UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA

ELABORAÇÃO DE UM LIVRO JOGO SOBRE A EVOLUÇÃO DO SISTEMA NERVOSO EM METAZOÁRIOS, VOLTADO PARA A ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DO ENSINO MÉDIO

GABRIELLA MENDES BUGNI

Rio de Janeiro
2024

GABRIELLA MENDES BUGNI

ELABORAÇÃO DE UM LIVRO JOGO SOBRE A EVOLUÇÃO DO SISTEMA NERVOSO EM METAZOÁRIOS, VOLTADO PARA A ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DO ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Instituto de Biologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Dr. Bruno de Almeida Carlos de Carvalho Pontes

Rio de Janeiro

Março 2024

CIP - Catalogação na Publicação

Bugni, Gabriella Mendes
B931e ELABORAÇÃO DE UM LIVRO JOGO SOBRE A EVOLUÇÃO DO SISTEMA NERVOSO EM METAZOÁRIOS, VOLTADO PARA A ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DO ENSINO MÉDIO / Gabriella Mendes Bugni. -- Rio de Janeiro, 2024.
113 f.

Orientador: Bruno de Almeida Carlos de Carvalho Pontes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional, 2024.

1. metazoários. 2. sistema nervoso. 3. evolução. 4. metodologias ativas. 5. livro jogo. I. Pontes, Bruno de Almeida Carlos de Carvalho, orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

Folha de aprovação

Gabriella Mendes Bugni

Elaboração de um livro jogo sobre a evolução do sistema nervoso em metazoários, voltado para a área do conhecimento de Ciências da Natureza do Ensino Médio

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Instituto de Biologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Aprovada em:**,**
Por:

Assinatura presidente: _____
Nome do(a) orientador(a):

Assinatura: _____
Nome completo:
Título:
Instituição à qual é vinculado(a):

Assinatura: _____
Nome completo:
Título:
Instituição à qual é vinculado(a):

Rio de Janeiro
Março 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, meu esposo e filho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Bruno de Almeida Carlos de Carvalho Pontes, meu orientador, pela paciência e por todos os seus ensinamentos e que sempre se mostrou tão disposto.

Ao Mestre Aurélio Fonseca, *in memoriam*, minha fonte de inspiração, por sua bondade, inquietude, pelo amor à Ciência e por todos os seus ensinamentos.

Aos meus pais, Silvia Maria da Silva Mendes Bugni e João Alfredo Bugni, a minha irmã Daniella Mendes Bugni, por serem minhas fontes de inspiração, incentivo, amor, alegria e tranquilidade.

Ao meu esposo, Sócrates Ricardo Clemente Cordeiro e ao meu filho, João Pedro Bugni Cordeiro, pelo incentivo, amor, alegria, dedicação e paciência.

Aos meus queridos amigos Belinda Lobo e Eduardo Franco Sanchez pelas conversas, risadas, orientações, paciência, incentivo e amizade.

A todos os meus colegas, professores e gestores do mestrado profissional PROFBIO, mas principalmente a Daniela Dalpério e a Natália de Fátima Costa pelos ensinamentos, incentivo e amizade.

A Sueli de Sá Ferreira e a Mariana Rocha Corrêa Pacheco pela revisão gramatical deste trabalho e do produto (livro jogo), respectivamente.

A diretora e amiga Sandra Regina Gasparotto Ortelan, a coordenadora e amiga Simone Campos, por acreditarem e aceitarem a aplicação deste estudo.

A todos os funcionários e estudantes da Escola Estadual Ermano Marchetti.

E a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste estudo.

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

RELATO DE EXPERIÊNCIA COM O PROFBIO

Meu interesse na Ciência e na Educação vêm desde muito jovem. Na infância e início da adolescência, meu interesse por programas e documentários que tratavam sobre os seres vivos, pesquisas, cientistas e curiosidades ocupavam boa parte do meu dia.

No Ensino Médio, ingressei no curso técnico em Patologia Clínica, depois do estágio obrigatório continuei no mesmo laboratório como funcionária. Lá desenvolvi um projeto para receber estagiários dada a dificuldade que eu havia encontrado em fazer o meu. No mesmo período, participei de um processo seletivo e ingressei como monitora no laboratório de Biociências da Escola Técnica Oswaldo Cruz.

Ingressei no curso de Ciências Biológicas trabalhando em laboratório de análises clínicas e no outro período como monitora do laboratório de Biociências. Esta foi minha primeira realização profissional, trabalhar na área clínica e na educação, concomitantemente.

Nos últimos anos de graduação, participei de outro processo seletivo, e um sonho se realizava, trabalhar com pesquisa clínica na Universidade Federal de São Paulo. Neste laboratório, aprendi muito, comecei como estagiária e saí como biologista. Minha saída ocorreu por cortes nas bolsas de incentivo à pesquisa.

Quando desligada da pesquisa, fiquei extremamente decepcionada, eu gostava muito de trabalhar com experimentos clínicos, porém a educação me abriu os braços, ingressei como professora na rede pública. Alguns anos depois eu já estava em dois cargos como professora efetiva da rede estadual de São Paulo.

Em nenhum momento parei de estudar, sempre reconheci a importância de me atualizar, fiz uma segunda graduação, uma atualização longa em Citologia na Universidade de São Paulo, quatro especializações voltadas para a saúde e educação nas melhores universidade públicas do meu estado, mas minha vontade mesmo era fazer o mestrado.

Foi quando descobri o mestrado profissional voltado para os professores da rede pública e fiquei motivada a pleitear o ingresso. Fiz a prova fui classificada, mas estava como excedente ao número de vagas naquele pólo. Esperei o ano todo e me inscrevi para fazer a prova novamente, porém para um outro pólo e eu finalmente consegui. Confesso que foi difícil acreditar que eu poderia continuar lecionando e fazer o mestrado profissional ao mesmo tempo, inclusive é uma das exigências do PROFBIO.

