

**UMA
CONVERSA
ENTRE
NEURÔNIOS**

GABRIELLA BUGNI

Orientador:
**Dr. Bruno de Almeida Carlos de
Carvalho Pontes**

APOIO: CAPES e UFRJ

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)-Brasil-Código de Financiamento 001

Sinopse

Você já imaginou passear pela evolução do sistema nervoso de vários grupos animais de uma forma investigativa? Você poderá seguir neste caminho sozinho, ou melhor, com um ou dois colegas, através de desafios reais. Desvendando adaptações importantes nos mais diversos grupos dos metazoários, como um cientista. Descubra a importância destas células incríveis: os neurônios, para a sobrevivência, perpetuação e complexidade dos seres vivos. Aliás, por que somos tão inteligentes?



Autora:

Gabriella Mendes Bugni



Orientador:

Bruno de Almeida Carlos de Carvalho Pontes



Revisão textual:

Mariana Rocha Corrêa Pacheco



Ilustração da capa no Canva:

Gabriella Mendes Bugni

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Bugni, Gabriella

Uma conversa entre neurônios / Gabriella Bugni. --
São Paulo : Ed. da Autora, 2023.

ISBN 978-65-00-86691-9

1. Biologia - Estudo e ensino 2. Evolução
(Biologia) 3. Neurônios 4. Sistema nervoso
I. Título.

23-181484

CDD-570.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Biologia : Estudo e ensino 570.7

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

ISBN: 978-65-00-86691-9



Registro de Direitos Autorais na Biblioteca Nacional:

nº 887.363, livro 1730, folha 92

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.



Caro estudante,

Este guia irá te conduzir pela evolução do sistema nervoso de alguns metazoários. Sua trajetória aqui será diferente da maioria dos livros, em que você obedece a numeração de páginas. Neste livro você será um pesquisador e a partir dos dados oferecidos e das situações problema, você irá seguir com a leitura de acordo com as hipóteses escolhidas.*

Como qualquer pesquisador, dependemos de discussões com outros colegas e de dados que outros pesquisadores (que muitas vezes nem conhecemos) já obtiveram. Então escolha um colega para que vocês compartilhem discussões construtivas e boa caminhada!

Ah! Comece na página 3, mas não se esqueça de seguir as orientações de cada hipótese para aventurar-se nas próximas páginas. Os "QR codes" e os "links" encontrados no guia não são leituras obrigatórias, mas um convite para o aprofundamento.



Gabriella Bugni

* *Metazoários* são eucariotos móveis, multicelulares e heterotróficos. Seu corpo é formado por células funcionalmente especializadas, cada qual dedicada a uma ou algumas funções. Normalmente, os metazoários são organismos que desenvolvem um tamanho bastante superior ao dos protozoários. Na página 38 tem um organograma com os principais grupos de Metazoários, deixe a aba aberta e consulte sempre que julgar necessário.

Símbolos que indicam algum material como sugestão para aprofundamento.

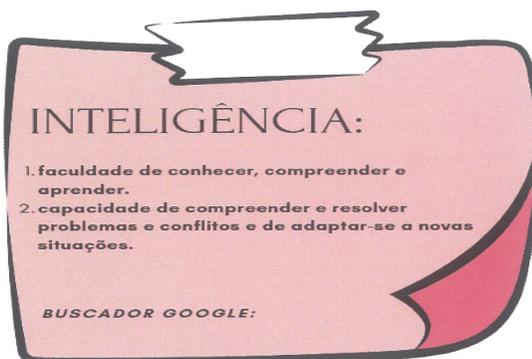
	<p>Áudio para o aprofundamento</p>		<p>Vídeo, filme e/ou documentário para aprofundamento</p>
	<p>Leitura para o aprofundamento</p>		<p>Organogramas ou gráficos para compreensão geral do assunto</p>
	<p>Hipóteses levantadas para escolha do leitor</p>		<p>Basta apontar a câmera do celular para o QR code para encontrar a sugestão de texto, imagem, áudio e outros.</p>

Pesquisadores,

Nosso primeiro enigma:

Por que somos tão inteligentes?

Para pensarmos e discutirmos essa questão, primeiro temos que ter em mente o que é inteligência:



Voltando ao nosso questionamento inicial: Por que somos tão inteligentes?

 **Hipótese 1:** Temos um crânio maior. (⇒ página 10)

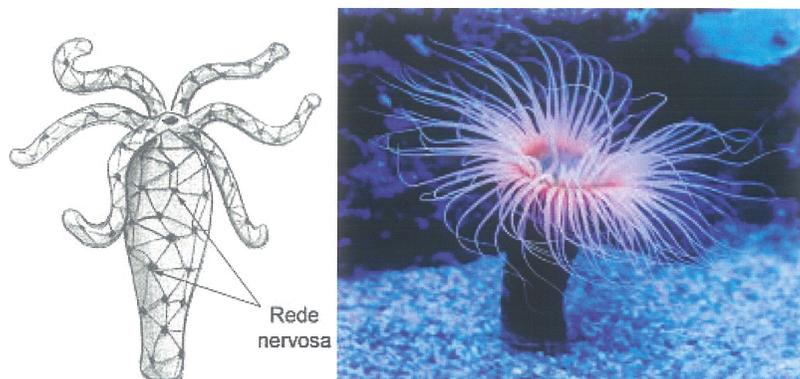
 **Hipótese 2:** Temos mais neurônios. (⇒ página 07)

Para saber mais:

	https://conceito.de/inteligencia	 e
---	---	---

Lembre-se: Conversar e discutir os diferentes pontos de vista com seu colega é muito importante e enriquecedor, então escolham juntos as hipóteses e sigam na página indicada pela ⇒ (seta).

O primeiro grupo de seres vivos a apresentarem **NEURÔNIOS*** são os **Cnidários****. Apesar disso, eles se apresentam de uma forma diferente, em uma **rede difusa** como pode ser visto na imagem abaixo.



Mas qual a importância dessas células, os neurônios, para os Cnidários?

Hipótese 1: Não tem função, são células aleatórias. (⇨ página 18)

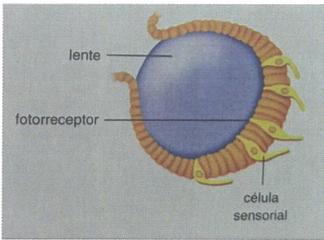
Hipótese 2: Elas auxiliam na captura de presas, defesa e sobrevivência. (⇨ página 11)



⇨* Observe o **marcador de páginas** deste guia que apresenta um **neurônio** e suas principais partes.

Se necessário, visite o **organograma da ⇨ página 38 para lembrar, que no grupo dos **Cnidários**, estão inseridas as águas-vivas, as anêmonas e as hidras.

As primeiras estruturas que detectaram ausência ou presença de luz são chamadas de **fotorreceptores (um tipo de célula nervosa)** e estão presentes em vários seres vivos como nas minhocas, conectados a neurofibrilas no sistema nervoso. Somente quando estes fotorreceptores se agrupam em zonas específicas podemos chamar de **ocelos (olhos primitivos)**, como encontrado em anêmonas e planárias.

 <p>Diagrama de um olho primitivo. No topo, uma lente azul arredondada. Abaixo dela, uma camada de células sensoriais amarelas. O interior da estrutura é preenchido com células fotorreceptoras. Rótulos apontam para a 'lente', 'fotorreceptor' e 'célula sensorial'.</p>	<p>Os olhos estão presentes em muitos dos grupos dos metazoários, sendo em sua maioria um cálice coberto por uma película cheia de secreção no seu interior, com células fotorreceptoras. Nos moluscos, os fotorreceptores estão conectados a outras células pigmentadas que formam uma capa dentro de uma cavidade com secreção gelatinosa. Este fato, traduz algumas imagens porém não tão nítidas.</p>
 <p>Foto de um inseto verde com olhos compostos visíveis na cabeça.</p>	<p>Os insetos possuem olhos compostos, formados por vários olhos simples (omatóides), ampliando o campo de visão. Eles podem processar 250 FPS (frames ou imagens por segundo) enquanto que nós humanos apenas 24 FPS. O funcionamento dos olhos assemelha-se a uma máquina fotográfica e pode ser melhor compreendido no vídeo sugerido ao final desta página.</p>

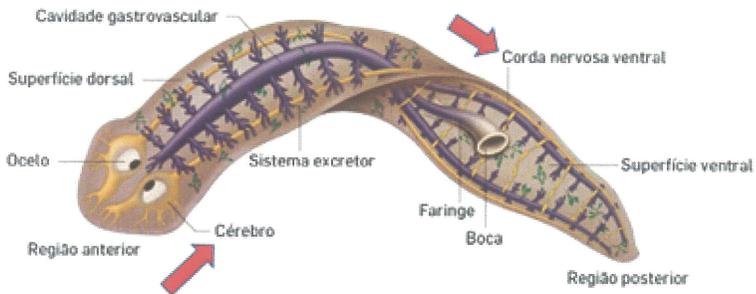
Vocês estão indo muito bem, sigam na ⇨ página 36 e lá teremos novos desafios.

	<p>Adicionar QR code https://youtu.be/IzHjSjsjhII?si=EAd08sndbnejaIIZ</p>
---	--

As **planárias** são metazoários invertebrados do **filo dos platelmintos**, possuem corpo achatado, e podem viver na água doce, salgada e na terra úmida. Foram os primeiros, que se sabe, a possuírem um **agrupamento de células nervosas** formando **ocelos**, um **pré-cérebro** (ou cerebroide), e **cordões nervosos**.

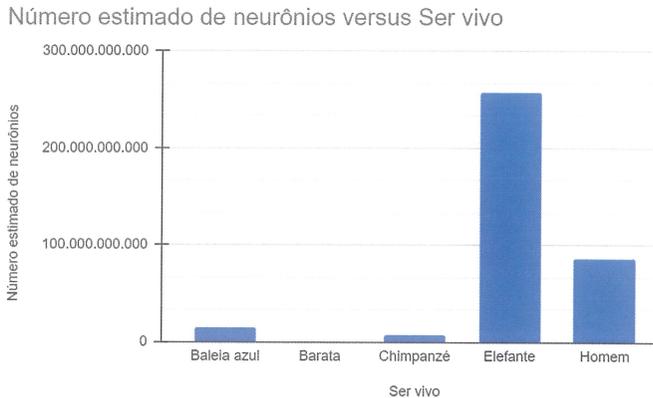
Os ocelos capturam luz. Os cordões nervosos permitem a transmissão de informações do meio externo para o meio interno e vice-versa.

