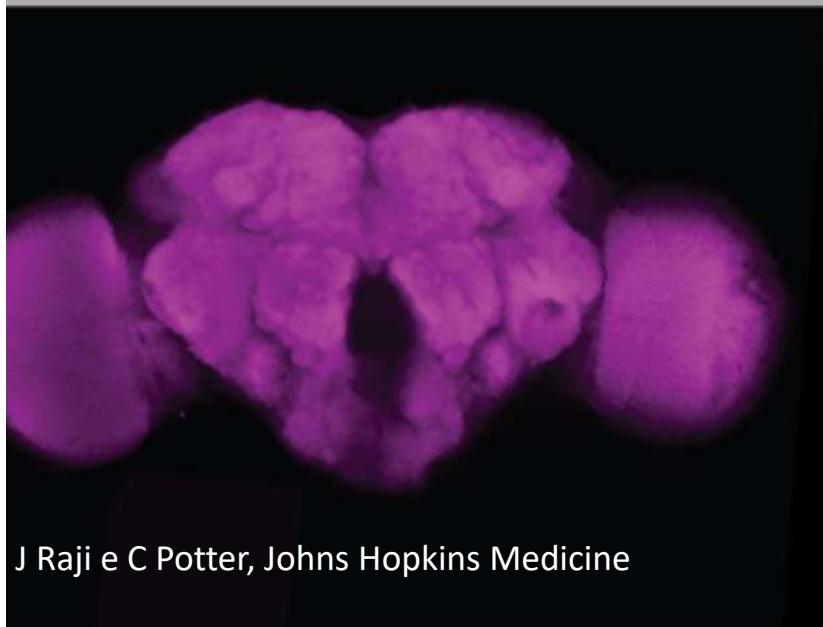
Octopus vulgaris

Tem grande cérebro com 30 lobos (Young, 1971). No **total**, o Sistema Nervoso contém ao redor de **500 milhões** de **neurônios** (Young, 1963), provavelmente o maior número entre os invertebrados.

Fig. *Scientific American*



INSECTA

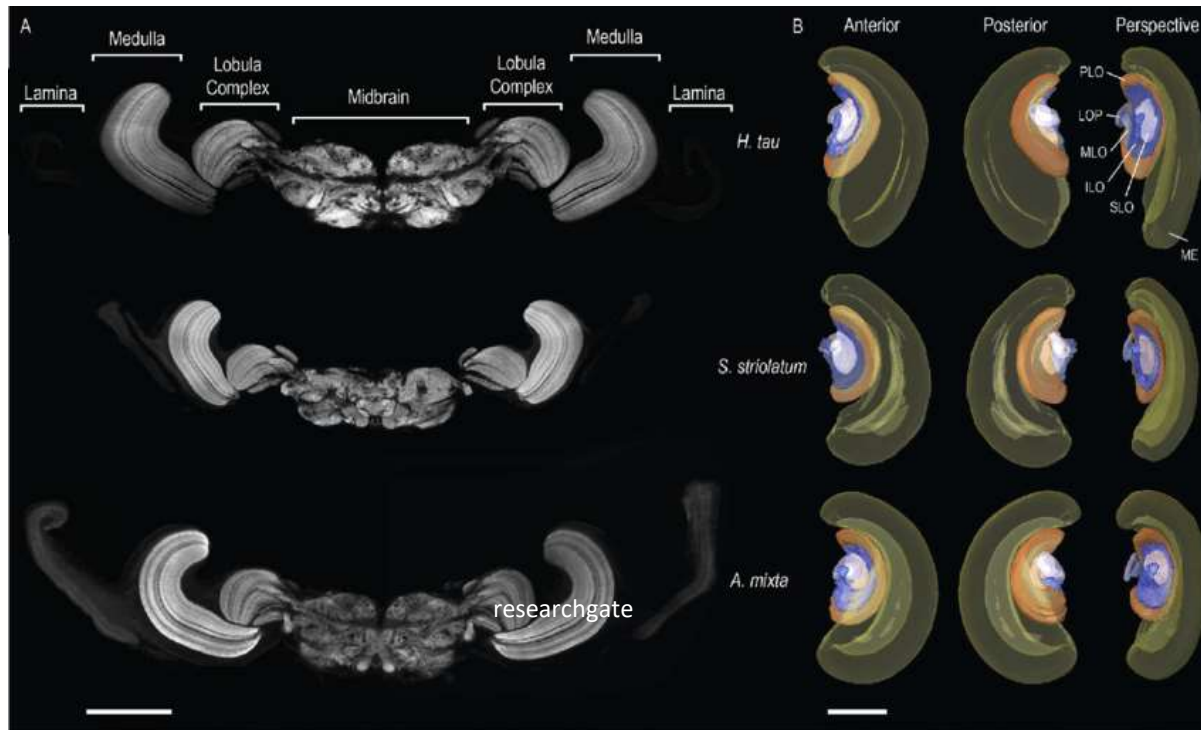


No lado esquerdo o cérebro da *Drosophila melanogaster* (E) e os somas de neurônios marcados especificamente (D).

Número de neurônios: 200.000

<https://www.hopkinsmedicine.org/news/newsroom/news-releases/2021/05/fruit-flies-and-mosquitos-are-brainier-than-most-people-suspect-say-scientists-who-counted-the-bugs-brain-cells#:~:text=The%20insects'%20tiny%20brains%2C%20on,brain%20contains%20about%2012%20billion.>

INSECTA



O cérebro das libélulas tem ao redor de 250.000 neurônios. Espécies de tamanho grande podem ter 1.000.000 de neurônios.

No lado esquerdo fotomicrografias dos lobos ópticos ladeando o protocérebro de três espécies





Crustacea

O cérebro de decápodes adultos tem alguns milímetros e contém ao redor de 10.000 neurônios que estão organizados em núcleos, neurópila e tratos.

Os exemplos apresentados são confiáveis para respondermos a pergunta “Número de neurônios é um parâmetro importante?”

A EVOLUÇÃO DO SISTEMA NERVOSO É EM MOSAICO* A PARTIR DE ANCESTRAL COMUM

O conceito de uma complexidade crescente e linear, culminando no SN humano, embora **inadequado**, está presente na compreensão que a maioria das pessoas tem sobre o SN, inclusive no meio acadêmico (de outras áreas !?)

Complexity and the Nervous System C. Koch et al, 284: 96,1999 Science

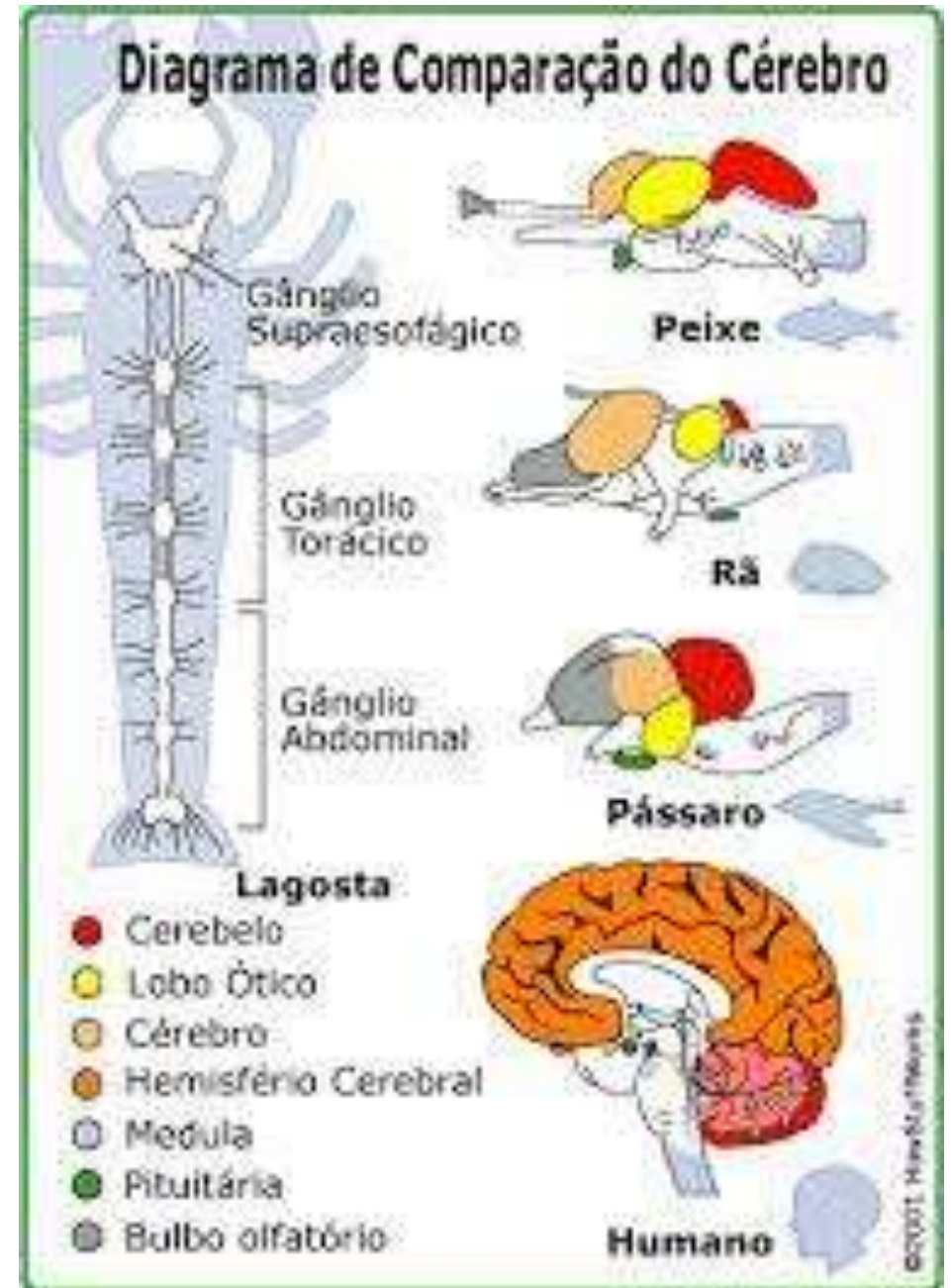
Evolution of the Chordate Telencephalon SD. Brisco & CW. Ragsdale Current Biology 29, R647–R662, 2019 R647