Pesquisei com alguns alunos e ex-alunos como era o curso e me assustei ao me deparar com as provas de qualificação, realmente eram bem difíceis. Não me deixei abater, estudei bastante e passei em todas, mas fiquei triste por ter colegas extremamente competentes e dedicados que não conseguiram.

O curso foi realmente de excelência, tive a oportunidade de ter aulas com professores incríveis, aprendi a revisitar e reavaliar minha prática docente. Compreendi melhor como usar as técnicas de metodologias ativas, principalmente por investigação. Agregou muito a troca de experiências e a criatividade dos meus colegas do curso e também dos professores.

Tive a oportunidade de trabalhar neste estudo com meu orientador, professor Bruno, pessoa prática, inteligente e com um ótimo senso de humor. Soube sempre me conduzir pelos caminhos mais promissores.

E por fim, registrar que a bolsa da CAPES foi muito importante para viabilizar a realização deste sonho para o meu aprimoramento profissional. Gostaria muito que todos os professores da rede tivessem a mesma oportunidade e, desejo ainda, que eu consiga dar continuidade fazendo o doutorado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Organograma sintetizando as situações problemas apresentadas no livro jogo.	**24**
Figura 02	Esquema representativo das etapas de aplicação do livro jogo, indicando os grupos aplicação e não participantes da aplicação.	**29**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **04**

1.1 Contexto histórico 05

1.2 Evolução 06

1.3 Sistema Nervoso 07

1.3.1 Neurônio: Unidade básica do sistema nervoso 11

1.4 Sistema Nervoso sob a ótica evolutiva 12

1.5 Uma abordagem investigativa 13

1.6 Justificativa 15

2 OBJETIVOS **16**

2.1 Objetivo geral 16

2.2 Objetivos específicos 16

3 METODOLOGIA **17**

3.1 Tipo de pesquisa 17

3.2 Local e público alvo 17

3.3 Levantamento de dados para a produção do livro jogo 18

3.4 Revisão de literatura para a construção do livro 19

3.5 Propriedade intelectual e direito autoral 20

3.6 Formulários avaliativos 20

3.7 Aspectos éticos e/ ou ambientais 21

3.8 Etapas da aplicação 21

3.8.1 Apresentação da proposta para a Unidade Escolar e para os estudantes 22

3.8.2 Termos de Consentimento 22

3.8.3 Divisão dos grupos 22

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO **25**

4.1 Produção do livro jogo 25

4.2 O produto 26

4.3 Aplicação do livro jogo 32

4.3.1 Etapa I - Perfil dos estudantes 32

4.3.2 Etapa II - Aulas ministradas com e sem a aplicação do produto 33

4.3 Discussão geral 36

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS **39**

REFERÊNCIAS **40**

ANEXOS **45**

Resumo:

O sistema nervoso é de fundamental importância para a nossa existência como seres vivos. Desde as conexões formadas no córtex cerebral de quem está lendo este texto até a compreensão do nosso nível cognitivo, a nêurula é de extrema significância, pois pode influenciar na sobrevivência e no desenvolvimento dos organismos vivos. Isso destaca a necessidade de se estudar o sistema nervoso nos animais multicelulares sob uma perspectiva evolutiva. O objetivo deste trabalho é produzir um material que permita o estudante, ser desafiado a investigar a evolução do sistema nervoso nos diferentes metazoários, como um livro jogo, com imagens, perguntas exploratórias e hipóteses para as respostas, sendo que quando certas, orientam em como avançar e quando escolhidas as hipóteses erradas, o livro direciona o raciocínio através de dicas e sugere a retomada do passo anterior. Este produto foi avaliado por meio de dois formulários, com questões sobre a evolução do sistema nervoso, um antes e outro após a utilização do produto em questão. Foi notório que o livro jogo trouxe uma dinâmica motivadora, porém constatamos que pareceu ligeiramente longo para o perfil dos estudantes desta geração com alta influência da tecnologia. Em comparação com a abordagem tradicional de ensino, centrada na fixação de conteúdos, os alunos que se envolveram com o livro jogo demonstraram um desempenho superior aos que participaram de uma aula expositiva e interativa. Como conclusão, fica claro que a abordagem do livro jogo na aprendizagem do sistema nervoso em metazoários proporciona uma dinâmica motivadora e resultados superiores, ressaltando a importância de adaptar as estratégias educacionais às características da geração atual de estudantes do Ensino Médio.

Palavras-chave: evolução, metazoários, ensino investigativo, sistema nervoso.

Abstract:

The nervous system is of fundamental importance for our existence as living beings. From the connections formed in the cerebral cortex of those reading this text to the understanding of our cognitive level, the neurula is of extreme significance, as it can influence the survival and development of living organisms. This highlights the need to study the nervous system in multicellular animals from an evolutionary perspective. The aim of this study is to produce an educational material that challenges students to explore the evolutionary trajectory of the nervous system across various metazoan species, like a game book, with images, exploratory questions, and hypothetical scenarios. When certain hypotheses are correct, they guide how to progress, and when incorrect hypotheses are chosen, the book directs reasoning through hints and suggests going back to the previous step. This product was evaluated through two questionnaires, one before and one after the use of the product in question, focusing on questions about the evolution of the nervous system. It was evident that the game book brought a motivating dynamic, although it seemed slightly lengthy for the profile of students of this generation heavily influenced by technology. Compared to the traditional teaching approach, focused on content memorization, students who engaged with the game book demonstrated superior performance to those who participated in an expositional class. In conclusion, it is clear that employing a game book approach to studying nervous system evolution in metazoans fosters a motivating learning environment and yields commendable outcomes, emphasizing the importance of adapting educational strategies to the characteristics of the current generation of high school students.

Keywords: evolution, metazoans, investigative teaching, nervous system.

1 Introdução

Documentos oficiais, tais como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) publicada em 2018 pelo Ministério da Educação, propõem os conteúdos mínimos necessários para todos os estudantes, visando a equidade no ensino, respeitando as individualidades de cada região e comunidade. As três competências específicas, apontadas neste documento, que devem ser alcançadas na área do conhecimento de Ciências da Natureza, passam pela investigação através da busca de dados, analisando e argumentando, visando atingir um conhecimento mais significativo. Também encontramos em uma das três competências específicas a esta área, a investigação da evolução dos seres vivos e do Universo, para fundamentar decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018).