Os ocelos, os cordões nervosos e o cérebro (cerebroide) podem ser observados no esquema abaixo, indicado pelas setas. São estruturas importantes para defesa e sobrevivência desses seres. Depois, retorne para a página 08, na primeira hipótese.



Somos mais inteligentes porque temos mais neurônios?

Se pesquisarmos alguns metazoários (animais) e seus número estimados de neurônios, iremos encontrar:



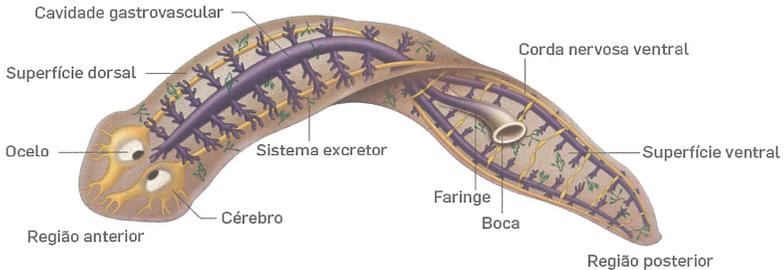
Um elefante tem mais neurônios que o homem. Logo, o número de neurônios não responde nossa pergunta. Apesar disso, sabendo que os **neurônios** são as unidades responsáveis pela **memorização, decisão, aprendizado, linguagem, entre tantas outras**, esta hipótese seria o caminho mais provável, porém não o único. São muitas as variáveis e elas têm a ver com seu funcionamento.

Convido vocês a seguirem para a ⇨ página 20 para passearmos um pouco pela **evolução**. Não desanimem por não terem encontrado a resposta tão rápido, vocês estão no caminho!



Chimpanzé com seus ~ 7.400.000.000 neurônios.

Analisem as imagens e as características descritas com muita atenção. Junto ao seu par, decida por qual hipótese devem seguir.



	<p>As planárias podem viver na água doce (como da imagem ao lado), terra úmida e água salgada.</p> <p>São seres vivos com alta capacidade de regeneração.</p> <p>Possuem ocelos (olhos primitivos).</p>
--	--

Comparando a rede difusa dos Cnidários (página 04), com os **ocelos** (olhos primitivos) e a alta capacidade de **regeneração** dos Platelminhos (vermes de corpo achatado apresentado acima), podemos sugerir que os platelmintos são **os primeiros metazoários a apresentarem**:

Hipótese 1: Sistema de coordenação com agrupamento de **células nervosas (cordões nervosos)** com a **centralização do sistema nervoso (cérebro e ocelos)**. (⇌ página 19)

Hipótese 2: Sistema de coordenação ainda difuso como dos Cnidários. (⇌ página 06)

	<p>Vídeo que apresenta a regeneração das planárias no link ou QR code https://www.youtube.com/watch?v=THA_EsSe4XI</p>
<p>Se necessário, consulte o organograma da página 38.</p>	



É muito importante observarmos as pessoas ao nosso redor e se vocês notarem **alguém muito triste**, mesmo sem conhecê-la perguntem se ela precisa de algo e se precisar, vejam como podem ajudá-la. Caso não consigam, procurem alguém no seu entorno, como na escola ou na sua família. É fundamental ter uma **rede de apoio**.

É natural ficarmos tristes esporadicamente, principalmente quando acontece algo ruim, mas se esse sentimento for **diário** é necessário **procurar ajuda**.

Com os avanços da ciência, temos mais conhecimento e hoje, sabemos que praticar esportes, produzir algum tipo de arte e se envolver com ela (cantar, dançar, representar, entre outros), pode estimular nosso organismo a produzir neurotransmissores do prazer e nos auxiliar.

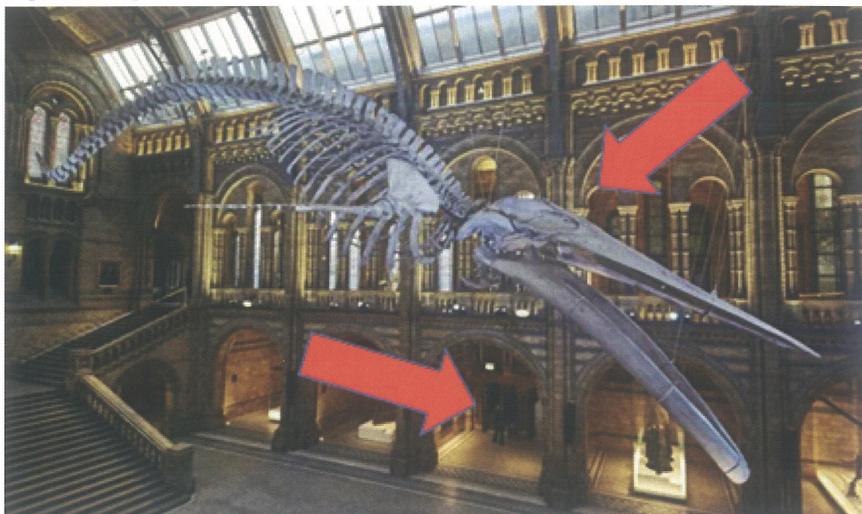
Vocês estão indo muito bem! Agora que vocês já lembraram que as **células nervosas** fazem **sinapses** e possuem uma comunicação própria com os diversos tipos de **neurotransmissores**, vamos descobrir como está organizado o sistema nervoso de alguns metazoários que ainda não foram citados neste guia.

Sigam para a ➔ página 27 e bons estudos!



Será que realmente somos mais inteligentes por termos um crânio maior?

Vamos analisar alguns dados: se pesquisarmos o maior animal vivo do mundo, encontraremos a baleia azul com aproximadamente 30 metros de comprimento. Logo seu crânio seria o maior, porém será que sua complexidade de inteligência pode ser comparada com a nossa?



Segundo o site "Londres para principiantes", este esqueleto pertencia a uma baleia azul capturada na Irlanda em 1891, hoje hall do Museu de História Natural em Londres.

Atenção ao tamanho do crânio e da pessoa que está no piso térreo na imagem acima. Siga para a ⇒ página 07.



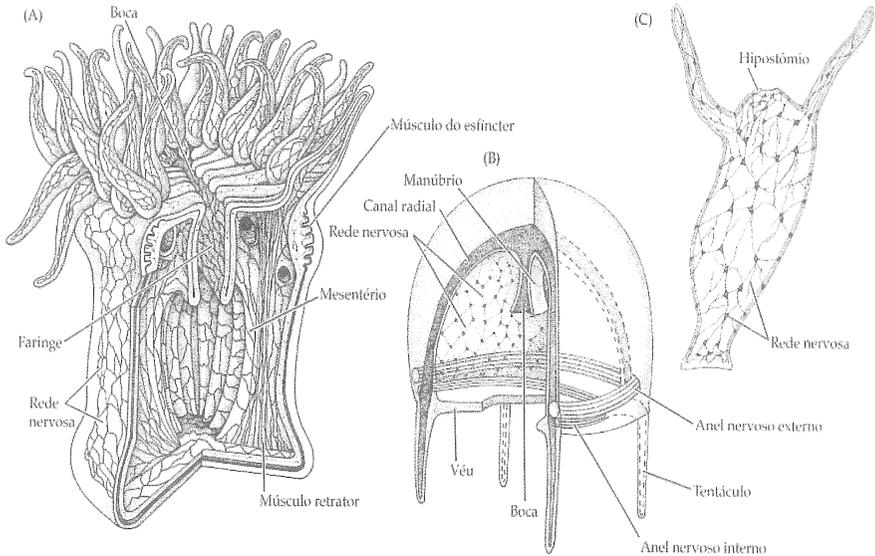
Caso vocês ainda consideram que o tamanho do crânio é o grande responsável pela inteligência, convido vocês a lerem o artigo disponível em:

<https://super.abril.com.br/ciencia/por-que-as-baleias-tem-cerebro-tao-grande/>



Mas qual a importância destas células nervosas para os Cnidários?

Mesmo os neurônios, organizados em uma **rede difusa** nas anêmonas, apresentam células nervosas unipolares com prolongamentos que fazem contato com células musculares bem interiorizadas no animal levando e trazendo informações. Admite-se que as **redes nervosas** tenham surgido há mais de 700 milhões de anos ainda em invertebrados.



Agora, sigam para a ⇒ página 08, lá terão outras descobertas importantes!

Já passeamos muito no sistema nervoso, mas ainda falta vocês desvendarem alguns enigmas, então vamos lá:

O filo Chordata está dividido em três subfilos. São eles: Urocordatas (ascídias), Cefalocordados (anfioxos) e Vertebrados (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos), como podemos ver no organograma da página 38 e na tabela abaixo:

		
<p>Urochordata Exemplo ascídia</p>	<p>Cefalochordados Exemplo Anfioxo</p>	<p>Vertebrados Exemplo réptil</p>

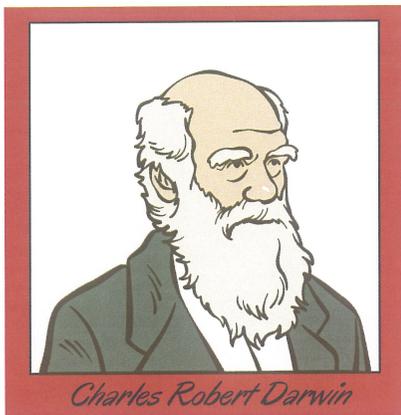
Mas o que estes seres vivos, tão diferentes fisicamente, têm em comum? Todos eles têm um **sistema nervoso dorsal**, com uma estrutura de **sustentação** relativamente **dura** (**notocorda**, que é um **bastão de colágeno** presente nos urocordados e nos cefalocordados), e nos vertebrados (último grupo apresentado na tabela acima) a **coluna vertebral** e o **crânio**. É muito interessante estudar esses seres, mas vamos focar nos vertebrados.

Depois de descobrirem tanto, qual seria a melhor hipótese para os metazoários apresentarem sistemas nervosos cada vez mais complexos?