***A evolução em mosaico (ou modular) é um conceito da Biologia Evolutiva que considera que ocorram modificações em algumas partes do corpo ou dos sistemas sem que ocorram modificações simultâneas em outras partes.**

SISTEMA NERVOSO

SISTEMA NERVOSO CENTRAL

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO





Sistemas Nervosos em Vertebrados

AS PRINCIPAIS DIVISÕES DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL ESTÃO PRESENTES EM TODOS OS VERTEBRADOS

HÁ DIFERENÇAS NO TAMANHO RELATIVO E ABSOLUTO DAS ESTRUTURAS

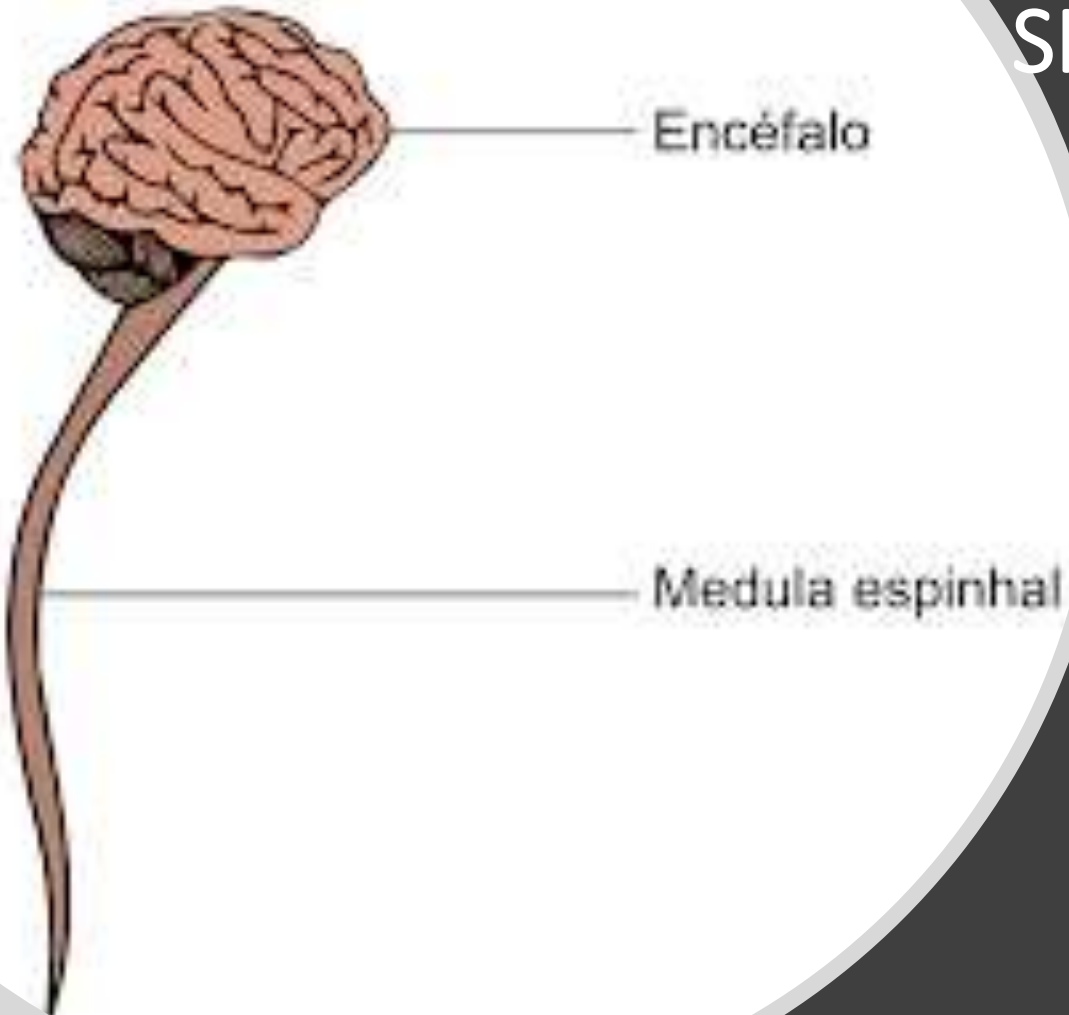
SISTEMA NERVOSO EM VERTEBRADOS

SISTEMA NERVOSO CENTRAL

ENCÉFALO E MEDULA ESPINHAL

- Posição dorsal
- Protegido por um envoltório ósseo
- Apresenta cavidades preenchidas por líquido: o sistema ventricular
- É envolto por meninges

Na condição ancestral existe uma única meninge. Em Amphibia, "Reptilia" e Aves existem duas meninges relativamente grossas (uma duramater e uma membrana secundária interna). Em Mammalia a duramater é mantida e a segunda membrana divide-se em aracnoide e piamater (*).



O SISTEMA NERVOSO CENTRAL (SNC)

Algumas das principais subdivisões ou estruturas do SNC

- **MEDULA ESPINHAL**

- **ENCÉFALO**

TRONCO ENCEFÁLICO

MEDULA OBLONGA (Pirâmides formadas por fibras motoras de neurônios motores no córtex motor)

PONTE (Núcleos da Rafe, Locus Ceruleus)

MESENCÉFALO

Dorsal: Lâmina quadrigêmea

Ventral: Área Tegmental Ventral (ATV)

Colículo superior / Teto óptico (“lobo óptico”)

Colículo Inferior

CEREBELO

DIENCÉFALO

EPÍFISE OU EPITÁLAMO OU PINEAL

TÁLAMO

HIPOTÁLAMO (Área préoptica, supraquiasmática, corpos mamilares)

TELENCÉFALO OU HEMISFÉRIOS CEREBRAIS

PÁLIO, NEOCÓRTEX, CÓRTEX OLFATÓRIO, HIPOCAMPO

NÚCLEOS DA BASE (ESTRIADO, GLOBO PÁLIDO, SUBSTÂNCIA NIGRA) N. *ACCUMBENS* (ESTRIADO VENTRAL)

NÚCLEOS TELEENCEFÁLICOS DO SISTEMA LÍMBICO (AMÍGDALA e SEPTO)

Pars basalis telencephali

**Sistema
mesolímbico**

Conexão
entre o
mesencéfalo

(ATV) e o
sistema
límbico

Evolução do Sistema Nervoso

Craniata

Vertebrata

Gnathostomata

Sarcopterygii

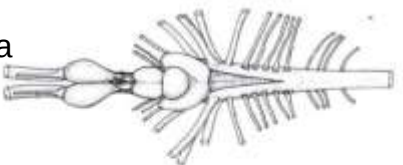
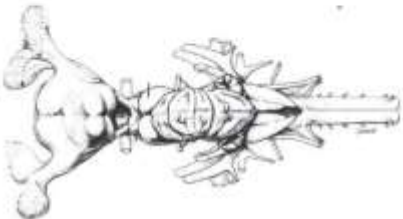
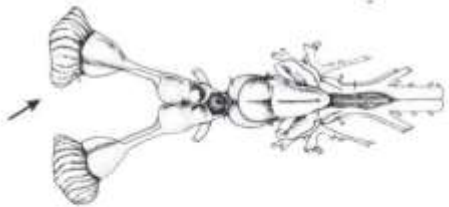
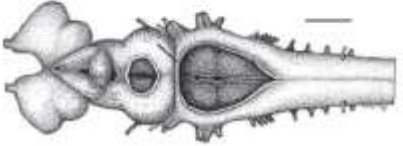
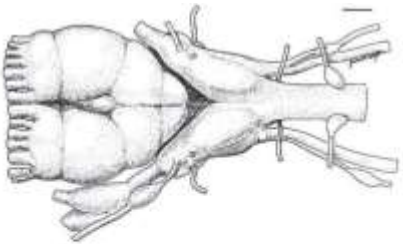
Myxinoidea