Segundo Santos e Calor (2007), Silva-Porto *et al.* (2007), Zamberlan e Silva (2009), o estudo da evolução deve ser apresentado nos diferentes temas e subtemas da Biologia, permitindo um estudo mais aprofundado e com mais relevância (DOBZHANSKY, 1973).

Mayr (1982) defende que estudar a evolução possibilita compreender as causas que levam às mudanças ocorridas durante o processo e Bruner (1997) complementa que facilita a aprendizagem já que os estudantes absorvem mais quando há uma história em andamento.

O sistema nervoso tem participação fundamental em nossas vidas, seja direta ou indiretamente, desde conexões neurais feitas no córtex cerebral de quem lê esta dissertação, até a compreensão de como chegamos a este nível cognitivo. Quando pequenos precisamos ser estimulados para que tenhamos maiores oportunidades de sinapses nervosas e, assim, uma maior plasticidade neural. Todos os seres vivos recebem e enviam estímulos a todo momento, desde os mais simples até os mais complexos como nós, seres humanos (LENT, 2010).

Nos eventos embrionários dos metazoários, a fase da nêurula é tão importante, que pode trazer consequências significativas em todo o desenvolvimento daquele ser e até em sua sobrevivência (MOORE *et al.* 2008). Sendo assim, revela-se a necessidade do aprendizado do sistema nervoso nos metazoários de uma perspectiva evolutiva para uma aprendizagem muito mais ampla e significativa.

1.1 Contexto histórico

A pandemia causada pelo COVID-19 impactou o mundo em todas as áreas e não foi diferente na educação, provocou mudanças tecnológicas importantes e irreversíveis. As crianças e os jovens que deveriam estar aprendendo social e cognitivamente dentro do espaço escolar, tornaram-se reféns por quase dois anos. Dentro de suas casas, privadas do contato social, precisaram reaprender a aprender.

Mesmo três anos depois, esses estudantes ainda são visíveis às lacunas que a pandemia deixou na educação, visto que os alunos que frequentam o Ensino Médio hoje, estavam no quinto, sexto ou sétimo ano do Ensino Fundamental II naquele período. Sabendo que estes estudantes são naturalmente impulsivos/ ansiosos, podemos dizer, neste contexto, que eles se tornaram mais vulneráveis.

Em conformidade, analisando os dados obtidos no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) de 2022, o Brasil não obteve melhora em seus índices desde 2018 (Tabela 01). Reconhecendo a importância da leitura na vida dos indivíduos e os dados apontados, conclui-se que nossos estudantes precisam urgentemente de ações que os incentivem no desenvolvimento de habilidades e competências de leitura e interpretação, facilitando o entendimento em outras áreas do conhecimento como em exatas e ciências da natureza.

Áreas do conhecimento	ano 2022	ranking do Brasil	ano 2018	ranking do Brasil
Matemática	379	62º a 69°	384	69° a 72°
Leitura	410	44° a 57°	413	55 a 59º
Ciências	403	53º a 64º	404	64 a 67°

Tabela 01 - PISA 2022 e 2018. Fonte: autora através dos dados obtidos no site **https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022** .

A linguagem juntamente com a leitura, é ponto central da educação e quando há domínio da leitura o indivíduo passa a ter a capacidade de aprender o que deseja, amplia suas interpretações, torna-se autônomo no seu aprendizado, criativo e tem melhor flexibilidade para resolver seus problemas do cotidiano (PIMM, 2002 e SANTOS, 2021). Sugerindo que o presente trabalho poderia corroborar neste intuito, através da proposta de um livro diferente, com caráter investigativo, dinâmico e estimulador da aprendizagem e leitura.

1.2 Evolução

Estudar algum tema sob a perspectiva evolutiva é bem mais fácil, porque há uma história em curso (BRUNER, 1997), facilitando interpretações, memorização, identificação de diversas estruturas principalmente quando relacionadas aos seres vivos (DOBZHANSKY, 1973). Sendo também, a base para o entendimento da diversidade (RIDLEY, 2006).

Segundo Ridley (2006), evolução significa mudança ao longo das gerações. Essas modificações dependem basicamente do ambiente em que aquela população de seres vivos está inserida, além das variantes genéticas que surgem de forma aleatória. Olhando para trás, podemos dizer que a biodiversidade é resultado de tudo isso, fornecendo pistas (algumas bem discretas) sobre o passado dos seres vivos, facilitando sua compreensão.

Charles Robert Darwin propôs a evolução por seleção natural em seu livro "On the origin of species" de 1859 e o mesmo, é referência até hoje. Um outro conceito importante é compreender que a adaptação se fez necessária para a sobrevivência daquele indivíduo e que se este, conseguir se reproduzir, poderá passar esta adaptação para os descendentes.

Dando um grande salto na história da Ciência sobre evolução, em 1930, Fisher publica seu livro com o título "The Genetical Theory of Natural Selection" (A teoria genética da Seleção Natural), que une a herança mendeliana à seleção natural, chamando de neodarwinismo ou teoria sintética da evolução. Gradualmente o neodarwinismo foi ganhando outras áreas como embriologia, paleontologia, genética, anatomia e fisiologia comparada, entre outras, dada a sua importância (RIDLEY, 2006).

As coleções dos livros enviados para as escolas estaduais de São Paulo, para serem escolhidos e utilizados no Ensino Médio, trazem praticamente a mesma abordagem sobre evolução, permeando basicamente sobre a origem da vida e suas teorias, primeiras células, surgimento dos seres multicelulares eucariontes, dinâmica da Terra e evolução biológica, síntese moderna da evolução e por fim, evidências da evolução (LOPES e ROSSO, 2020).