 **Hipótese 1:** Não há relação alguma entre o sistema nervoso dos diferentes metazoários. (Sigam para a ⇨ página 29)

 **Hipótese 2:** A necessidade de busca mais ativa (predação) na captura de alimentos e sobrevivência. (Sigam para a ⇨ página 32)

*Será que nosso encéfalo sempre foi assim?
Não evoluiu nada mesmo? Nenhuma mudança?*



Analisando crânios de **fósseis**, observamos muitas mudanças em nossos parentes, o que nos leva a acreditar em **modificações** internas (neste caso, mudanças no encéfalo).

Entre indivíduos que se reproduzem dentro de um grupo pequeno, como um vilarejo ou uma aldeia, fica claro que algumas **características se acentuam** porque não há um **fluxo de material genético** tão diversificado, assim como nos **casamentos consanguíneos** (entre parentes).

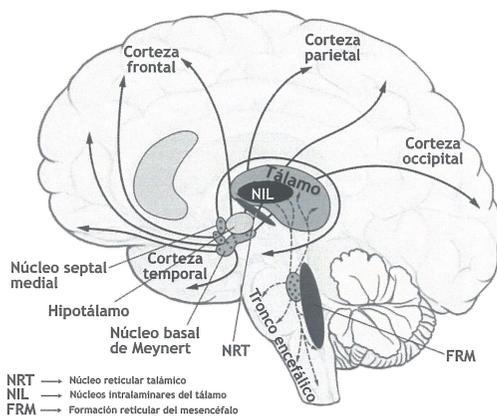
Agora, pensando em seres de ciclo de vida curto, como baratas ou até **bactérias**, as drogas mais antigas usadas para eliminá-las não as eliminam hoje. Isto porque elas **evoluíram**, foram se **reproduzindo** e as **mais resistentes sobreviveram** e chegaram a fase reprodutiva, **passando esta característica aos descendentes**.

Tudo isso mostra que os seres vivos, de modo geral, vão sofrendo modificações ao longo das gerações, isso se traduz à **evolução**. Retorne à ⇒ página 20 e siga pela ⇒ segunda hipótese.



Se quiser entender um pouco mais sobre evolução, te convido a assistir o vídeo no link abaixo ou aponte a câmera do seu celular para o QR code.

<https://youtu.be/ambANBIHjCI> **Inserir QR code**



Isso mesmo! A região azul (página 37) corresponde ao **cérebro** e especialmente nos **humanos** ela ganhou muitas **invaginações** e **grandes dimensões**. Como já foi mencionado, apenas ter grandes dimensões no cérebro e/ou encéfalo não garante alto nível de cognição. Caso contrário, os maiores mamíferos do mundo atual seriam altamente inteligentes (isso já foi discutido na página 10, com o exemplo da baleia azul).

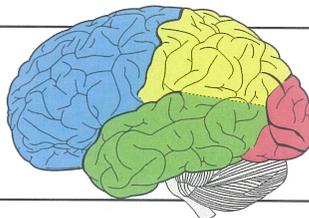
O **tálamo**, esta estrutura cinza (imagem acima), localizada na parte central do encéfalo, pode ser uma das chaves para nossa complexidade. As informações que chegam dos órgãos sensoriais são analisadas e repassadas pelo tálamo, assim como o funcionamento adequado do **córtex (telencéfalo)**.

O **encéfalo** (partes coloridas da imagem) é constituído pelo **diencéfalo** (epitálamo, tálamo e hipotálamo) e o **telencéfalo** (hemisférios cerebrais e núcleos de base). Para ser breve, esta região é responsável por funções **motoras, sensitivas, memória, planejamento, aprendizagem, julgamento**.

Sigam na ⇨ página 21 e ótimo trabalho!

Vale ressaltar que o encéfalo tem outras partes aqui não mencionadas. Se quiser saber mais sobre a anatomia do encéfalo, assista o vídeo do link a seguir:

<https://eaulas.usp.br/portal/video?idItem=12285>

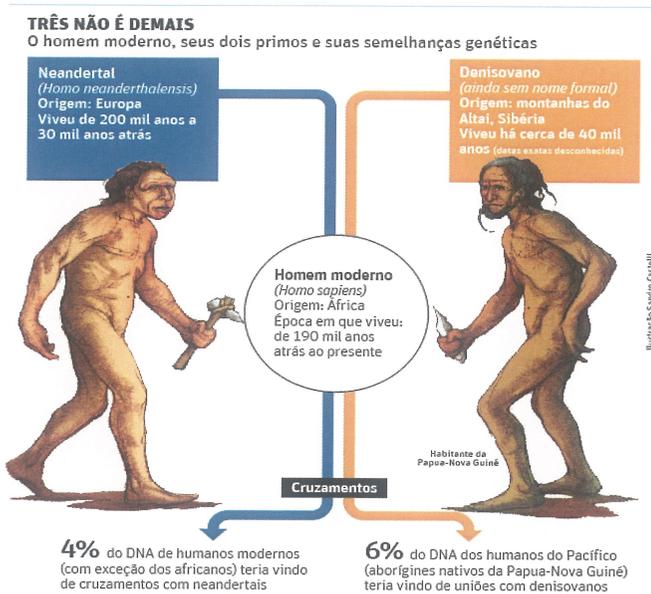


Retomando todos os pontos abordados neste guia e sabendo que o nosso genoma e dos chimpanzés são tão parecidos, qual a razão de tantas diferenças? Principalmente aquelas referentes ao intelecto/ cognição.

Por que não somos todos chimpanzés? Ou ainda, por que todos os chimpanzés que existem não são humanos?

Pequenas modificações no genoma trazem **grandes diferenças** anatômicas e fisiológicas. Um exemplo mais próximo seria comparar um humano com três cromossomos 21 (portador de Down) e um humano com dois cromossomos 21 (não portador de Down). Neste caso temos a presença de apenas um cromossomo a mais e tantas características anatômicas e fisiológicas diferentes. Agora,

vamos **viajar no tempo** e trazer **outros primos** para nossa reflexão, analisem com atenção:



Procurem juntos responder se Neandertal, Denisovano e o Homem moderno viveram em algum período juntos, ou seja, eles **coexistiram**? Quanto dos seus respectivos DNAs são **parecidos**? Teria havido algum **fluxo gênico** entre eles?

Sigam para a [página 22](#).

Seríamos tão complexos se os nossos órgãos dos sentidos não existissem?

O que promove nosso aprendizado? Ou ainda, como nossas experiências são memorizadas?

Refleta e, se possível, discuta as questões abaixo com seu colega sobre os humanos que possuem alguma necessidade especial relacionada aos órgãos dos sentidos:



Olfato



Tato



Audição



Visão



Paladar

→ Eles têm dificuldade em compartilhar suas interpretações/experiências do cotidiano? Isso os ajuda ou os atrapalha? Por quê?

→ A comunicação na aprendizagem, discussão e argumentação é igual quando comparados aos indivíduos sem necessidades especiais?

Reconhecendo a grande **importância** de todos os nossos **órgãos dos sentidos** que estão ligados ao Sistema Nervoso, vamos entender como a **visão** foi aparecendo em **seres vivos diferentes**, a importância para sua **sobrevivência** e para a **perpetuação de espécies**.

Agora, queridos pesquisadores, por favor, dirijam-se para a ⇨ página 04 e continuem!

Claro que a praticidade em manter um ser vivo no laboratório conta muito, mas o grande **interesse dos neurologistas** nas **lulas** vem do **comprimento e da espessura dos seus axônios** (prolongamento encontrado nos neurônios. Localize esta estrutura no marcador de páginas deste guia).

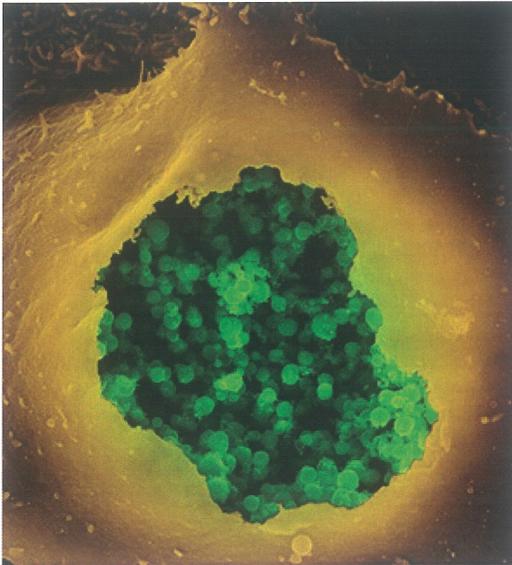
Para se ter ideia, a espessura do axônio da lula é cerca de um quarto do calibre de um tipo de macarrão, o espaguete. Inclusive, achavam que tais estruturas eram vasos sanguíneos. O seu tamanho facilitou muitos estudos sobre a comunicação entre os neurônios, processo conhecido como **sinapse nervosa**, e são usados até hoje.



Então, retornem na ↻página 19 e vão para a ↻segunda hipótese.

	<p>Neste link tem uma reportagem muito interessante sobre as pesquisas com estes moluscos fantásticos.</p>
	<p>https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2023/09/a-complicacao-mais-comum-do-parto-nao-foi-tratada-por-milenios-saiba-qual</p>

Será que as células nervosas, mesmo que difusas, presentes nos Cnidários, não têm função alguma? Seriam, então, células sem importância?



Não é o que os estudos apontam. As **células nervosas** são fundamentais para a **defesa e captura de presas**, já que a maioria do grupo são predadores ativos.

Até os seres menos complexos, como **bactérias** (organismos unicelulares procariontes), possuem estruturas em sua **membrana plasmática** que **signalizam** algum tipo de **irritação** e até **atração**. Os primeiros seres que começaram a viver juntos na **Terra primitiva** desenvolveram espontaneamente (e isso se mostrou muito positivo), **algum tipo de comunicação** para haver **cooperação**.