Petromyzontidae

Chondrichthyes

Actinistia

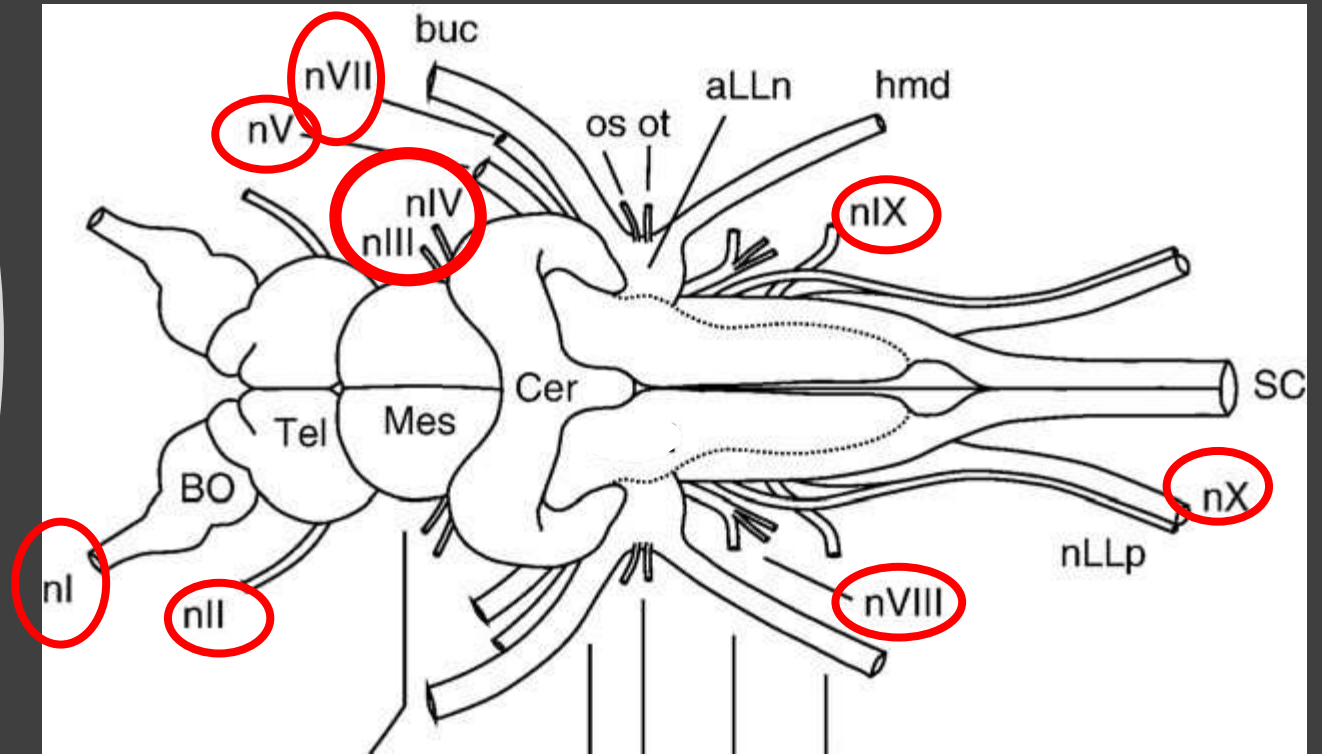
Dipnoi



SNC (Kaas)

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO PARES DE NERVOS CRANIANOS (10)

INERVAM ESTRUTURAS DA CABEÇA

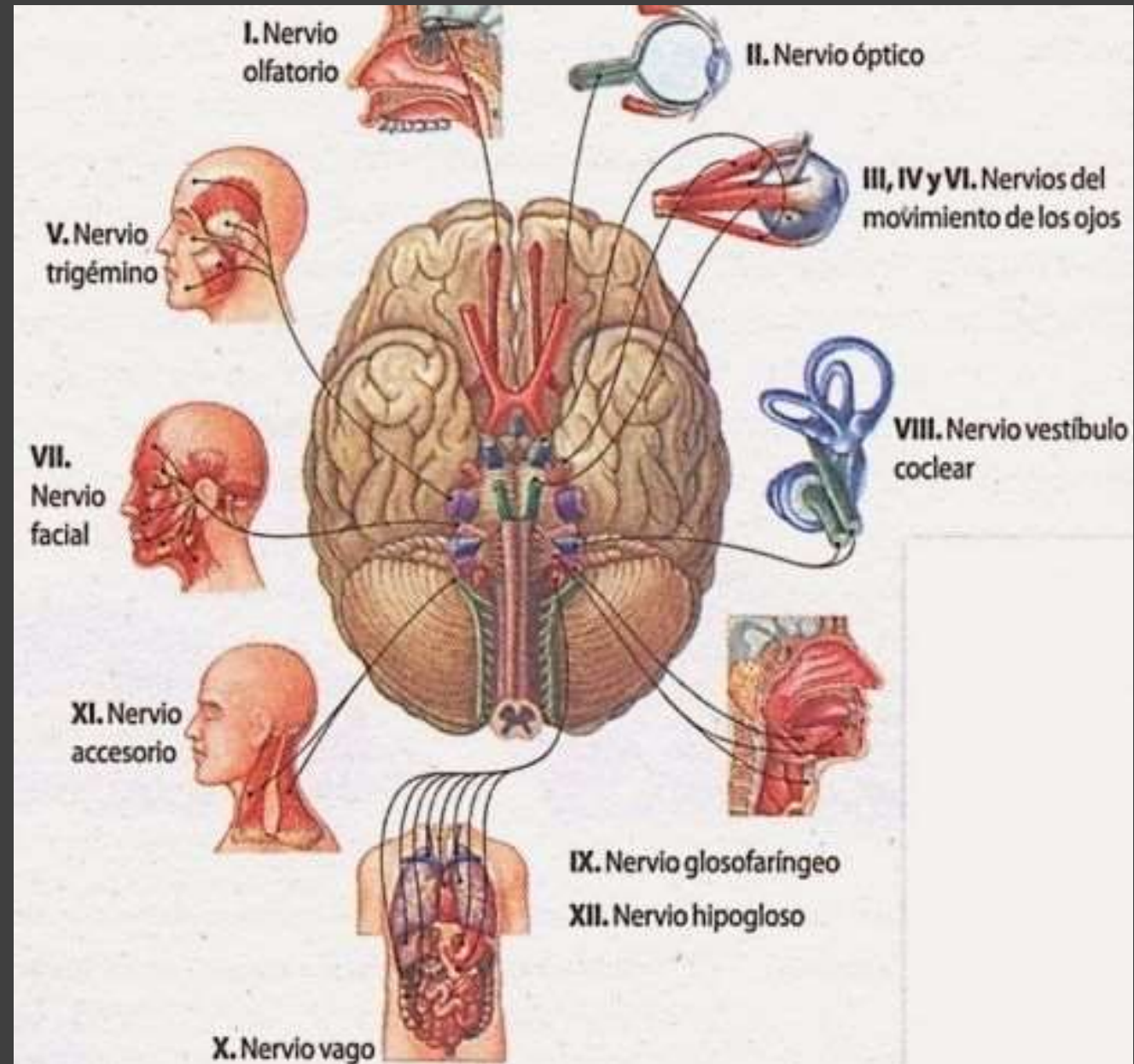


Sistema Nervoso Central de *Polydon* (Peixe)
O vermelho marca os nervos cranianos

BO: bulbo olfatório Tel: telencéfalo Mes: mesencéfalo Cer: cerebelo n: nervo craniano identificados por números