Pode-se concluir que são apenas algumas abordagens para entendimento do início da vida na Terra, mas não contextualiza com os diferentes sistemas dos metazoários. Deste modo, o estudante tem muita dificuldade de compreender e não consegue fazer a transposição do conceito de evolução para todas as formas de vida, para os diversos sistemas dos seres multicelulares complexos, e ainda, que nós, seres humanos, fazemos parte deste processo.

1.3 Sistema Nervoso

O sistema nervoso de qualquer organismo, segundo Rodrigues (2010), pode ser simplificado por possuir células receptoras, células efetoras e podendo fazer parte desta comunicação ou não, os interneurônios. Estas células receptoras, como a própria palavra indica, recebem o sinal, os interneurônios (quando presentes) intermediam a comunicação propagando a mensagem e as células efetoras efetivam alguma ação.

O arranjo mais simples é chamado de arco reflexo. O arco reflexo monossináptico ocorre com a presença de duas células, uma receptora e outra efetora, com uma sinapse entre elas, como o reflexo patelar. Já o arco reflexo polissináptico, ocorre com a presença das células do reflexo monossináptico (receptora e efetora) e com pelo menos um interneurônio, com duas ou mais sinapses. A existência do interneurônio possibilitou a origem dos gânglios e, por fim, a formação do sistema nervoso central de muitos organismos vivos (RODRIGUES, 2010).

Partindo dos organismos unicelulares, sem sistema nervoso ou sem células nervosas, podemos concluir que eles possuem “sensores químicos e físicos” em suas membranas para detectar o que está acontecendo no entorno e no seu interior, possibilitando sua sobrevivência e reprodução, podendo sugerir o começo da evolução do que será o sistema nervoso em outros seres vivos (DETHIER e STELLAR, 1973; BARTOSZECK, 2021).

A associação entre as células, ou seja, os primeiros organismos multicelulares necessitaram de cooperação e comunicação para permanecerem unidas (DALGALARRONDO, 2011).

Dentro do grupo dos metazoários, organismos multicelulares que utilizam esta comunicação entre as células, temos os invertebrados e cordados.

Estas comunicações entre as células foram se modificando e já é possível observar evolutivamente uma rede difusa de neurônios nos cnidários. As hidras, águas-vivas e anêmonas são alguns exemplos de cnidários (SWANSON, 2003; GASPARTTO *et al.* 2011 e BARTOSZECK, 2021).

As hidras são seres pequenos, que geralmente vivem no fundo de rios e alimentam-se de matéria orgânica e mineral pela movimentação de seus pequenos tentáculos localizados ao redor de sua boca primitiva. Seu sistema nervoso, levando em conta seu modo de vida, é suficientemente simples para se manter viva e contribuir no seu ecossistema. Elas apresentam células sensoriais, células intermediárias que conduzem tais informações para partes do corpo, e as células efetoras, que comandam os tentáculos. Já as águas-vivas são nadadoras e

predadoras ativas, necessitando de maior complexidade no sistema nervoso para garantir a sobrevivência e perpetuação da espécie (SWANSON, 2003).

Os vermes apresentam corpo bem alongado e extremidades bem definidas sugerindo a necessidade de um fluxo de informações mais bem definido, originando dois aglomerados de células sensoriais, chamados de gânglios cerebroides de onde partem dois cordões nervosos, chegando a mais partes do corpo do animal. Necessitando de interneurônios, que aparecem nos platelmintos, fazendo a comunicação da porção sensorial com a motora (GASPAROTTO *et al.* 2011).

Esta cefalização permitiu aos outros invertebrados relações mais complexas entre suas próprias células, entre outros da mesma e de diferentes espécies e até com o meio onde vivem (GASPAROTTO, *et al.* 2011).

Vale ressaltar que mesmo após a remoção dos gânglios cefálicos dos anelídeos, ainda podem aprender tarefas muito simples, reforçando que elas ficam "armazenadas" nas estruturas do cordão nervoso (GASPAROTTO, *et al.* 2011 e BARTOSZECK, 2021).

O grupo que abriga o maior número de espécies são os artrópodes (BRUSCA, 2007; GASPAROTTO *et al.* 2011 e BRITO, 2012), vivem nos mais diversos ambientes. Para tanto, foram necessárias muitas adaptações fisiológicas e com isso um sistema nervoso mais complexo, embora não possua um número expressivo de neurônios quando comparados aos vertebrados. Para exemplificar, podemos citar os sistemas sensoriais altamente complexos (olhos, patas, asas, antenas), comportamento social, ataque às presas, defesa, moradia, cérebro e hormônios (GASPAROTTO, *et al*. 2011 e BARTOSZECK, 2021).

As drosófilas, artrópodes, têm axônios espessos com aproximadamente quatro micrômetros de diâmetro, mas nada comparado às lulas (moluscos), que serão citados mais adiante. Seus olhos apresentam estruturas complexas na captação de movimento e intensidade de luz: os omatídeos (GASPAROTTO, *et al*. 2011). Os omatídeos são células receptoras ou células sensoriais que transformam uma energia em outra, geralmente células sensoriais são muito específicas (RODRIGUES, 2010).

Analisando os moluscos, mais precisamente os polvos, observa-se um cérebro com vários lobos,capaz de tarefas muito mais elaboradas. As lulas também foram importantíssimas nas pesquisas sobre células nervosas, já que apresentam axônios bem espessos, cerca de um milímetro de diâmetro (GASPAROTTO, *et al*. 2011 e BARTOSZECK, 2021), e que puderam ser isolados e observados nos primeiros estudos sobre células do sistema nervoso dos seres vivos.

Os cordados possuem sistema nervoso dorsal, sustentados pela notocorda (uro e cefalocordados) e coluna vertebral e crânio (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos) (GASPAROTTO, *et al*. 2011).

Os peixes possuem bulbo olfativo, cérebro, cerebelo e medula espinhal protegidos por vértebras ósseas. Existem semelhanças entre peixes e seres humanos na estruturação dos nervos cranianos relacionados com a audição e a respiração, por exemplo (BARTOSZECK, 2021).