Esta comunicação se apresentou de forma tão positiva na vida dos seres vivos que conseguimos observá-la tanto nos organismos unicelulares, quanto nos

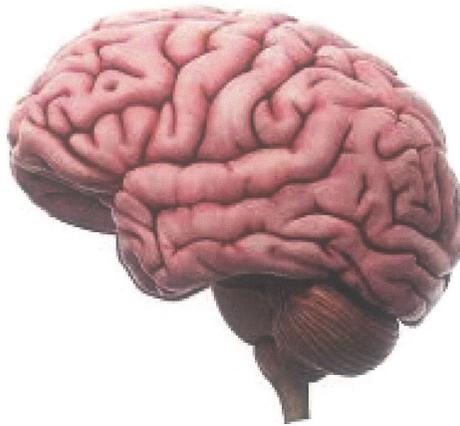
multicelulares.

Célula epitelial (marrom) infectada com *Chlamydia trachomatis* (verde) exemplificando um tipo de adesão.

Agora vocês estão prontos! ⇨ página 11.

	https://www.youtube.com/watch?v=JCzFOeOG5Oe	
---	---	---

Para entendermos o porquê da nossa **complexidade no sistema nervoso**, precisamos compreender que foram **longos anos** de acertos e erros, mas vamos nos concentrar agora nas partes do nosso cérebro. Na verdade, o cérebro é apenas uma região. Como vamos nos referir ao **todo** que está localizado **dentro do nosso crânio**, devemos chamá-lo de **encéfalo**. (Conforme podemos ver na figura abaixo).



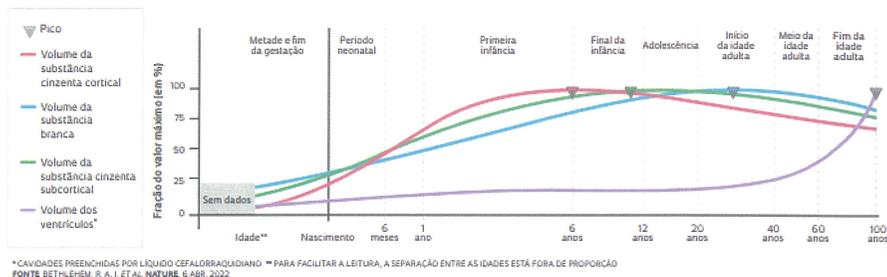
Será que nosso encéfalo sempre foi assim?

 **Hipótese 1:** Sempre foi assim. (⇒ página 13)

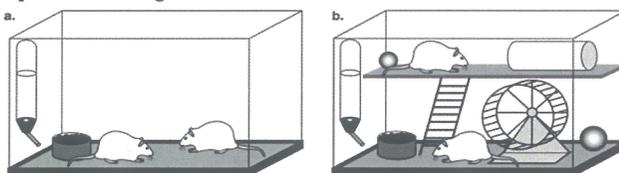
 **Hipótese 2:** Nosso encéfalo foi evoluindo ao longo do tempo. (⇒ página 25)

Agora, caros pesquisadores, analisem o gráfico abaixo que traça a trajetória de desenvolvimento do cérebro da gestação até a velhice, sabendo que o volume da **substância cinzenta** cortical é o lugar de **maior concentração dos corpos celulares dos neurônios** (marcador de páginas), observem especialmente a linha rosa e o que ela significa.

Gráfico traça a trajetória de desenvolvimento do cérebro da gestação à velhice



Após a análise do gráfico acima, relacionem os dados obtidos ao **experimento** feito com ratos em dois **tipos básicos de gaiolas**:



Tipos de gaiolas	Espessura do córtex	Ramificações dendríticas	Interconexões
Sem brinquedos	Menos espesso	Menos complexas	Menos interconexões
Com brinquedos*	Mais espesso	Mais complexas	Mais interconexões

* *Brinquedos como bolas, rampas, rodas, escadas, etc.*

O que podemos concluir?

Hipótese 1: O desenvolvimento do córtex cerebral está intimamente ligado aos anos iniciais de vida e a exposição às diversas situações propiciadas pela experiência do brincar. (Sigam na ⇨ página 24)

Hipótese 2: O desenvolvimento do córtex cerebral não está ligado ao estágio inicial do desenvolvimento e nem às suas vivências nesse período. (Sigam na ⇨ página 33)

Complexo, não? Agora analisem a mesma imagem da página 15 sem recortes e observem as possíveis diferenças entre genes relacionados ao **desenvolvimento cognitivo**:

TRÊS NÃO É DEMAIS
O homem moderno, seus dois primos e suas semelhanças genéticas

Neandertal
(*Homo neanderthalensis*)
Origem: Europa
Viveu de 250 mil anos a 30 mil anos atrás

Denisovano
(*omnis sem nome formal*)
Origem: montanhas do Altai, Sibéria
Viveu há cerca de 40 mil a 10 mil (possivelmente extinto)

Homem moderno
(*Homo sapiens*)
Origem: África
Época em que viveu: de 190 mil anos atrás ao presente

Cruzamentos

4% do DNA de humanos modernos (com exceção dos africanos) teria vindo de cruzamentos com neandertais

6% do DNA dos humanos da Pacífica (aborígenes nativos da Papua-Nova Guiné) teria vindo de uniões com denisovanos

Ilustração: Science Source

A NOVA PESQUISA
Pesquisadores brasileiros compararam o genoma das três linhagens, analisando possíveis diferenças entre genes importantes para o desenvolvimento cognitivo, como:

ASPM (possível papel no desenvolvimento de neurônios)

MCHP1 (formação de neurônios e tamanho do córtex cerebral)

AH11 (desenvolvimento do cerebelo e do córtex)

KLK8 (formação das conexões entre neurônios, aquisição de memórias)

HACNS1 (controla genes ligados a destreza manual, controle do polegar e andar bípede)

O RESULTADO
Quase todas as versões desses genes que são típicas de humanos modernos estão presentes nos outros dois hominídeos

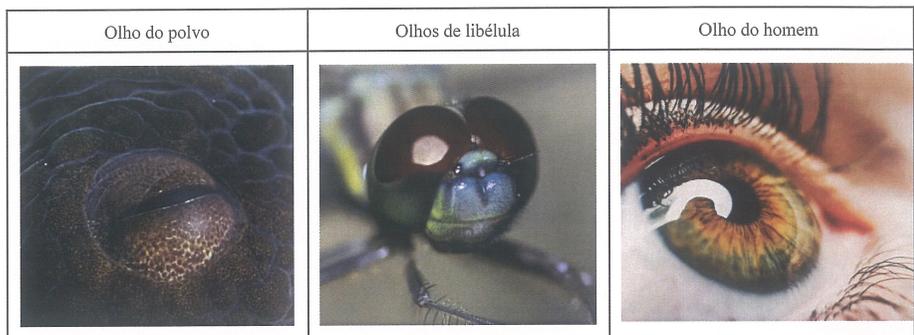
Vocês foram incríveis, sigam para a página 30.

Para saber mais sobre a autora principal que resultou na reportagem da folha Vanessa Paixão-Cortês (imagem)
<https://cienciahoje.org.br/heranca-vantajosa/>

Cada filo tem sua importância na evolução do sistema nervoso, como o filo dos **artrópodes** que possuem estruturas de **alta complexidade**: os seus **olhos**.

Ah! Lembrem-se de que esta complexidade não significa que um ser vivo é melhor que o outro, mas que possui características/habilidades que facilitaram sua sobrevivência. Caso contrário, todos os “menos complexos” estariam extintos e não é o que observamos.

Retornando ao estudo dos olhos dos Artrópodes (por exemplo, os insetos) podemos comparar a vários outros metazoários. Vejamos:



Atualmente, sabemos que muitos seres vivos apresentam **genes compartilhados**, como por exemplo, o gene ***Pax6***. Este gene é responsável por “indicar” a localização dos olhos em embriões de várias espécies. Estes genes compartilhados sugerem alto grau de **parentesco** entre os indivíduos, ou seja, um ancestral comum.

Além disso, a **epigenética** que vem sendo amplamente estudada, tem desvendado como os genes e o meio ambiente podem atuar modificando as receitas bioquímicas e consequentemente, modificar a expressão gênica naquele indivíduo.

O olho, independente de como ele seja, parte de estruturas muito simples como vocês podem checar na ↗ página 05. Lá, deverão continuar por novos desafios.

Bom trabalho!

A **neuroplasticidade** está intimamente ligada à nossa exposição às mais **diversas experiências e interações sociais e afetivas**. Também dependem, como qualquer outra célula do nosso corpo, de **alimentos** de qualidade em quantidades proporcionais ao seu biotipo, sexo e idade, **hidratação** adequada, **atividades físicas** e **bem estar**, evitando situações de estresse e drogas (sejam elas lícitas e ilícitas). *Mas como controlar tudo isso?*

Após a **fecundação**, com a formação do **zigoto**, o primeiro sistema a ser formado é o **sistema nervoso** e o cuidado parental é **de extrema importância**. **Apesar do embrião se desenvolver no corpo da mulher**, é responsabilidade dos **pais** fornecer condições adequadas para o pleno desenvolvimento embrionário (alimentação e hidratação, repouso e atividade física, bem-estar da progenitora, cuidados médicos e evitar drogas porque a maioria delas atua no Sistema Nervoso e chega no embrião através do sangue materno). Com estes cuidados, podemos potencializar o desenvolvimento pleno do sistema nervoso do futuro bebê.

O cuidado com o sistema nervoso de um indivíduo não se resume ao **período gestacional**, mas a vida inteira. A **infância** e a **adolescência** devem ser recheadas de **boas práticas, brincadeiras, interações artísticas e físicas, estímulos à linguagem, criatividade e raciocínio lógico**. Tudo isso irá promover o desenvolvimento pleno do indivíduo, atrelado às condições de sobrevivência e restauro celular.

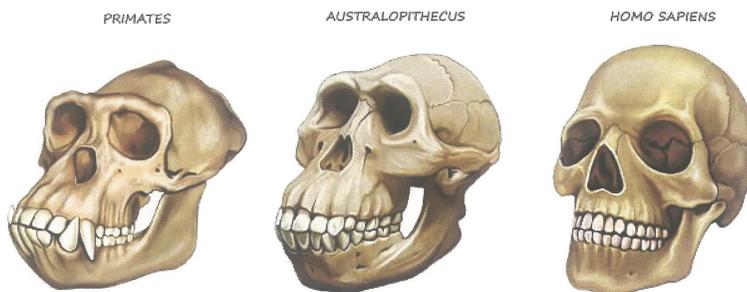
A partir da **vida adulta**, período cheio de **responsabilidades e preocupações** que a sociedade acaba impondo, deve ser também fonte de **prazer**. Portanto, continuar fazendo atividades físicas individuais e coletivas podem mitigar danos como depressão, ansiedade, estresse entre outras doenças comuns na atualidade.