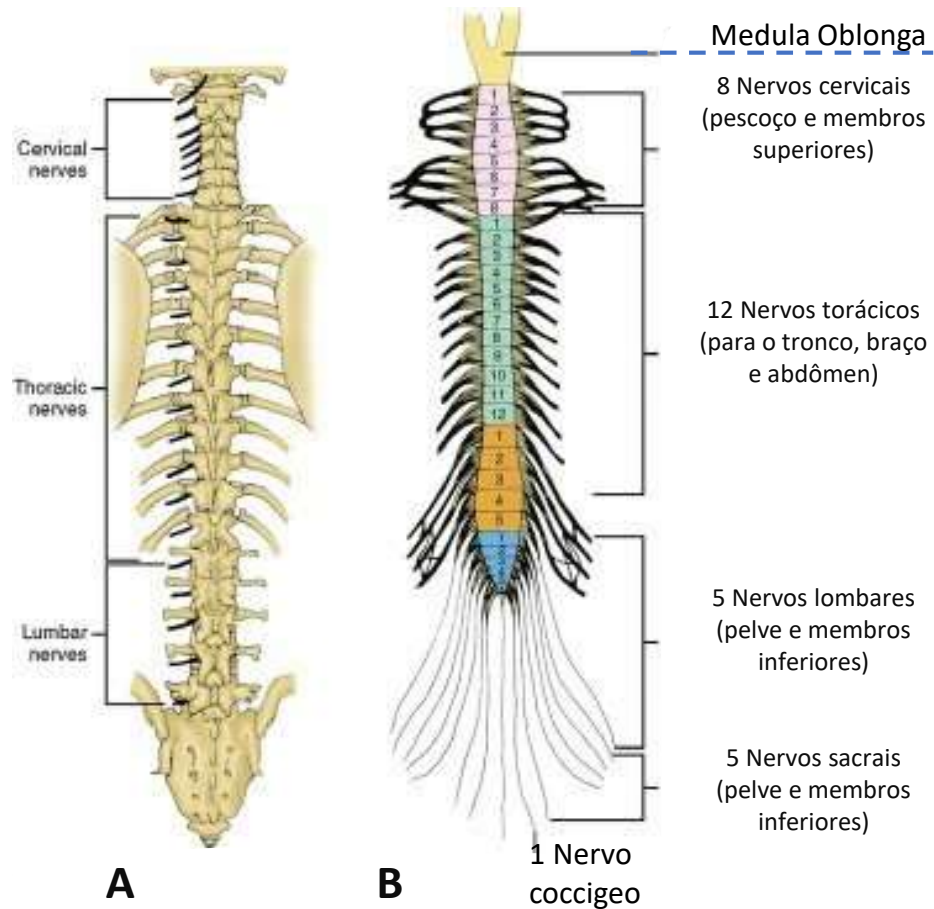
PARES DE NERVOS CRANIANOS (XII PARES EM AMNIOTAS)

INERVAM ESTRUTURAS DA CABEÇA



I: Olfatório II: Óptico III IV VI: Oculomotores V: Trigêmeo VII: Facial VIII Vestíbulo coclear (auditivo) IX: Glossofaríngeo X: Vago XI: Acessório XII: Hipoglosso

NERVOS ESPINHAIS (SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO)



Os **nervos espinhais** são nervos mistos, compostos de **fibras sensitivas, fibras motoras** e podem ter fibras do sistema nervoso autônomo. São exemplos de estruturas metamérica e inervam tronco e membros e parcialmente o pescoço.

Estabelecem a comunicação entre estruturas corporais e o Sistema Nervoso Central. São 31 pares em mamíferos (Figura B, visão dorsal).

Reconheça a cauda equina em mamíferos

A. Coluna vertebral visão dorsal

<https://www.quora.com/Humans-have-31-pairs-of-spinal-nerves-whereas-Aves-have-38-pairs-How-Does-evolution-allow-this>

<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/spinal-nerve>

SISTEMA NERVOSO EM VERTEBRADOS

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO

NERVOS ESPINHAIS

NERVOS CRANIANOS

GÂNGLIOS SENSITIVOS

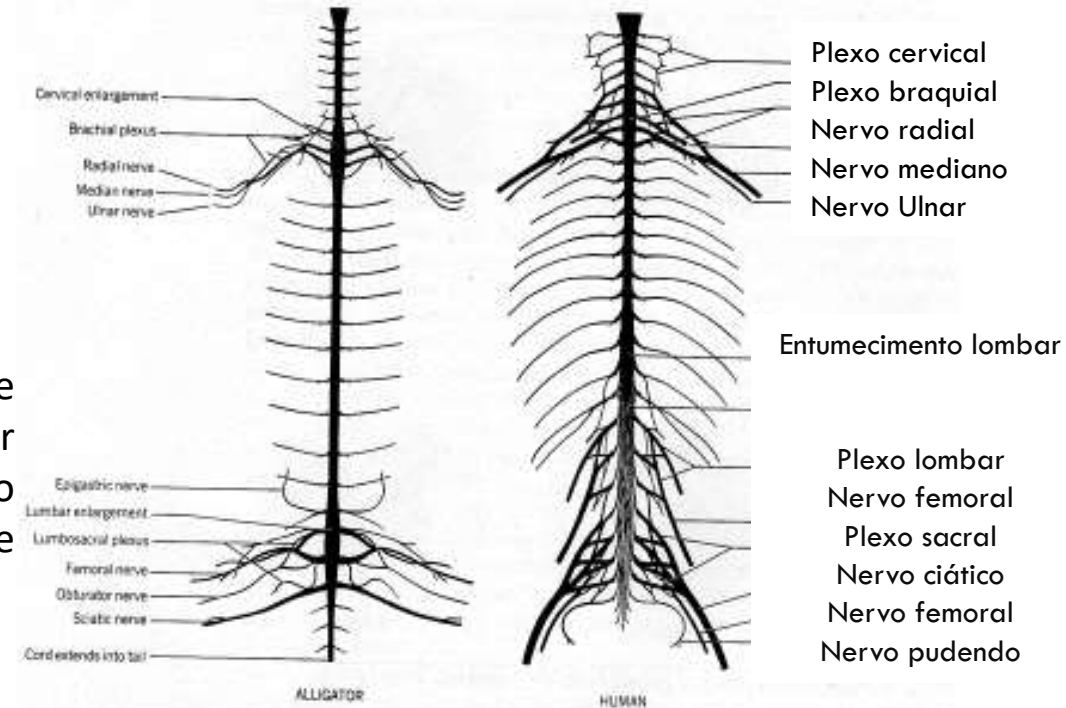
GÂNGLIOS AUTÔNOMOS (VÍSCERAS)

NERVOS ESPINHAIS E PLEXUS

Um diápsida e um sinápsida

Plexus são
redes de
nervos (*)