Nas aves surge o sistema límbico, também encontrado nos mamíferos, regulando nossas emoções mais complexas. Garantindo relações sociais por afetividade. Ele também estimula a memória do aprendizado, localizada no hipocampo (SCHIMIDEK e CANTOS, 2008).

Nos mamíferos, principalmente primatas, mais ainda nos hominídeos e no homem, o telencéfalo aparece como a porção mais nova do sistema nervoso central (SCHIMIDEK e CANTOS, 2008).

Segundo Sarnat (1981), o fenômeno evolutivo chamado encefalização é caracterizado pela maior complexidade do sistema nervoso central que aconteceu durante a evolução dos vertebrados, principalmente dos mamíferos, com o desenvolvimento do neocórtex que se fez de forma desproporcional em relação ao resto do corpo.

Nosso encéfalo é tão complexo, que torna nossas relações sociais e nossa capacidade de aprender e planejar extremamente refinadas, possuindo diversas variáveis, muitas ainda desconhecidas (LENT, 2010).

Segundo Schimidek e Cantos (2008), o encéfalo possui estruturas comuns entre os vertebrados como tronco cerebral, (bulbo, ponte e mesencéfalo) e cerebelo. O tronco cerebral liga-se com a medula. No tronco cerebral temos a coordenação de várias funções vitais como regulação da respiração, pressão arterial, o funcionamento do coração e da digestão, adormecimento, entre outros. O cerebelo regula nossos movimentos externos com coordenação e equilíbrio.

O cérebro, e especialmente nos humanos, ganhou muitas invaginações aumentando, portanto, o seu volume total. O encéfalo 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 e julgamento (SCHIMIDEK e CANTOS, 2008).

O tálamo, localizado 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) (SCHIMIDEK e CANTOS, 2008).

Quando comparados os cérebros dos hominídeos percebemos que o cérebro primitivo continua lá e que estamos apenas “acrescentando” novas partes e junto com elas podemos enfatizar a linguagem e a memória, que são alguns dos alvos da neurociência, que estuda as capacidades mais complexas dada imensa quantidade de variáveis e que caracterizam os alicerces da aprendizagem humana (LENT, 2010).

Também é importante ressaltar que a biologia molecular descobriu que os genes organizadores que programam o desenvolvimento neural são altamente conservados na evolução e esses mesmos genes, são expressos em todos os animais invertebrados e cordados (SARNAT, 2002; GHYSEN, 2003).

Analisando a embriogênese dos diferentes grupos dos vertebrados observa-se fases semelhantes quanto ao desenvolvimento do sistema nervoso (DALGALARRONDO, 2011).

O sistema nervoso do ser humano, inicia sua formação na terceira semana gestacional e só tem o ápice do seu desenvolvimento no final da infância, com seu contínuo uso até a morte do indivíduo, ou morte cerebral (BETHLEHEM, 2022). Ele se forma a partir de uma dilatação anterior ao tubo nervoso que se diferencia em prosencéfalo, mesencéfalo e rombencéfalo. Do prosencéfalo desenvolve-se o telencéfalo e o diencéfalo, o mesencéfalo prossegue e o rombencéfalo diferencia-se em metencéfalo e mielencéfalo. Todas as regiões do encéfalo de um adulto derivam dessas previamente mencionadas. O restante do tubo nervoso formará a medula espinhal (AMABIS e MARTHO, 2006).

Vale ressaltar que dentre os metazoários, os seres humanos são aqueles que mais tempo ficam com a prole. O cuidado com o sistema nervoso de um ser humano não se resume ao período gestacional, mas ao longo da vida inteira. A infância e a adolescência devem ser assistidas por boas práticas, brincadeiras, interações, estímulos à linguagem ou vocalização, criatividade e raciocínio lógico (BETHLEHEM, 2022). Tudo isso irá promover o desenvolvimento pleno do indivíduo, atrelado às condições de sobrevivência e restauro celular.

A partir da vida adulta, um período cheio de novos desafios e, no caso do homem, preocupações que a sociedade acaba impondo, são verificados. Portanto, continuar fazendo atividades físicas individuais e coletivas podem mitigar danos como depressão, ansiedade, estresse entre outros transtornos comuns na atualidade (COSTA e SOARES, 2007).

Importante ressaltar, que a potencialização do desenvolvimento do córtex cerebral alcança seu ápice na infância, estimulado pelo simples brincar, comprovado em estudos com

seres humanos (BETHLEHEM, 2022) e ratos (CARDOSO e SABBATINI, 2000). Segundo Cardoso e Sabbatini (2000), os ratos que interagiram com brinquedos apontam maior espessura do córtex cerebral, incluindo aumento expressivo de ramificações dendríticas e suas intercomunicações quando comparados aos ratos que ficaram sem brinquedos ou vivendo isolados.

Neste contexto, observa-se a necessidade de interações sociais e das brincadeiras para aumentar a plasticidade cerebral. 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 consumo de drogas, sejam elas lícitas e ilícitas.

1.3.1 Neurônio: unidade básica do Sistema Nervoso

A célula nervosa é formada pelo corpo celular (região onde localiza-se o núcleo), dendritos (região responsável por receber os estímulos) e o axônio (um prolongamento longo). O axônio por sua vez, quando revestido de lipídeos (bainha de mielina) conduz o impulso com maior eficiência (BARTOSZECK, 2021). Esta mielinização dos neurônios possibilita um controle extremamente fino dos movimentos (RUGGIERO, *et al.* 2011).

Há um maquinário biomolecular complexo na membrana plasmática dos neurônios para receber estímulos nos dendritos e para enviar neurotransmissores na terminação da célula nervosa. Estes, quando super estimulados, podem induzir a morte dos neurônios por excitotoxicidade (RUGGIERO, *et al.* 2011).

O espaço entre a porção terminal do neurônio, com a liberação de neurotransmissores, e os dendritos do próximo neurônio, que recepcionam estas substâncias chama-se fenda sináptica, ou seja, local onde ocorre a sinapse nervosa (BARTOSZECK, 2021).