Vocês estão indo muito bem, sigam na ➡ página 12.



Não mesmo. Nosso cérebro foi se modificando ao longo dos anos. Não vivemos muito e não conseguimos observar as mudanças, porém podemos coletar materiais como **fósseis**, estudar e comparar a **anatomia** e **fisiologia** e **análise molecular**, por exemplo. Abaixo temos algumas imagens do crânio de primatas para análise.



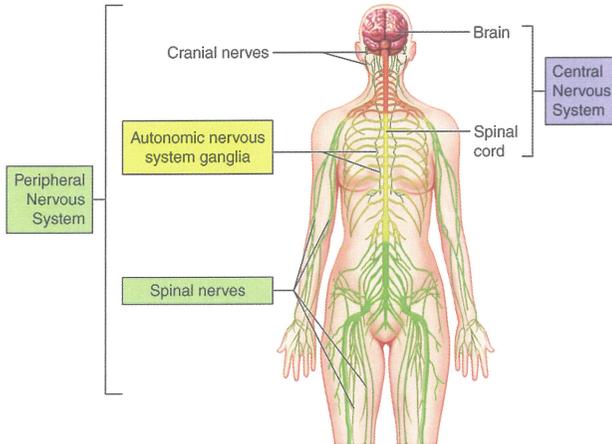
Charles Robert **Darwin***, um importante naturalista e o **pai da teoria da evolução**, concluiu que os seres vivos evoluem e sua teoria da **Seleção Natural** aponta este caminho, onde o meio em que o ser vivo está inserido é um importante potencializador para garantir ou não sua sobrevivência. E ainda, se este organismo sobreviver, terá muitas chances de chegar à fase reprodutiva e passar esta(s) características aos seus descendentes. Logo, depois de várias gerações podemos “ver” a **evolução**.

Anos mais tarde, esta **transmissão de características** (referida por Darwin) foi explicada pela **genética**, **hereditariedade** e posteriormente pela **biologia molecular** com a descoberta do **ADN** (ácido desoxirribonucleico).

Siga para a ◊ página 16 e vamos fazer algumas reflexões sobre os órgãos dos sentidos.

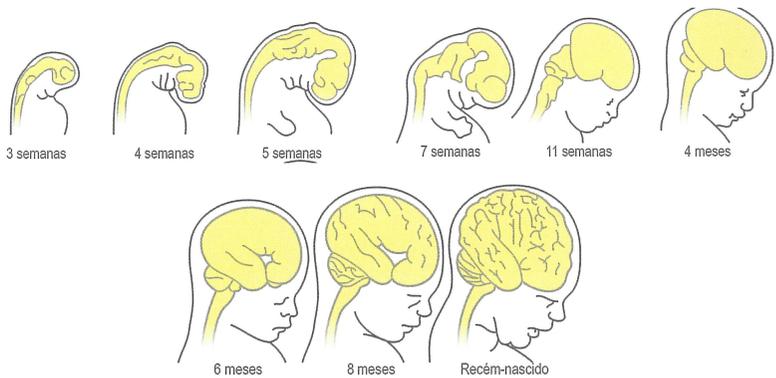
*Se vocês quiserem saber mais sobre este incrível naturalista, **Charles Robert Darwin**, sua trajetória e até suas angústias, na◊ página 40 tem uma relação de livros, artigos, filmes e vídeos sobre ele.

Na figura abaixo observamos ramificações, **nervos**, que chegam às extremidades do nosso corpo como a pele, e também envolvem órgãos, tudo para conseguir levar e trazer o máximo de informações importantes através das **sinapses nervosas**.



O sistema nervoso inicia sua formação na terceira semana gestacional (como apontado a seguir) e só tem o ápice do seu desenvolvimento no final da infância, com seu contínuo uso até a morte do indivíduo ou morte cerebral.

O funcionamento do **encéfalo** tem um elevado **custo energético**. Logo, uma boa alimentação e oxigenação irão potencializar seu funcionamento. Sigam para a página ⇨ 15.

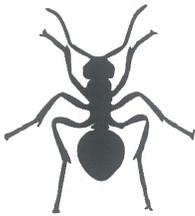


Analisando o organograma dos metazoários (página 38) e tudo que discutimos até aqui, podemos observar que o agrupamento das células nervosas é uma tendência, formando assim **cordões nervosos** ou **nervos**, assim como **pré-cérebro/encéfalo** ou ainda **ocelos /olhos**, tanto em invertebrados quanto nos cordados.



Esta **cefalização** possivelmente foi o que promoveu a complexidade do comportamento e pode ser observado primeiramente nos **platelmintos**, ainda neste filo, surgem também os **interneurônios** que localiza-se entre a porção **sensorial** (sensível) e a **motora** (executa) permitindo a **transmissão nervosa** percorrer caminhos cada vez **maiores**.

Os **anelídeos** passam a apresentar **segmentações** repetidas em seu corpo e os **gânglios** passam a se reunir em cada segmento também.



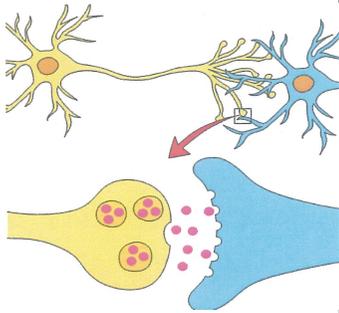
O filo dos **artrópodes** tem o maior número de espécies, conquistaram os mais diversos ambientes, possuem tato, olfato, visão, movimentos complexos de asas e apêndices articulados, comportamento social e acasalamento (tudo **extremamente sofisticado**) e não possuem tantos neurônios. Isto nos faz refletir sobre o questionamento inicial: *“por que somos mais inteligentes?”*. Cada ser vivo tem **habilidades específicas** para sua **sobrevivência**. Isso também acontece em uma sala de aula: pensando em seus colegas ao longo de sua jornada acadêmica, todos aprendem da mesma forma? Somos iguais **cognitivamente**? Pois é esta **variedade** que

torna nosso **planeta tão incrível**.

Infelizmente, não iremos conseguir pesquisar todos os invertebrados, então daremos mais um grande salto no grupo dos metazoários e na página 37, iremos desvendar alguns enigmas dos **vertebrados**.



Saber mais! <https://planetainseto.com.br/> ou ainda visitar o Museu do Instituto Biológico pessoalmente (São Paulo)



Podemos dizer que as células nervosas mandam informações umas para as outras através de uma conversa, chamada **sinapse nervosa**. Apesar disso, ao invés de usar determinada língua, como o português ou o inglês, elas enviam **neurotransmissores (sinapse química)**. Então, cada neurotransmissor tem um significado, como vocês devem analisar a seguir.

Alguns **neurotransmissores** e suas **funções**:

Acetilcolina	Foi o primeiro neurotransmissor descoberto. Estimula os impulsos das células nervosas para as musculares e também está relacionado ao aprendizado e performance sexual.
Endorfina	Relaciona-se com os sentimentos de euforia e êxtase, alivia a sensação de dor e reduz o estresse.
Dopamina	Relaciona-se com a euforia, prazer e bem-estar.



Sabendo que fazer **exercícios físicos** aumenta os níveis de **cálcio do sangue** e que este aumento estimula as **células do cérebro** a liberar mais **dopamina**, qual hipótese podemos sugerir no caso de pessoas com **quadros depressivos**?

 **Hipótese 1:** procurem um especialista em saúde mental como psicólogos, mas que também façam exercícios físicos. (⇨ página 09)

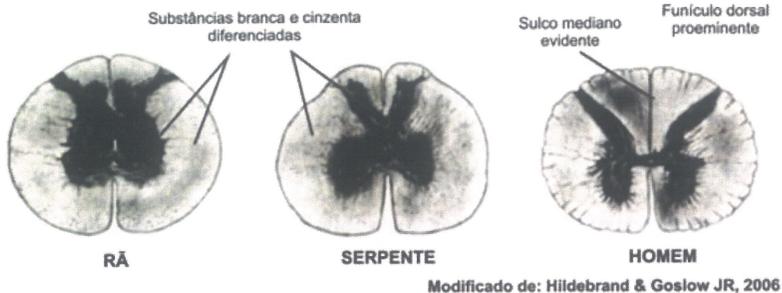
 **Hipótese 2:** procurem um especialista, porque somente a medicação poderá auxiliar essa pessoa. (⇨ página 35)

	Neurotransmissores e saúde: https://cfq.org.br/wp-content/uploads/2021/01/Cartilha-Qu%C3%ADmica-das-Emo%C3%A7%C3%B5es-1.pdf	
---	---	--

Como já vimos neste guia, o meio ambiente em que um indivíduo vive o pressiona, eliminando aqueles que não têm habilidades específicas para sobreviver ali ou estimulando ele a migrar. Sendo assim, aqueles que sobrevivem porque têm estas “habilidades específicas” chegam à fase reprodutiva com mais facilidade e conseguem passar estas características aos descendentes. Aqueles que, por ventura, foram embora para novos locais, irão passar novamente pela mesma seleção no novo ambiente.

Neste raciocínio, podemos observar que as necessidades individuais foram favorecendo alguns que, por sua vez, tinham tecidos cada vez mais complexos e com mais habilidades de sobrevivência. Isso vai se traduzindo em sistemas nervosos cada vez mais complexos para aquela população.

Observem o aspecto geral da medula espinhal de alguns vertebrados, encontrem semelhanças entre as diferentes espécies. Acharam?



Aspecto geral da medula espinhal de alguns vertebrados.

As substâncias brancas da rã, da serpente e do homem aparecem na periferia e as substâncias cinzentas na parte mais central da medula. Comprovando que há relação entre os sistemas nervosos dos metazoários. Agora vocês estão prontos! Sigam para a ⇨ página 32.

A **ciência**, criada pelo homem, é maravilhosa porque nos permite **refletir, pesquisar, testar, discutir e concluir**. Ela está em constante construção porque sempre surge alguma **indagação no homem** e lá vai ele, desbravar o desconhecido, seja por um problema existente, por dúvidas do passado ou até previsões.