(*) Rede de
capilares, por
exemplo o plexo
coróide que
produz o líquido



Jacaré

Humano

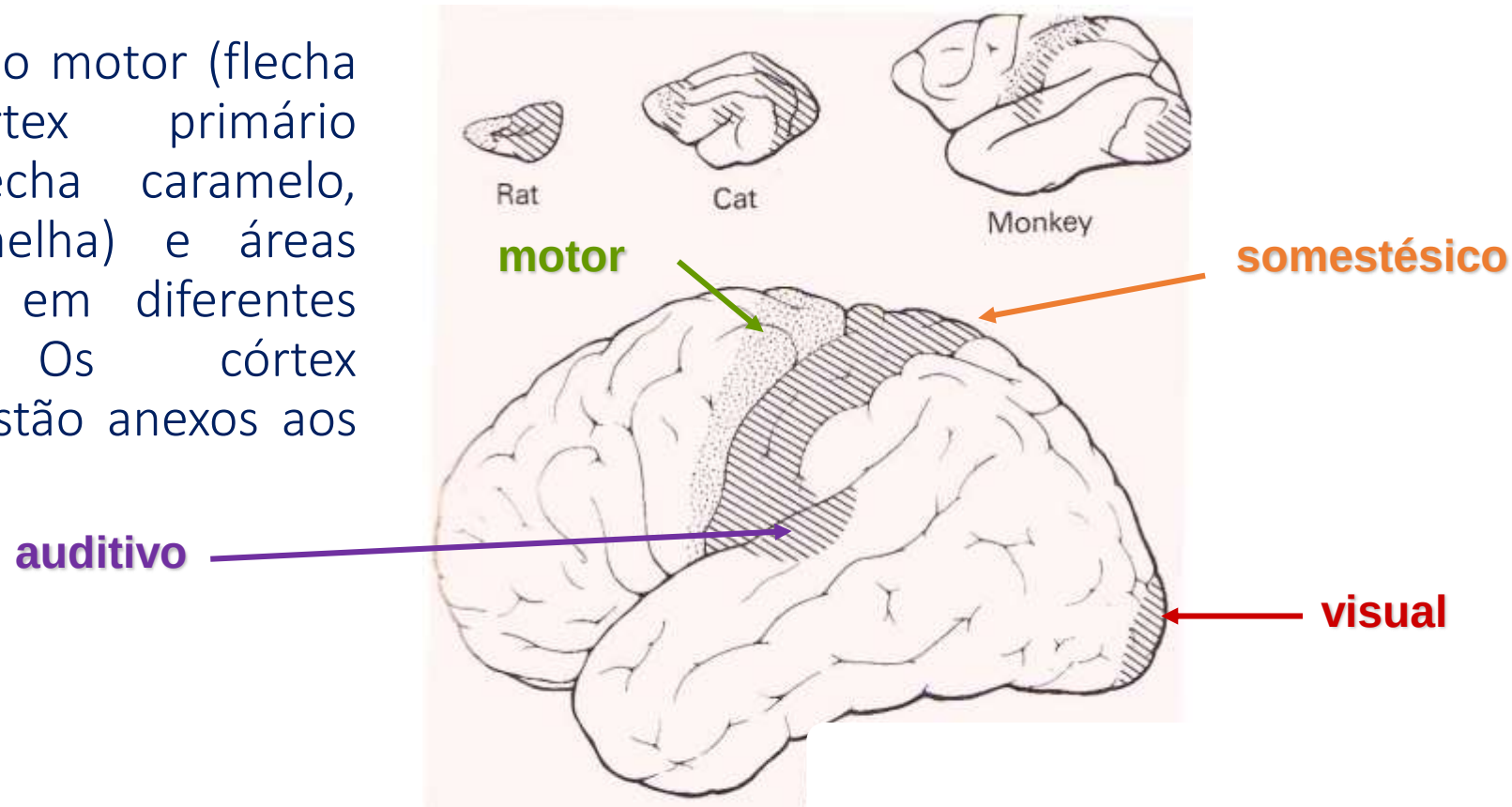
O CÉREBRO (TELENCÉFALO/ HEMISFÉRIOS CEREBRAIS) EM MAMÍFEROS

TIPOS DE NEOCORTEX DE ACORDO COM CRITÉRIOS FUNCIONAIS

SENSORIAL MOTOR ASSOCIATIVO

PRIMÁRIO SECUNDÁRIO ASSOCIATIVO DE ORDEM SUPERIOR

Córtex primário motor (flecha verde), córtex primário sensorial (flecha caramelo, roxa e vermelha) e áreas associativas em diferentes mamíferos. Os córtex secundários estão anexos aos primários.



Representação esquemática dos tipos funcionais do neocórtex. Notem a extensão do córtex associativo, especialmente em primatas

A integridade do neocórtex é fundamental para a vida de relação de um mamífero

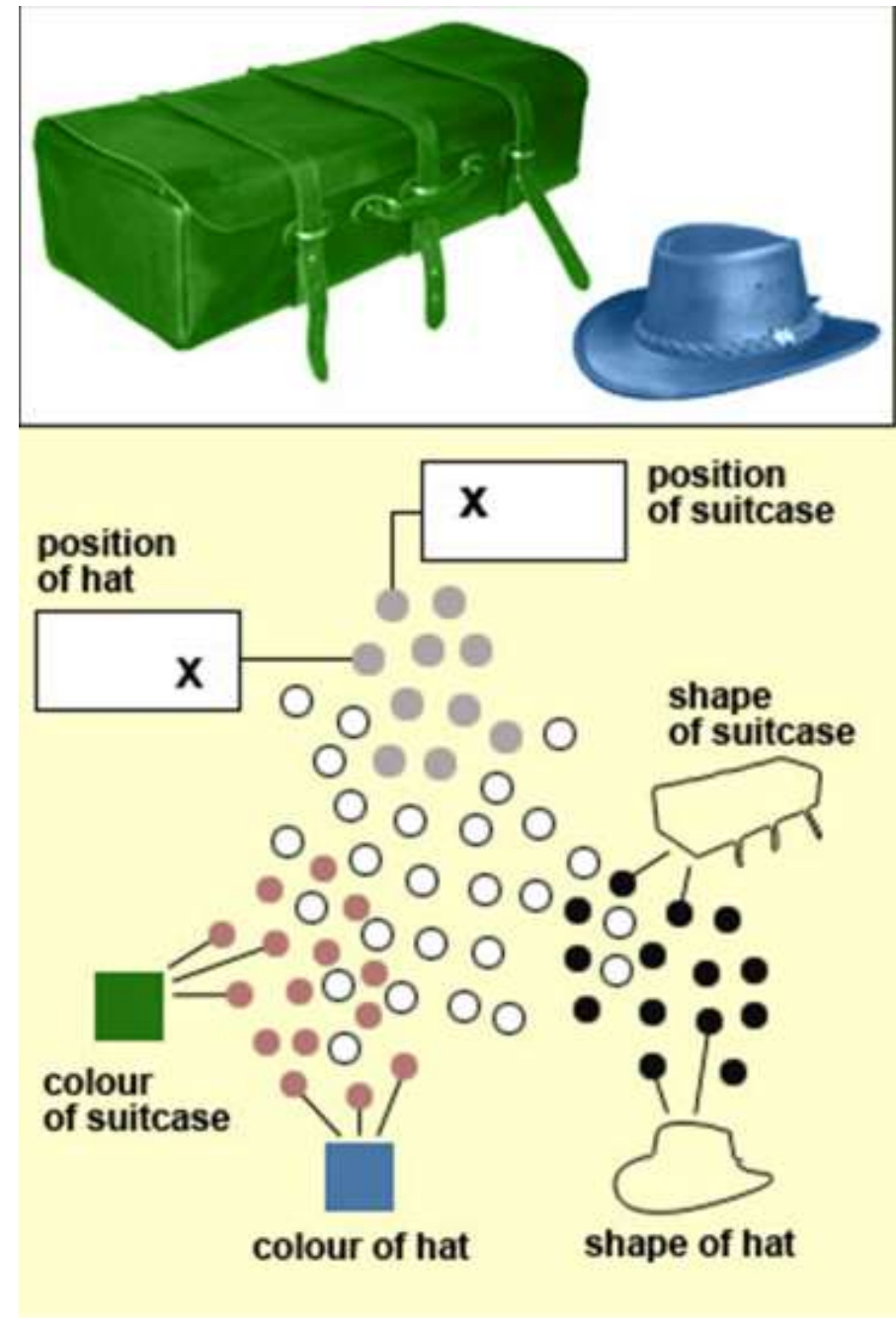
Como o córtex primário funciona?

A figura ao lado mostra que no córtex visual primário existem neurônios distintos que respondem à posição, à forma e a cor dos objetos.

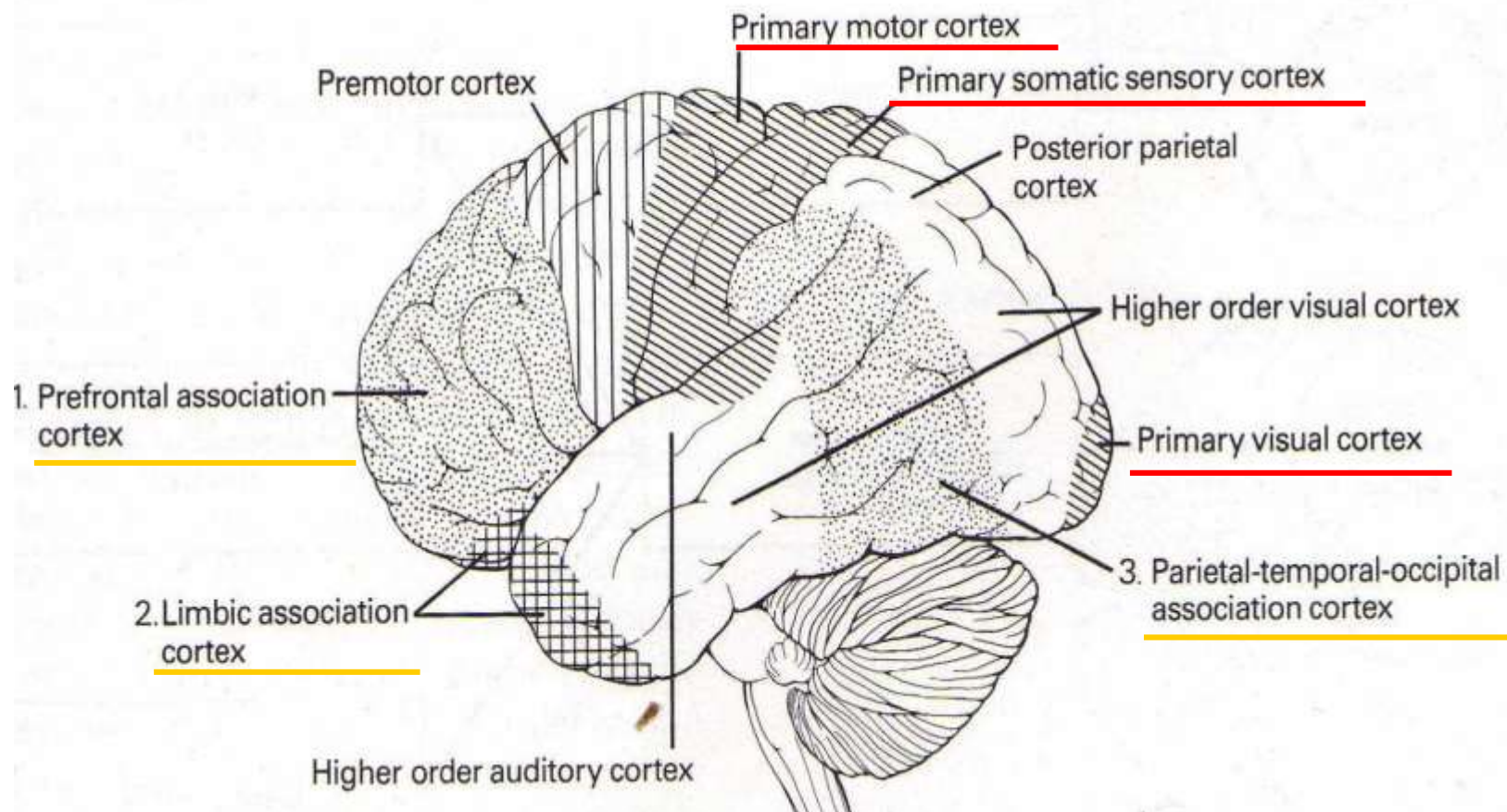
Há necessidade de integração dessas informações de maneira que possamos enxergar a mala verde, retangular, próxima ao chapéu azul, que está no lado direito da figura.