O impulso elétrico acontece quando os dendritos, o corpo celular e em alguns casos até o axônio recepcionam algum estímulo que pode atingir um limiar (milivolts), assim será transformado em impulso elétrico. Este impulso é conduzido de neurônio para neurônio até chegar em seu alvo (BARTOSZECK, 2021).

A troca de informações entre os neurônios é passível de constantes modificações, até mesmo no encéfalo de um ser humano adulto. Estes circuitos neuronais podem enfraquecer ou

fortalecer suas interações sinápticas, fenômeno conhecido como plasticidade sináptica (RUGGIERO, *et al.* 2011).

O grupo bilateria (todos os metazoários com simetria bilateral) foi acompanhado pela cefalização e seus neurônios passaram a expressar alguns neurotransmissores como eolinérgicos, dopaminérgicos, serotoninérgicos, noradrenérgicos, entre outros, sugerindo parentesco por possuírem tais receptores em comum (RUGGIERO, *et al.* 2011). Vale ressaltar que segundo Bartoszeck (2021), os vermes e os humanos produzem em suas sinapses nervosas, neurotransmissores em comum como a noradrenalina, glicina, serotonina, ácido gama-aminobutírico e glutamato.

1.4 Sistema Nervoso sob a ótica evolutiva

O percurso evolutivo do sistema nervoso, assim como outros sistemas, não deve ser imaginado como algo linear, como se partisse do menos complexo para o mais complexo, mas sim, que todos obtiveram êxito dentro do ambiente em que vivem, caso contrário foram ou serão extintos (RIDLEY, 2006).

Este percurso deve ser imaginado como uma frondosa árvore, onde cada ramificação de galhos e raízes pode conter elos e muitos deles, ainda desconhecidos. Cada ser vivo é importante no contexto ao qual está inserido, mesmo que ainda não saibamos.

Depois de muitos estudos da biodiversidade quanto à evolução do sistema nervoso, podemos apontar que a célula nervosa quase se manteve a mesma nos diferentes grupos dos metazoários, o que mais os diferencia é o incrível número de interligações (SCHIMIDEK e CANTOS, 2008).

Também vale ressaltar os avanços da biologia molecular, que conseguiu apontar genes compartilhados entre metazoários que coordenam a localização de órgãos ou estruturas anatômicas (SARNAT, 2002; GHYSEN, 2003).

O sistema nervoso dos seres humanos é o modelo mais utilizado para estudo, na maioria dos livros utilizados pelos professores da rede estadual de São Paulo, podendo ou não ser apresentado junto com o sistema locomotor, endócrino ou os órgãos dos sentidos. Esta divisão, meramente didática, traduz uma visão fragmentada e que novamente irá trazer dificuldades para o estudante transpor o sistema nervoso organizando os outros sistemas e mais ainda, sob a ótica evolutiva.

Nestes livros utilizados pelos professores, o tema sistema nervoso é apresentado com suas divisões sendo sistema nervoso central e periférico, meras subdivisões, com as estruturas

que fazem parte e suas respectivas funções. Depois seguem explicando sobre o neurônio e a sinapse nervosa (caso este assunto já não tenha sido abordado no estudo dos tecidos, especificamente do tecido nervoso). Também sobre o arco reflexo e algumas patologias.

Deste modo, fica difícil o estudante compreender como estão os outros cordados neste contexto, qual a importância dos primeiros agrupamentos celulares nos invertebrados, como os estágios embrionários são importantes para o desenvolvimento do indivíduo, qualquer que seja a espécie.

1. 5 Uma abordagem investigativa

Para apresentar um material de caráter investigativo faz-se necessário que os estudantes tenham valorizados seus conhecimentos prévios sobre o tema, envolve por parte do docente e do discente planejamento e organização metodológica de coleta e de interferência de dados, realização de análises, estruturação e comunicação de resultados (BITTENCOURT, 2020; TAHA, 2020).

Segundo Freire (1996) e Moran (2013), é importante valorizar os conhecimentos prévios dos alunos, partindo daquilo que eles já sabem/ conhecem, conduzi-los a outros mundos e surpreendê-los através de estratégias diferentes, com um planejamento e materiais que possibilitem flexibilizações.

Quando há uma questão desafiadora, os alunos sentem-se instigados a responder e/ ou a pesquisar sobre, eles precisam sair da posição de receptores passivos de informações para tornarem-se protagonistas do seu próprio aprendizado. Devem ser motivados a levantar hipóteses e que lhes sejam oportunizadas condições de pesquisar ou experimentar, tornando-os mais criativos na resolução de problemas. É importante que estas questões desafiadoras, sejam possíveis de serem especuladas, levando em conta o perfil da turma, série, idade e até necessidades especiais. Sobretudo, o professor deve ter domínio do conteúdo para conduzir a turma em caminhos férteis de posteriores discussões.

Levantadas as questões problematizadoras, surge a possibilidade das argumentações que são muito valiosas e devem ser sempre estimuladas (CAPECCHI e CARVALHO, 2000), possibilitando ao jovem organizar suas ideias, verbalizá-las e, quando refutado, promover novas articulações cognitivas para continuar argumentando até esvaziar-se da sua razão. Kuhn (1993) aponta a lógica da argumentação, como algo essencial para a compreensão da Ciência, por aproximá-los da forma de pensar dos cientistas.

Depois de tantas indagações e hipóteses, se faz necessário buscar na teoria ou nas experimentações a fundamentação, concordando, aprimorando ou refutando as diversas questões levantadas. Uma pesquisa bem orientada, profunda e motivada por desafios pode trazer informações surpreendentes. Nesse sentido, o professor deve estar à disposição para auxiliar e orientar sempre que solicitado.

Ressalta-se que, experienciar é colocar os alunos em situações provocadoras, fornecendo subsídios para construírem seus caminhos alcançando seus objetivos (BACICH e MORAN, 2018).