Neste contexto, **somos a ponte entre o passado da nossa história e o futuro**. Temos **marcas em nosso genoma** que ainda não sabemos interpretar. Temos muitos dados, mas ainda faltam muitos outros para montar o grande quebra cabeça da **evolução dos hominídeos**, assim como a **evolução do nosso complexo encéfalo**. Estamos no caminho: sabemos que existe algum tipo de **herança comportamental**, através dos símbolos, gestos e linguagens conseguimos passar muita informação para outros, mas como isso fica na nossa **genética**? Será que a **epigenética** explicará?

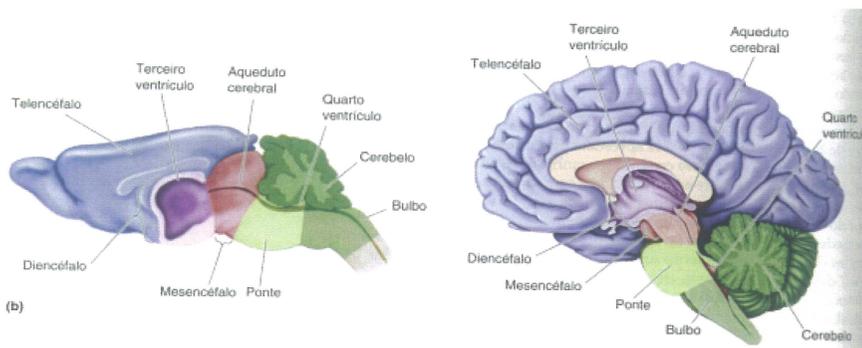
A complexidade do **pensamento humano** e as **variações** que podem ocorrer, fazendo cada indivíduo ter uma visão de mundo única. Explorá-la, mergulhando de cabeça em suas verdades mais profundas, para depois **compartilharmos** com os indivíduos ao nosso redor (hoje com a **internet**), podendo partilhar com outros da mesma espécie do outro lado do planeta, praticamente em tempo real.

Nossos ancestrais caminhavam quilômetros para conseguir levar adiante alguma informação sobre sua genética (reprodução e prole) e sobre seu comportamento (relações sociais).

Temos muitas teorias, mas todas com muitas dúvidas que ainda precisam ser melhor elucidadas para entendermos como o **encéfalo** chegou nesta **complexidade incrível**. De forma alguma fiquem chateados por não terem encontrado a resposta final, porque temos e teremos cientistas maravilhosos que irão desvendar este e trazer à luz novos enigmas.

Sigam na página 34 para as considerações finais.

O **encéfalo** pode ser **comparado** entre mamíferos e até entre outros vertebrados, inclusive foram através de comparações assim que conseguimos descobrir tanto sobre evolução, ancestral comum e funções de regiões específicas do encéfalo, área chamada de anatomia comparada.



A região azul corresponde ao **cérebro**, esta região é responsável por funções motoras, sensitivas, memória, planejamento, aprendizagem e julgamento. Já a região verde corresponde ao **cerebelo** responsável pelo equilíbrio, coordenação e controle de movimentos importantes para a sobrevivência de qualquer mamífero, como o rato e o humano (em que a imagem se refere).

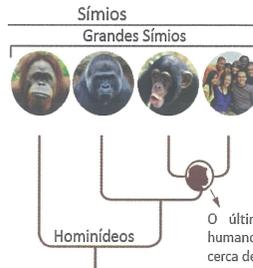
Nosso **encéfalo** é tão **complexo**, que torna nossas **relações sociais** e nossa capacidade de **aprender** e **planejar** extremamente refinadas, possuindo tantas **variáveis** e muitas ainda **desconhecidas**. Os cientistas estão empenhados em pesquisar patologias, síndromes, fármacos e suas reações no sistema nervoso, entre tantas outras situações que permanecem obscuras.

Ah! As outras regiões do encéfalo (roxo, marsala, verde claro e cinza) têm suas funções e também são muito importantes, apenas não foram o foco desta discussão. Agora que vocês já compreenderam que é importante estudar comparando as estruturas e que o fato de não apresentarem os mesmos formatos não significa que elas não apresentem similaridades.

Sigam na ⇒ página 14 e ótimo trabalho!

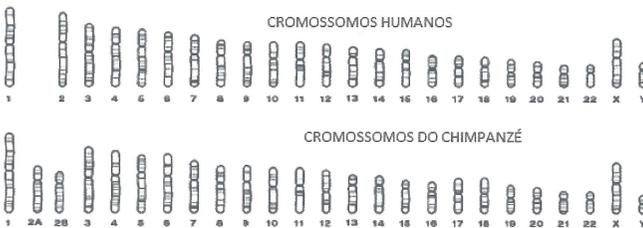
A necessidade mais ativa na captura de alimentos (**predação**) e a **sobrevivência** em geral são fatores que impulsionam todos os seres vivos. É da natureza de cada ser o ato de **lutar pela sua vida**.

A **competição por alimento** e a **variedade da dieta** sugerem importantes **propulsionadores** para a **evolução humana**. Muitos pesquisadores acreditam que a **inserção de proteínas** nas dietas e a **elevada irrigação sanguínea** (levando mais oxigênio e nutrientes) podem ter levado a diferenças significativas na anatomia e na fisiologia do encéfalo, nos diferenciando de outros hominídeos e primos mais distantes como os chimpanzés. Explore sem pressa a árvore filogenética apresentada na página 39.



O último ancestral comum dos humanos e chimpanzés viveu há cerca de 8 a 6 milhões de anos atrás

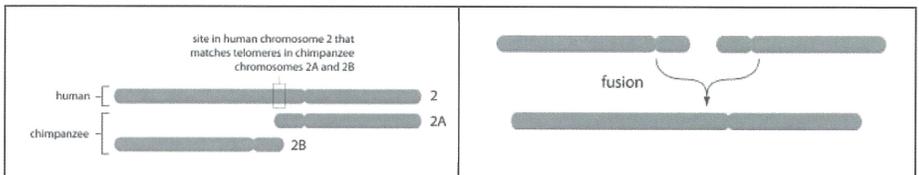
Analisando o recorte da **árvore filogenética** (ao lado) e **comparando os genomas** do **chimpanzé** e do **homem** (abaixo), percebemos muitas semelhanças? Ambos possuem 22 pares de



cromossomos* mais **dois** cromossomos sexuais?

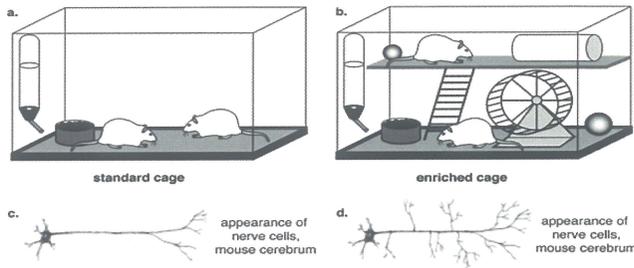
**Na imagem ao lado, cada par é representado por apenas um cromossomo.*

Uma hipótese para o segundo cromossomo foi a fusão do 2A e do 2B do chimpanzé, formando apenas um (2) no homem, como apresentado abaixo:



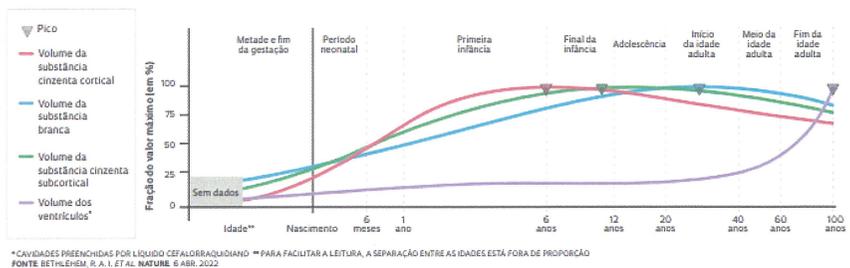
Por favor, sigam para a ↗ página 26.

O artigo publicado por Cardoso e Sabbatini em 2000, apresenta um experimento com ratos em gaiolas com brinquedos (como rampas, escadas, rodas e etc) e outros ratos em gaiolas sem brinquedos para análise do córtex cerebral de ambos. Após o experimento, os animais que interagiram com os brinquedos apontam maior espessura do córtex cerebral, incluindo aumento expressivo de ramificações dendríticas e suas intercomunicações quando comparados aos ratos que ficaram em gaiolas sem os brinquedos ou vivendo isolados. Isto comprova a necessidade de interações sociais e das brincadeiras para aumentar a plasticidade cerebral.



O outro artigo, publicado mais recentemente (2022), na Revista Fapesp, que conta com a colaboração de aproximadamente 200 pesquisadores, traz a análise de imagens de ressonância magnética ao longo da vida.

Gráfico traça a trajetória de desenvolvimento do cérebro da gestação à velhice



Apresentando vários dados importantes (acima), podemos observar a linha rosa tem seu auge entre o primeiro ano de vida até aproximadamente o sexto ano (aumento do córtex, importante estrutura na cognição) e ainda, o aumento da linha roxa a partir dos 40 anos, apresentando o aumento significativo nos “buracos” (ventrículos) do nosso encéfalo, podendo estar ligado a várias patologias neurológicas.

Agora que vocês compreenderam que o córtex é estimulado nos estágios iniciais da vida e que ele está ligado a nossa plasticidade cerebral, sigam na ⇨ página 24.

Nestas considerações finais, gostaria que vocês relembassem TRÊS importantes descobertas e/ou constatações neste percurso investigativo. São elas:

1. O **sistema nervoso** é o **primeiro a iniciar** seu desenvolvimento, formando basicamente três subsistemas principais: eixo **sensorial**, eixo **motor** e sistema **integrador**.
2. Apesar da diversidade de seres vivos, desde os invertebrados como os cnidários até os vertebrados, no caso *Homo sapiens sapiens* (como eu e vocês), temos o **neurônio** como **unidade formadora** deste complexo sistema e ainda, mudou muito pouco em sua excitabilidade e sua condutibilidade ao longo da **evolução**. Podemos concluir que os fatores que realmente mudaram foram os **arranjos neurais**, a **plasticidade** com a qual estas células tão especiais se comunicam (**sinapses nervosas**) nos diferentes organismos e ainda, que passaram e passam por diferentes pressões. Em outras palavras, o material usado na construção é praticamente o mesmo, mas a engenhosidade da arquitetura muda muito.
3. Há uma grande **conservação evolutiva** nas **moléculas** e **genes** e também na **ontogenia** (desenvolvimento inicial) do ser vivo quando comparamos os diferentes metazoários.