No córtex secundário o nível de integração aumenta e nos córtex associativos damos significado às forma, cores e posições analisadas pelo córtex primário.

Fonte: Purves



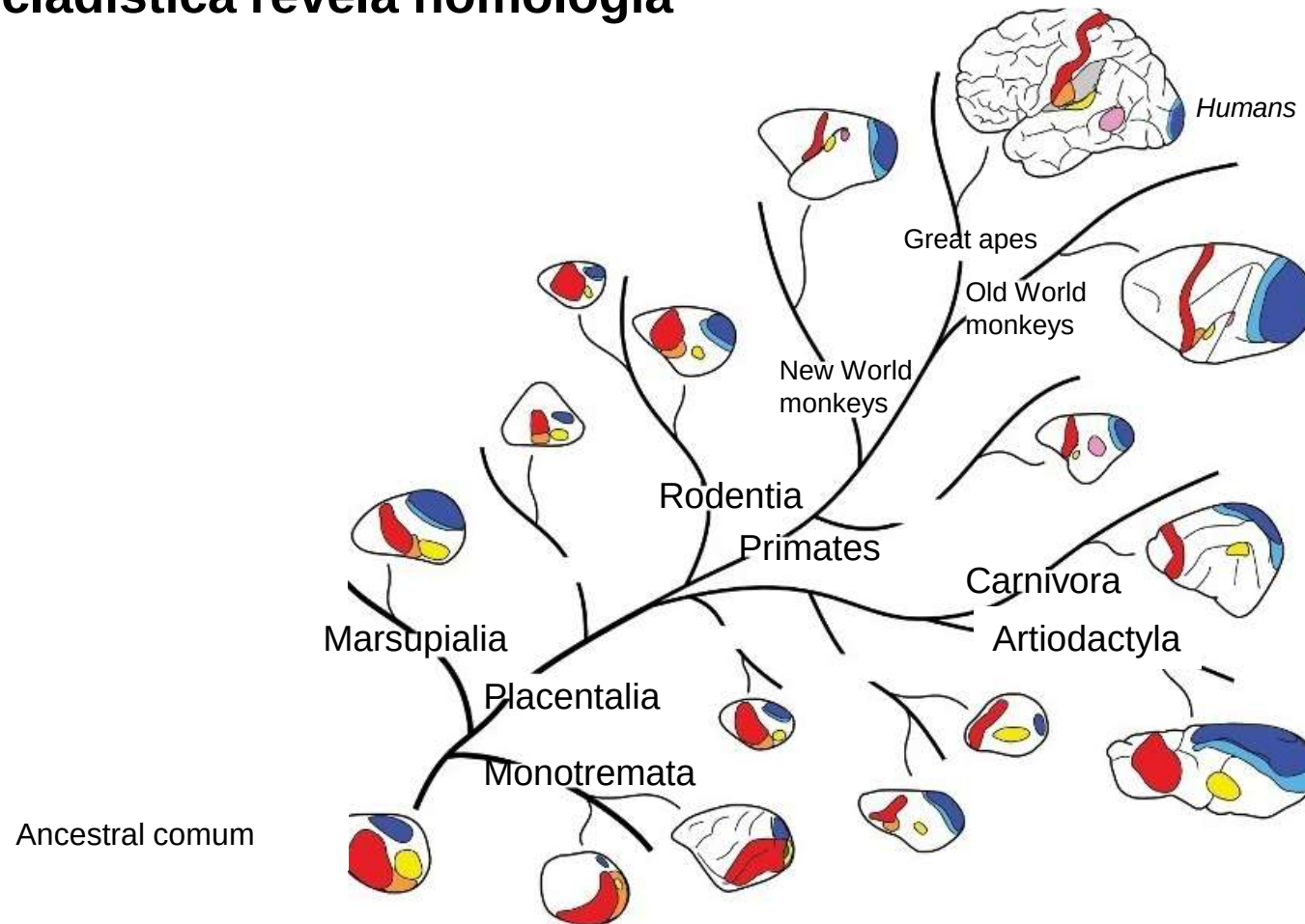
DIVISÕES FUNCIONAIS DO NEOCÓRTEX: PRIMÁRIO, (SECUNDÁRIO, TERCIÁRIO) e ASSOCIATIVO



Principles of Neuroscience K&S

Os córtex secundários são adjacentes aos primários e aos terciários. Os primários reconhecem as modalidades, os adjacentes acrescentam qualidades à modalidade, como o reconhecimento do significado do estímulo.

Tipos de neocórtex em diferentes clados de mamíferos: a análise cladística revela homologia



Retirado de Krubitzer, L. and Kahn, D. 2003. Nature vs. nurture: An old idea with a new twist. Prog. Neurobiol. 70, 33-52.

Azul escuro: córtex visual primário, azul claro: córtex visual secundário, vermelho: córtex somestésico primário; laranja: córtex somestésico secundário; amarelo: córtex auditivo primário, rosa: córtex visual temporal

HOMÚNCULO SENSORIAL (E) e HOMÚNCULO MOTOR (D)