Diante do exposto, o professor deve ser um mediador e motivador para, quando necessário, assistir os alunos que apresentarem dificuldades em encontrar caminhos, assim como na interpretação de termos técnicos. Segundo Nunes (2013), quando surgem muitos termos técnicos incompreendidos em um mesmo assunto abordado em sala de aula, há chances de os estudantes apresentarem dificuldades e até mesmo desmotivarem-se. Sendo assim ressalta-se a importância e o cuidado que o professor deve ter durante a escolha de livros didáticos e paradidáticos. Usando a perspectiva dos alunos, textos muito complexos e com vocabulário muito rebuscado podem distanciá-los da pesquisa de informações, motivando-os a procura por informações menos confiáveis mas com linguagem mais simples e que eles compreendam.

Freire (1996) postula que o saber não é transferir conteúdo, todavia criar possibilidades para sua construção e para isso os professores devem instigar seus alunos.

Após as pesquisas para aquele tema, devem ser conduzidas as discussões e as argumentações fundamentadas na teoria e análise dos dados obtidos. Momento de extrema importância, no qual cada estudante traz à luz a sua interpretação sobre suas descobertas e através destes resultados, é possível convencer-se daquela teoria ou então, descortinar inconsistências e contradições. Nestas últimas, os caminhos serão refeitos para análise do erro e planejadas novas rotas, assim como os cientistas trabalham. Segundo Schoroeder (2007), desde pequenas as crianças deveriam ser estimuladas a refletir, propor ideias e apresentá-las de maneira clara. Todos os conceitos apresentados acima apontam o método científico como uma estratégia investigativa e por si só, desafiadora.

Nesse sentido, esta dissertação elaborou um material que aproxima o estudante da produção científica, porém com uma linguagem mais acessível e similar as chaves de identificação dicotômicas usadas na botânica e zoologia, pelas quais o pesquisador vai percorrendo as páginas dos livros de acordo com a observação de características identificadas até chegar à espécie em questão ou até uma nova espécie. Logo, neste modelo de livro jogo, o

estudante torna-se protagonista e “pesquisador” e, ao invés de chegar à espécie como nas chaves de identificação, eles percorrem pela evolução dos principais representantes dos metazoários e suas importantes aquisições no sistema nervoso, constatando que inicialmente eram células nervosas e não propriamente formavam tecidos em organismos mais simples até chegarem a ideia da formação de tecidos complexos como o sistema nervoso dos hominídeos.

1.6 Justificativa

A correlação das modificações do sistema nervoso ao longo da evolução é outra área problemática. Muitas vezes, os alunos têm dificuldade em entender como as estruturas neurais se desenvolveram ao longo do tempo e como essas mudanças estão relacionadas às diferentes espécies. Essa falta de compreensão pode dificultar a contextualização do conhecimento e a aplicação prática dos conceitos estudados.

Diante desses desafios, foi desenvolvido um livro jogo que integra informações sobre o sistema nervoso de forma lúdica e interativa. Ele foi projetado para engajar os alunos de maneira mais eficaz, proporcionando uma experiência de aprendizado mais envolvente e significativa. Ao invés de simplesmente apresentar os conceitos de forma linear, o livro jogo permite que os alunos explorem o tema sistema nervoso de maneira ativa, por meio de situações problemas ou leituras que devem ser discutidas entre pares, assim como a escolha das hipóteses.

Ao longo das páginas do livro jogo, os alunos encontrarão informações detalhadas sobre conteúdos de anatomia e fisiologia do sistema nervoso, bem como sobre sua evolução em diferentes seres vivos. Essas informações foram apresentadas sob a forma simples e direta de alguns textos, tabelas, gráficos, imagens, entre outros. Além disso, o formato interativo escolhido incentiva os estudantes a se concentrarem e a participarem ativamente do processo de aprendizado, aumentando sua motivação e interesse pelo tema.

Acreditamos que o desenvolvimento deste livro jogo pode ser uma ferramenta eficaz para superar as dificuldades enfrentadas pelos alunos no estudo do sistema nervoso. Ao tornar o aprendizado mais dinâmico e envolvente, esperamos promover uma compreensão mais profunda e duradoura do tema, preparando os alunos para enfrentarem os desafios acadêmicos e profissionais relacionados à neurociência e áreas afins.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral:

Produzir um livro jogo desafiador que permita ao estudante investigar a evolução do sistema nervoso nos diferentes metazoários, inspirado nos sistemas de identificação dicotômicos, usados na botânica e zoologia para identificar espécies novas ou já catalogadas.

2.2. Objetivos específicos:

- Levantar dados que possibilitem nortear a forma mais interessante de apresentar o material de leitura sobre a evolução do sistema nervoso nos metazoários para jovens que cursam o Ensino Médio;

- Pesquisar, através da bibliografia existente, as características mais relevantes para os estudantes do Ensino Médio, sobre a evolução do sistema nervoso nos metazoários;

- Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema;

- Apresentar o material para os estudantes, impresso, objetivando avaliar a viabilidade de seu uso como estratégia didática e,

- Realizar os ajustes necessários no livro jogo.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

Este estudo foi desenvolvido pela metodologia pesquisa-ação seguindo basicamente o ciclo da identificação do problema, planejamento de uma solução, sua implementação, seu monitoramento e a avaliação de sua eficácia envolvendo neste processo o pesquisador e o pesquisado (TRIPP, 2005).

Foi utilizada metodologia mista, ou seja, qualitativa e quantitativa, fornecendo dados que se complementam, permitindo priorizar uma ou ambas as formas de análises, de acordo com a necessidade da pesquisa (CRESWELL, 2007).

A análise qualitativa se dá quando há uma investigação do indivíduo como um todo, seus interesses, sua formação familiar, acadêmica e social interferindo em cada resposta pós estímulo. A análise se faz plural tentando expor todo o contexto do estudante e suas particularidades, através da máxima observação e múltipla coleta de dados (geralmente dados abertos para tentar compreender o máximo possível daquele indivíduo).