E assim finalizamos este guia com todas as questões respondidas? Não! Felizmente temos ainda muito por desvendar. Esta página não é a última, porque agora podemos sair daqui e ir além, pesquisar em outras fontes.

Ah! Lembrem-se de buscar em fontes oficiais e seguras, procurar em mais de uma, analisando os diferentes pontos de vista e transformando tudo isso em discussões saudáveis, promovendo o **crescimento cognitivo mútuo**.

Aventurem-se pela ciência e estimulem cada vez mais os seus sistemas nervosos, porque é através dele que temos muitas outras conquistas pela frente.

Isso é só o começo!



Atualmente, nem sempre usa-se medicamentos para as doenças, inclusive aquelas que acometem a **saúde mental** do indivíduo. Cada vez mais estamos conhecendo como nosso organismo e de outros seres vivos funcionam, assim como, que o uso de **medicamentos** trazem **efeitos colaterais**, sobrecarregando órgãos importantes.

Neste contexto, temos muitos estudos que apontam que uma vez doente, o indivíduo pode recorrer a outras estratégias, **sempre que possível***, para voltar a **homeostase** (equilíbrio) do corpo.

A depender da patologia, algumas estratégias podem ser usadas como práticas esportivas, arte como terapia, terapia individual ou grupo, leitura, ouvir música, fisioterapia, ficar com familiares e amigos, cuidar e brincar com animais de estimação, cantar, tocar um instrumento, dançar, brincar, acupuntura, entre outras. Assim como, alimentar-se bem (variedade, pequenas quantidades, evitando ultraprocessados, excesso de sal, gordura e açúcar, investir em alimentos caseiros), hidratar-se, descansar e dormir bem.

Muito bem! Sigam para a ⇨ página 09.



***ATENÇÃO:** Infelizmente, **algumas doenças precisam de medicação** e elas devem ser utilizadas como prescritas pelo médico. Em caso de **reações adversas**, deve-se retornar para uma **nova avaliação médica**.



Podemos concluir que os olhos foram evoluindo por diferentes pressões e que eles são muito importantes para a maioria dos metazoários. Isso também se aplica aos outros órgãos dos sentidos, lembrando que todos eles dependem das **células nervosas (exemplo: os neurônios)**.

Sabemos que nem todas as células nervosas são longas como no caso da lula (páginas 17 e 19) e, ainda que o organismo seja muito grande, serão necessárias muitas delas para conduzir a informação.

O marcador de páginas deste guia apresenta a célula nervosa mais conhecida, o **neurônio**, suas estruturas básicas como o **corpo celular** (onde localiza-se o núcleo com seu material genético), os **dendritos** (ramificações citoplasmáticas importantes para receber as informações), **axônio** (estrutura longa que conduz a informação através de um estímulo elétrico) e a **bainha de mielina** (protege e direciona o estímulo elétrico).

O processo de condução da informação, ou seja, do impulso nervoso, chama-se **sinapse nervosa**. Esta **sinapse nervosa** pode ser **química (através de neurotransmissores)** ou **elétrica (através de corrente elétrica)**.

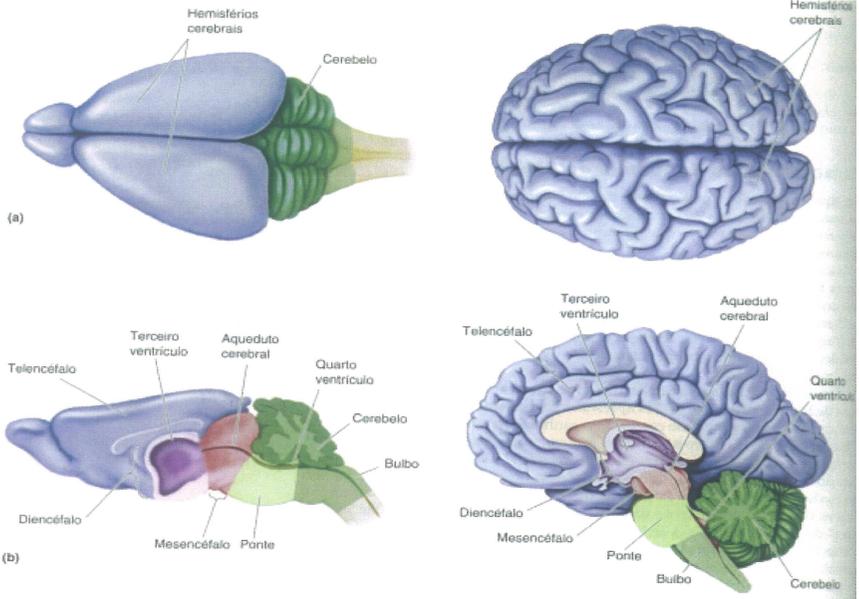
Como assim? Uma célula nervosa informa a outra o que está acontecendo?

Como as informações são conduzidas? Neurotransmissores ou corrente elétrica?

Te convido a conhecer melhor este mecanismo tão importante para a maioria dos metazoários na página 28. Lá novos desafios irão aparecer.

	<p>https://www.youtube.com/watch?v=XsLNJSshq34</p>
---	--

As estruturas que recebem a mesma cor identificam a mesma estrutura do encéfalo de um rato (lado esquerdo) e do homem (lado direito) em diferentes posições.



Façam algumas comparações e discutam:

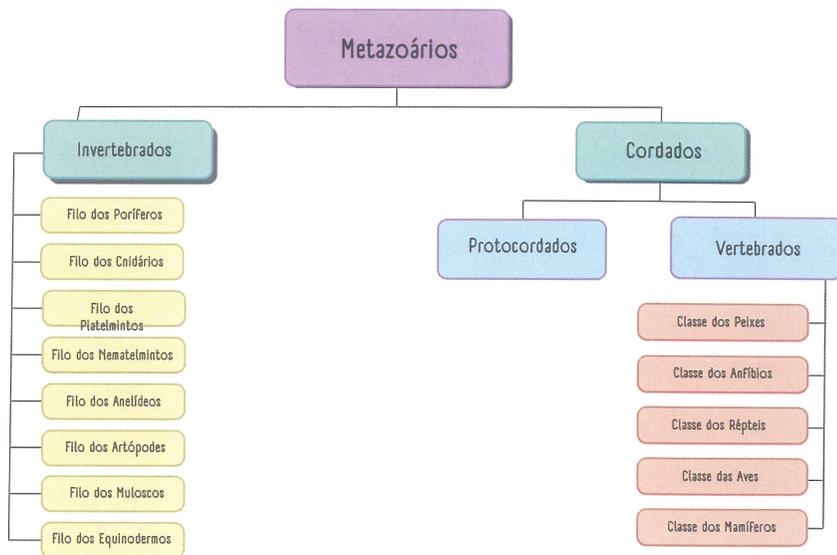
Em qual deles a região azul é mais invaginada? Estas invaginações teriam a ver com a cognição do indivíduo? A estrutura verde se manteve em ambos? Teria a estrutura azul aumentado de tamanho e forçado a estrutura verde para baixo,?

Depois de ler estas indagações, vejam qual hipótese melhor representa o que vocês discutiram:

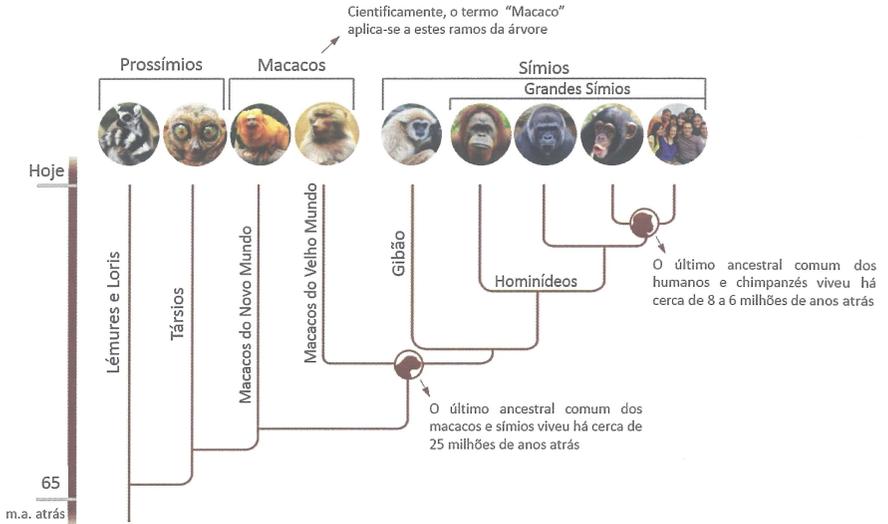
Hipótese 1: Sendo o encéfalo de um rato e de um humano, não é possível fazer comparações porque são seres muito diferentes. (⇨ página 31)

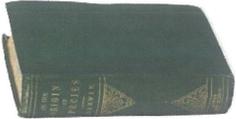
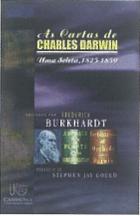
Hipótese 2: É possível que a estrutura verde de ambos seja responsável por funções importantes para a sobrevivência e que a estrutura azul foi aumentando sua superfície com suas invaginações e empurrando a estrutura verde mais para baixo, ajudando sua localização. (⇨ página 14)

Organograma com a maioria dos grupos dos Metazoários estudados nos ensino fundamental e médio, apenas para uma visão geral através de aspectos morfológicos e não filogenéticos.

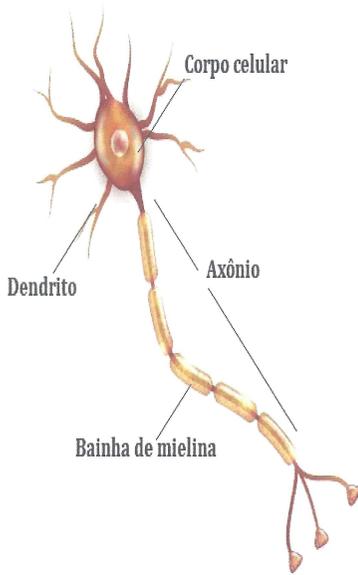


A árvore filogenética abaixo é citada na página 32. Explore sem pressa, quais semelhanças aproximam ou distanciam os primatas abaixo? Lembre-se que os nós indicam ancestrais comuns.