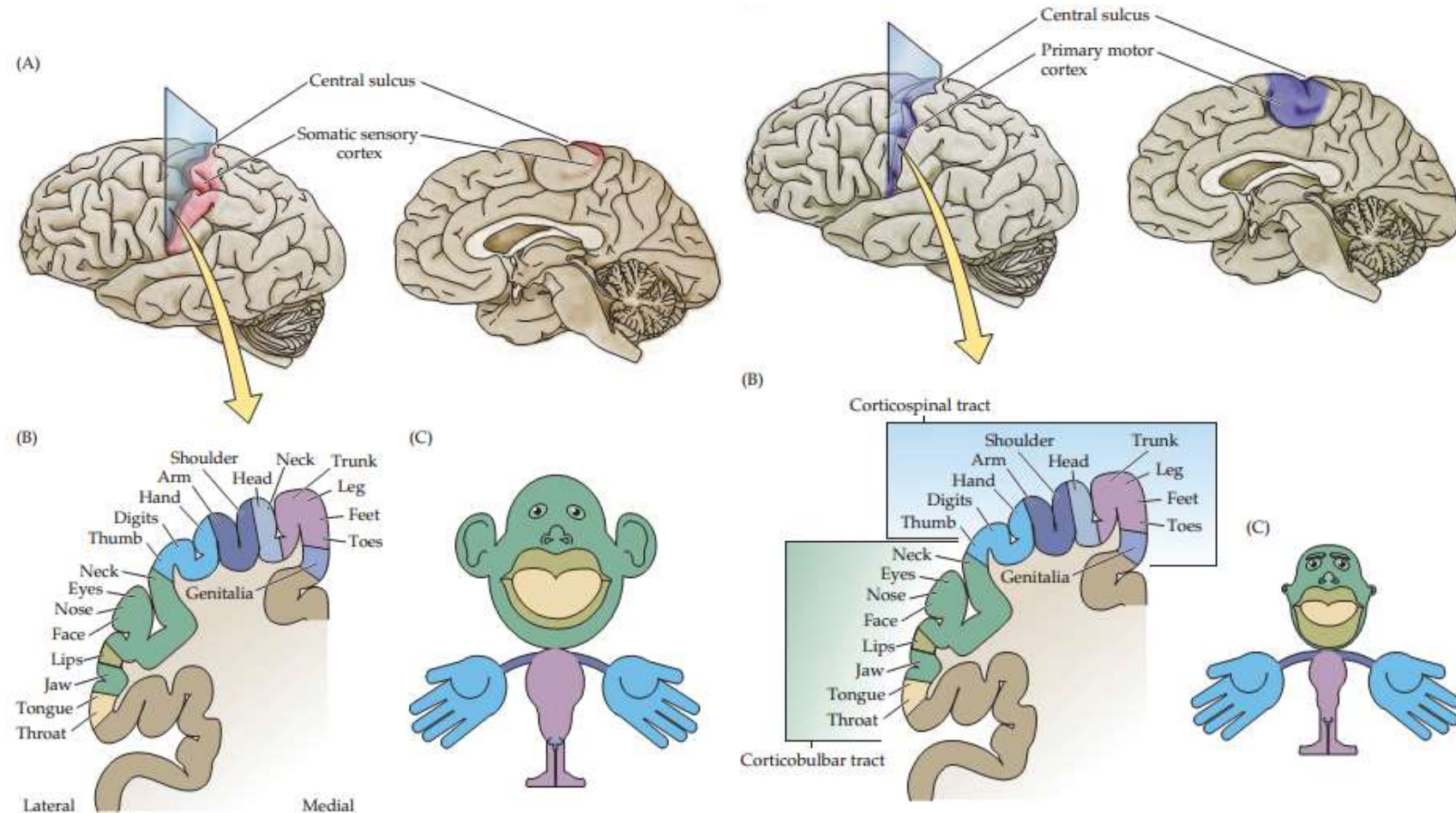
Homúnculo somestésico

Representa as áreas corticais devotadas às diferentes partes do corpo sensorial e cutâneo. Observem que não são proporcionais às partes do corpo, mas sim à sua importância para a dada espécie.

Homúnculo motor

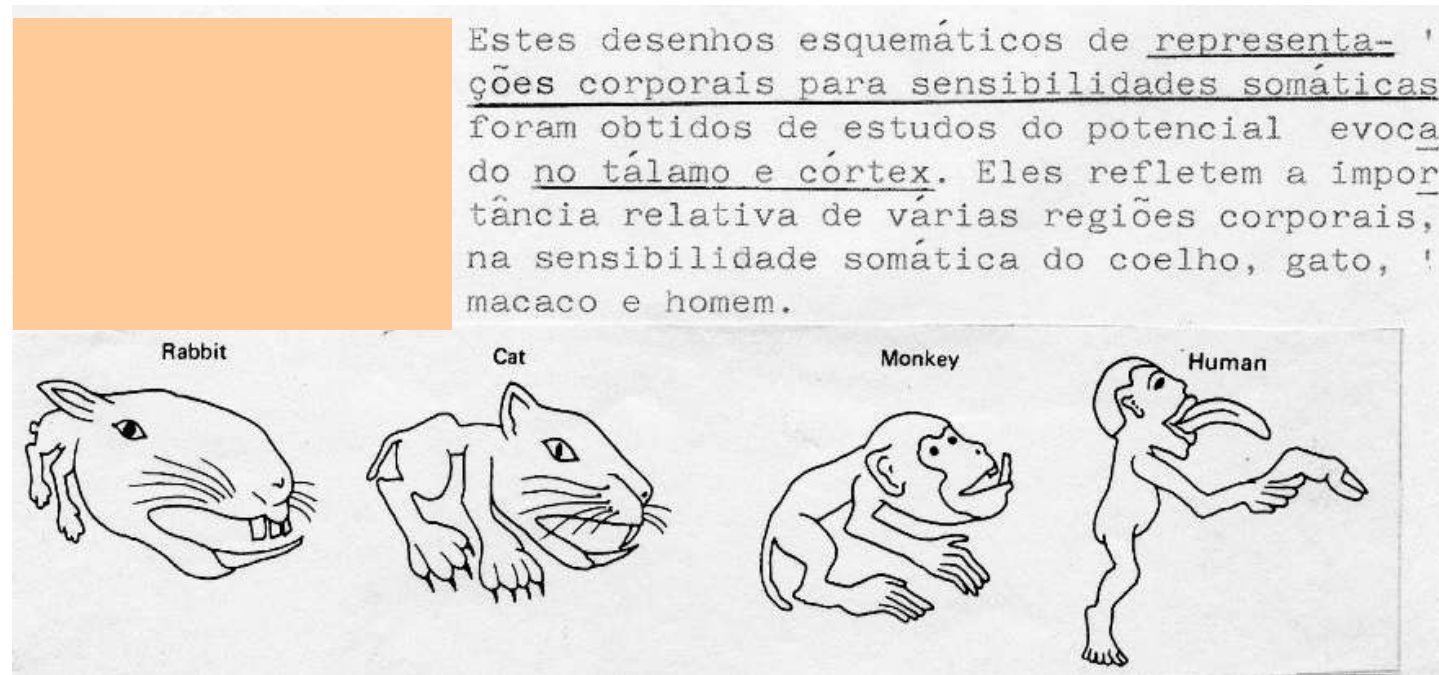
Representa as áreas corticais devotadas às diferentes partes da musculatura corporal. Observem que não são proporcionais às partes do corpo, mas sim à sua importância para a dada espécie.

Os homúnculos são semelhantes e evidenciam a importância das mãos, da face e dos lábios para a espécie humana.



Representação corporal da sensibilidade somática

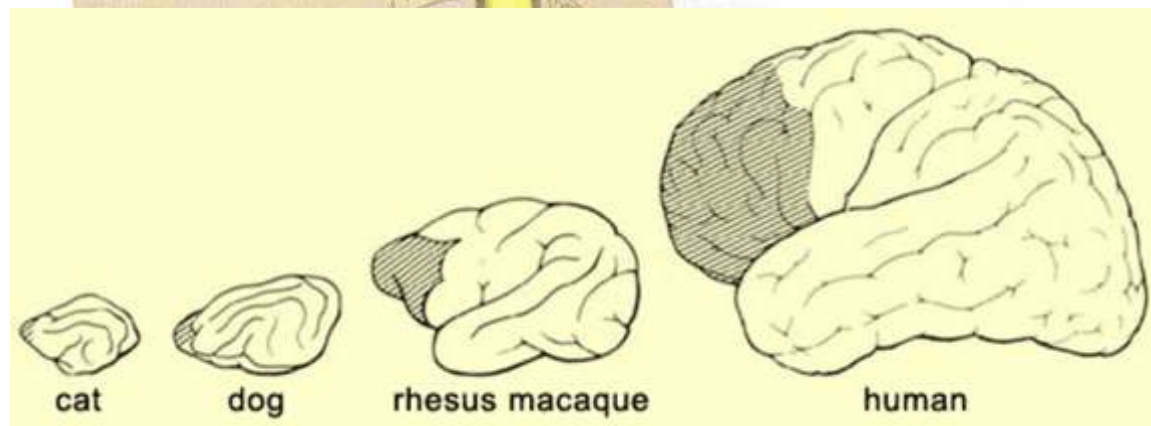
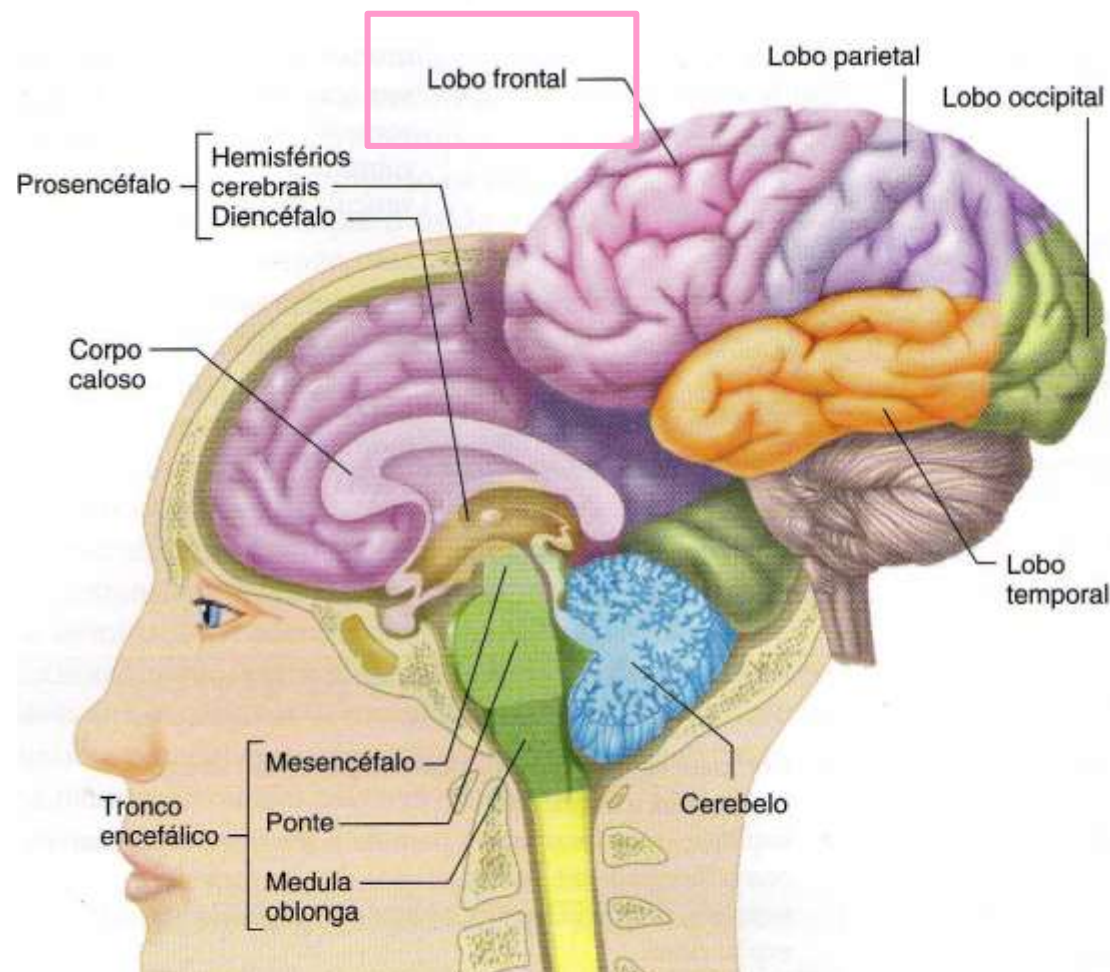
SENSIBILIDADE SOMÁTICA (SOMESTÉSICA) EM COELHO, GATO, CHIMPANZE E HOMEM