	<p>Indicações para o aprofundamento na história da vida, teoria da Seleção Natural e outras publicações de Charles Robert Darwin.</p>
<p>A origem das espécies.</p>	
	<p>As cartas de Charles Darwin.</p>
<p>A árvore da vida; Peter Sís/ Ed Ática.</p>	

Marcador de páginas do guia, a página 36 faz referência a ele.



REFERÊNCIAS

Carta ao estudante

Conceito de metazoários:

https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/17302324022014Invertebrados_I_Aula_3.pdf

Página 03

Conceito de inteligência:

onte:https://www.google.com/search?q=significado+de+inteligencia&rlz=1C1FCXM_pt-PTBR1016BR1016&sxsrf=APwXEdfJhP0hIuW-HPTE_GxSeXiWe4wupw%3A1681584522451&ei=ivE6ZKWYG67Z5OUPp5-IEA&ved=0ahUKEwilhfVaxqz-AhWuLLkGHadPCQIQ4dUDCA8&uact=5&oq=significado+de+inteligencia&gs_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcnAQAzIHCAAQigUQZzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgYIABAWEB4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEB46CwgAEIoFELEDEIMBOgsILhCKBRcxAxCDAToICC4QgAQQsQM6DgguEIAEEL EDEMcbENEDOGsILhCABBDHARDRAzoLCAAQgAQQsQMgE6CAGAEIAEELEDOgoIABC KBRcxAxBDOgcIABCABBAKSgQIQRgAUABYtClgyytoAHABeAGAAbcDiAHRI5IBCjAuMTU uNi4xLjGYAQCgAQHAAQE&scient=gws-wiz-serp

Página 07

Baleia azul:

Herculano-Houzel S (July 2019). "Longevity and sexual maturity vary across species with number of cortical neurons, and humans are no exception". *The Journal of Comparative Neurology*. 527 (10): 1689–1705. doi:10.1002/cne.24564. PMID 30350858. S2CID 53033539

Barata:

Heisenberg M (May 1998). "What do the mushroom bodies do for the insect brain? an introduction". *Learning & Memory*. 5 (1–2): 1–10. doi:10.1101/lm.5.1.1. PMC 311238. PMID 10454369.

Chimpanzé:

Collins CE, Turner EC, Sawyer EK, Reed JL, Young NA, Flaherty DK, Kaas JH (January 2016). "[Cortical cell and neuron density estimates in one chimpanzee hemisphere](#)". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 113 (3): 740–5. [Bibcode:2016PNAS..113..740C](#). doi:10.1073/pnas.1524208113. [PMC 4725503](#). [PMID 26729880](#)

Elefante:

Herculano-Houzel S, Avelino-de-Souza K, Neves K, Porfírio J, Messeder D, Mattos Feijó L, et al. (2014). "[The elephant brain in numbers](#)". *Frontiers in Neuroanatomy*. 8: 46. doi:10.3389/fnana.2014.00046. [PMC 4053853](#). [PMID 24971054](#).

Homem:

Herculano-Houzel S (June 2012). "The remarkable, yet not extraordinary, human brain as a scaled-up primate brain and its associated cost". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United*

States of America. 109 Suppl 1 (Supplement_1): 10661–8. doi:10.1073/pnas.1201895109. PMC 3386878. PMID 22723358.

Página 10

Imagem Museu de Londres

<https://www.londresparapricipiantes.com/a-baleia-azul-no-museu-de-historia-natural/>

Página 20

Imagem encéfalo

<https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/viva-voce/noticia/2019/07/28/como-funciona-o-sistema-de-recompensa-do-cerebro-e-por-que-ele-mexe-tanto-com-sua-vida.ghtml>

Página 13

Imagem Darwin

Fonte da imagem: <https://pixabay.com/pt/photos/charles-darwin-cientistas-62967/>

Página 25

Imagem dos crânios sob o título:

Fonte: <https://arqueologiaeprehistoria.com/2019/09/11/curso-sobre-evolucao-humana-com-walter-neve-s-acontece-entre-outubro-e-dezembro-na-usp/>

Imagem dos três crânios

fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/a-nossa-especie-homo-sapiens.htm>

Página 04

Imagem esquerda: <https://dynamicon.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Sistema-nervoso.pdf>

Imagem direita: <https://blog.cobasi.com.br/anemona-voce-sabe-o-que-e/>

Página 18

DALGALARRONDO, PAULO. Evolução do cérebro: sistema nervoso, psicologia e psicopatologia sob a perspectiva evolucionista. 461p. Editora Artmed. 2011.

RODRIGUES, FELIPE VIEGAS. Fisiologia Sensorial. Revista da Biologia. 25-33. 5 dezembro 2010.

RIBAS, GUILHERME CARVALHA. Considerações sobre a evolução filogenética do sistema nervoso, o comportamento e a emergência da consciência. Brazilian Journal of Psychiatry [online]. 2006, v. 28, n. 4 [Acessado 9 Setembro 2022] , pp. 326-338. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-44462006000400015>>. Epub 25 Feb 2008. ISSN 1809-452X. <https://doi.org/10.1590/S1516-44462006000400015>.

Imagem da célula epitelial

Fonte:<https://www.biomedicinapadrao.com.br/2013/08/imagens-incriveis-feitas-com.html>

Página 11

RODRIGUES, FELIPE VIEGAS. Fisiologia Sensorial. Revista da Biologia. 25-33. 5 dezembro 2010.

RIBAS, GUILHERME CARVALHA. Considerações sobre a evolução filogenética do sistema nervoso, o comportamento e a emergência da consciência. Brazilian Journal of Psychiatry [online]. 2006, v. 28, n. 4 [Acessado 9 Setembro 2022] , pp. 326-338. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-44462006000400015>>. Epub 25 Feb 2008. ISSN 1809-452X. <https://doi.org/10.1590/S1516-44462006000400015>.

Imagem

<https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/203/o/cnidaria.pdf>

Página 08

Primeira imagem

<https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2021/007/>

Segunda imagem

<https://barbacenaonline.com.br/planaria-o-verme-que-se-regenera/>

Página 06

<https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2021/007/>

Página 19

https://www.ufrgs.br/biofisica/Bio10004/JAQuillfeldt_OrigPotsEletrCelNervs_poligrafo2005.pdf

Página 17

Texto

<https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2021/08/desvendando-os-misterios-do-cerebro-com-a-ajuda-da-extraordinaria-biologia-da-lula>

Imagem

https://www.ufrgs.br/biofisica/Bio10004/JAQuillfeldt_OrigPotsEletrCelNervs_poligrafo2005.pdf

Página 23

Banco de imagens unsplash, busca por olhos.

Página 05

Texto

https://oftalmologos.org.ar/oce_anteriores/files/original/84763673a0e64868f1887f2b9ae56d0e.pdf

Imagem primeira

imagem b/ gastrópodes UZUNIAN, ARMÊNIO. BIRNER, ERNESTO. Biologia. Vol único. 2013. 4ed. Editora Harbra.

Imagem segunda

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/4WZH2SfTPhU>

Página 28

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/fZ2hMpHrbl>

Página 37

Imagem

<https://lobio.ufpa.br/AulasAnimaliaIeIIpdf/AnimaliaIII/Sistema%20nervoso%202008.pdf>

Página 14

Imagem primeira

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/NeuralCorrelatesOfConsciousness2-es.png>

Segunda imagem

https://lh6.googleusercontent.com/lkjXL6jKCOYq2HM4FMYsh4WCZ3G5YgloL29fhkLzmyWsC-mI40PWevrEHyLRIS-8_hh9YPKdFD3Bxcf0Rx-HSIXaNLrNlwsH1gGmH1ODFzTM0XG53TL4GgnPMTkB8sn3kY1gUeLeL

Página 21

Gráfico:

Os ritmos do cérebro. Revista Fapesp, junho de 2022, ano 23, n. 316.

Ratos na gaiola

<https://cienciasecognicao.org/neuroemdebate/wp-content/uploads/2013/02/ambiente-enriquecido.png>

Página 12

Primeira imagem ascidia

https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT_IDb3ATVYzIPnsIqQJceCcN5HITxiwcG4bg&usqp=CAU

Segunda imagem anfioxo

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Branchiostoma_californiense_%2810.3897-zookeys.873.33901%29_Figure_2.jpg

Terceira imagem

<https://pxhere.com/es/photo/1600194>

Página 21

Imagem gaiola

<https://cienciasecognicao.org/neuroemdebate/wp-content/uploads/2013/02/ambiente-enriquecido.png>

Tabela

Tabela montada pela autora com base no artigo de Schmidek e Cantos, Evolução do sistema nervoso, especialização hemisférica e plasticidade cerebral: um caminho ainda a ser percorrido. Revista Pensamento Biocêntrico. Pelotas. 10 jul/dez 2008.

Página 32

<https://medium.com/@telma.laurentino/n%C3%A3o-o-homem-n%C3%A3o-descende-do-macaco-f19df229111a>

Cariótipo humano e chimpanzé

<https://logosapologetica.com/implicacoes-projeto-genoma-humano-na-apologetica-moderna/>

Compilamento dos cromossomos

Imagem do livro Relics of Eden citado no site
<https://coelhoprecambriano.blogspot.com/2019/01/o-seu-cromossomo-2-e-uma-evidencia-da.html>

Página 26

imagem 1

<https://pressbooks.ccconline.org/bio106/chapter/nervous-system-levels-of-organization/>

Imagem 2

<https://www.brainlatam.com/blog/embriologia-como-o-sistema-nervoso-se-desenvolve-1195>

Página 15 e 22

<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2013/09/1344096-estudo-questiona-inteligencia-inferior-do-neanderthal.shtml>

Página 39

<https://medium.com/@telma.laurentino/n%C3%A3o-o-homem-n%C3%A3o-descende-do-macaco-f19df229111a>

As imagens, tabelas e gráficos que não constam suas referências foram produzidas pela autora através do Canva.