Os lobos do encéfalo de primatas

O LOBO FRONTAL é o **maior dos lobos na espécie humana** e em outros **primatas antropoides**.

Os lobos são revestidos pelo neocórtex de cinco camadas de corpos celulares de neurônios, que podem ser sensoriais (córtex sensorial), motores (córtex motor) e associativos (funções complexas de integração). O córtex **associativo frontal** é uma área de **ordem superior** que recebe informações motoras, sensoriais e associativas com alto grau de elaboração e tem o papel importante de planejar comportamentos adequados para cada momento da vida de um indivíduo.



Lesão no Lobo Frontal

Lobotomia

Um pouco de história e de muita ciência



A deficiência no planejamento e no comportamento social

A IMPORTÂNCIA DE PHINES GAGE

Gage era um trabalhador que sofreu um acidente (foto). Após o acidente observou-se que (...) parte da memória dele parecia prejudicada, apesar de manter (...) a capacidade de aprendizado e força motora (...) e se tornou agressivo, explosivo e até mesmo profano. (...) se tornou inconsequente e rude e abandonara os planos para o futuro, não tendo constituído família. Ele não conseguiu recuperar o emprego (...) se tornou uma espécie de museu ambulante.

(...) Phineas foi um homem independente e funcional, tendo ido trabalhar como cocheiro no Chile (...) e ele estava cada vez mais reabilitado ao convívio. Em 1860, Phineas adoece (...) com quadros convulsivos e falece (...) o crânio está (...) no Warren Anatomical Museum da Universidade de Harvard.

Lesão do córtex associativo frontal

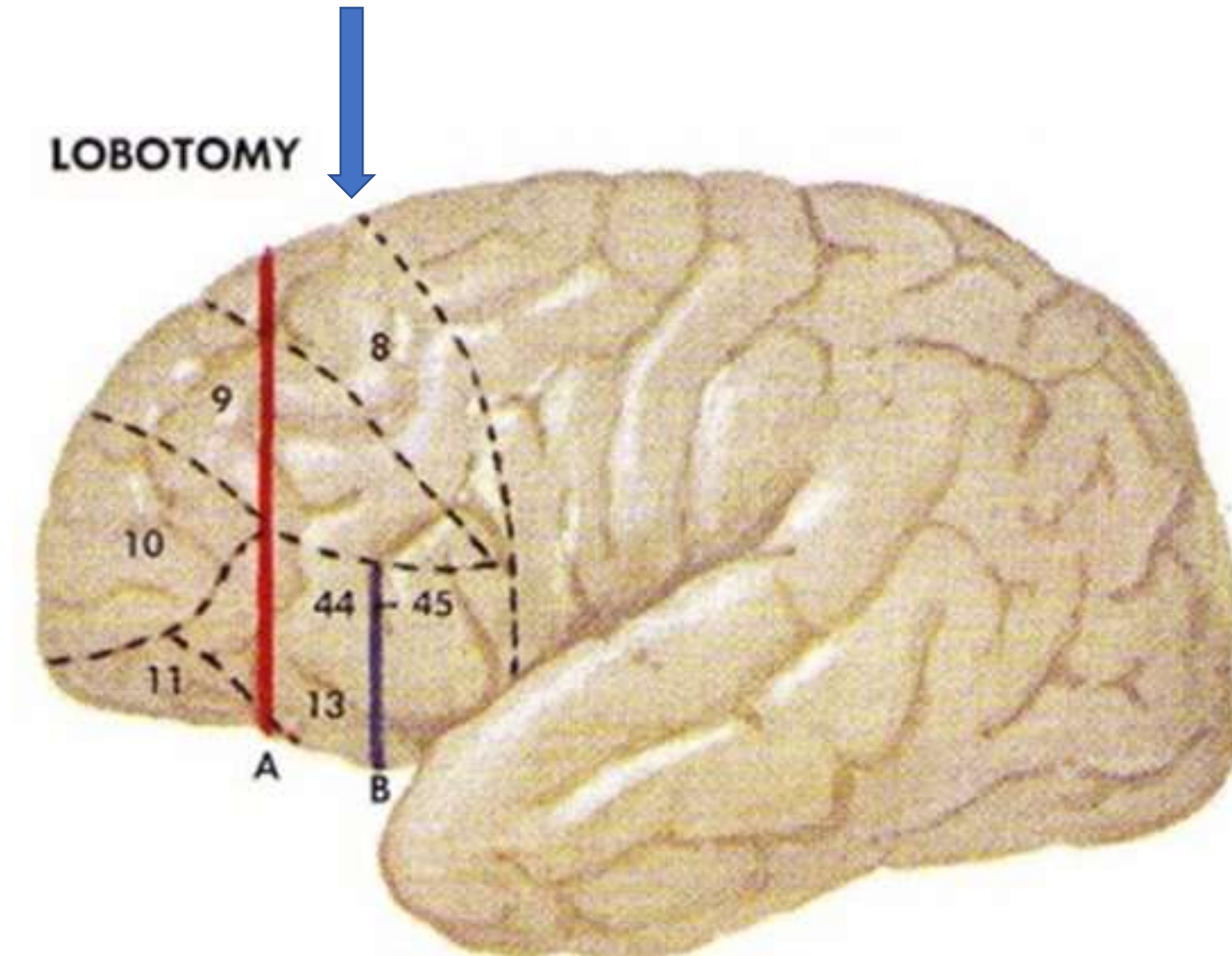


A deficiência no planejamento

Lesões graves causadas por acidentes, por doenças, ou por cirurgias punitivas podem provocar grande mudança na personalidade do indivíduo.

A lobotomia (ao lado) impede o indivíduo de tomar decisões adequadas.

LOBOTOMIA - Cirurgia que provoca isolamento do córtex associativo pré frontal (lobotomia), uma técnica que foi usada (e ainda é em alguns países) em penitenciárias e hospitais psiquiátricos para tornar os indivíduos dóceis (E. Moniz, 1937).



As linhas coloridas mostram lobotomias em diferentes níveis (A e B)
A flecha azul mostra a linha tracejada que separa o Lobo Frontal (anterior) do Lobo Parietal (posterior)



A vida real e a fantasia

Figuras retiradas principalmente de:

- Kenneth Kardong - Vertebrates:
Comparative Anatomy, Function,
Evolution
- Milton Hildebrand, GE Goslow
Analysis of vertebrate structure
- Mark R. Rosenweig, Arnold L.
Leiman Physiological Psychology