Já a análise quantitativa visa trazer informações mais objetivas sobre as comparações dos grupos, apontando números e percentuais, a análise de respostas abertas a partir de critérios pré-estabelecidos, no caso de respostas objetivas quantos alcançaram o objetivo.

3.2 Local e público-alvo

Este trabalho foi aplicado na Escola Estadual Ermano Marchetti, localizada na zona oeste na cidade de São Paulo, em um bairro majoritariamente residencial com pequenos comércios no entorno. A maioria dos estudantes moram próximo da escola e têm vínculo afetivo com a mesma, seja porque a maioria dos familiares já estudaram lá ou, pelos projetos desenvolvidos durante a pandemia e antes dela.

Esta escola disponibiliza aulas de Ensino Médio nos períodos matutino e noturno e para o Ensino Fundamental II no período vespertino. O período da manhã e tarde são os mais movimentados com cerca de 1700 alunos por período.

O prédio é composto do térreo com pátio amplo, cantina, refeitório, duas quadras esportivas, uma sala de aula, banheiros, laboratório (em reforma) e biblioteca. No primeiro andar há 7 salas de aula, sala de informática equipada e funcionando, sala da gestão e

secretaria, no segundo andar há 9 salas de aula, sala dos professores e salas menores para documentos/ materiais e banheiro para funcionários. Todas as salas de aulas são amplas, com mesas e cadeiras para todos os alunos, mesa e cadeira para o professor, quadro branco, projetores, televisores, acesso à internet e livros da disciplina que ocupa aquele espaço (sala ambiente).

O corpo docente é formado, majoritariamente, por professores efetivos, lotados há muito tempo na escola, alguns professores são categorias F e O (contrato emergencial). O grupo é unido e motivado a projetos sempre acompanhados da coordenação.

O grêmio é muito participativo, há alunos que movimentam a rádio que funciona nos intervalos e nos eventos.

No período matutino, no Ensino Médio, com idades entre 15 e 18 anos, foco deste trabalho, a maioria dos alunos não trabalham, dedicam-se aos estudos e tarefas domiciliares para ajudar a família, têm um interesse moderado nas atividades escolares. O índice de alunos faltosos ou desistentes é mínimo.

O período da tarde, no Ensino Fundamental II, conta com crianças e adolescentes de 10 a 15 anos, mais envolvidos e motivados nas atividades escolares, muitos ajudam seus responsáveis com tarefas da manutenção da casa e no cuidado com os irmãos, não são faltosos e geralmente não desistem.

O Ensino Médio noturno, concentra jovens de maior variedade etária entre 15 e 21 anos, que precisam trabalhar e/ou fazem cursos no contra-turno para aprimoramento profissional. Muitos ajudam financeiramente em casa, não apresentam grande motivação em estudar e se envolver nas atividades escolares.

3.3 Levantamento de dados para a produção do livro jogo

Através de formulário impresso, foi traçado o perfil destes jovens (LANZI *et al.* 2012).

O formulário continha perguntas sobre idade, escolaridade e interesses nas diversas áreas do conhecimento, atividades de lazer, gostos para as diversas artes, tempo gasto em atividades ao longo do dia, condições sociais e econômicas (Anexo 1).

Este perfil apontou caminhos para montar um material mais atraente e desafiador, principalmente porque o produto refere-se a um livro paradidático e que, segundo Sanfelici e Silva (2015), nem todos os adolescentes se interessam pela leitura. Aumentando o desafio

deste trabalho, na tentativa de atrair jovens para abrir o livro, decidir qual hipótese optar, sendo o principal protagonista do seu aprendizado no tema proposto (Anexo 5).

Vale ressaltar que a ideia do livro jogo, foi justamente trazer os jovens para a leitura, que segundo estudos é o melhor caminho para uma educação de qualidade fornecendo subsídios cognitivos extremamente importantes para maior autonomia e os ajudando em todos os âmbitos da vida (SANTOS, *et al.* 2021 e PIMM, 2002).

3.4 Revisão de literatura para a construção do livro

A partir da análise de algumas coleções indicadas para o componente de ciências da natureza para o ensino médio e comparando este material com os documentos oficiais que orientam a BNCC (2018) foram elencados os conceitos e fenômenos mais importantes que envolvessem o sistema nervoso dos metazoários e se possível combinados à evolução.

Esta combinação do sistema nervoso dos metazoários sob a ótica evolutiva quase não há, e quando existente, em poucos textos dentro das obras analisadas, não apresenta uma cronologia ou alguma possível ligação entre os grupos dos metazoários.

Por este motivo, se fez necessário buscar em literatura mais específica e em diversos artigos científicos as passagens evolutivas que já conhecemos, organizá-las e colocá-las de forma mais acessível aos estudantes.

Muitas leituras foram fundamentais para a construção das situações problema e das hipóteses, mas quatro delas apresentaram maior potencialidade para o desenvolvimento das páginas do produto pela riqueza de informações, o apontamento das dúvidas e lacunas nos estudos sobre a evolução do sistema nervoso, sendo elas:

1. ***Evolução do Sistema Nervoso, especialização hemisférica e plasticidade cerebral: Um caminho ainda a ser percorrido.*** - Segundo Schmidek e Cantos (2008), ainda não totalmente elucidado, mas de extrema importância, apresenta algumas evidências dos percursos evolutivos do sistema nervoso dos vertebrados até chegar na complexidade dos seres humanos. Estudos nesta área podem ajudar a elucidar sua plasticidade, patologias, síndromes, motivação e o uso abusivo de drogas e suas ações, a tomada de decisões e quem sabe até compreendermos melhor ou prever a personalidade, principalmente aquelas que atentam contra a vida. Estes materiais devem chegar até os estudantes, para que sintam-se estimulados a pesquisar as várias lacunas evolutivas.

2. **"*The brain of the planarian as the ancestor of the Human Brain*".** Segundo Sarnat e Netsky (1985) a origem da complexa organização e plasticidade do encéfalo dos

vertebrados ainda é um enigma. O artigo apesar de antigo ainda não tem sua problemática totalmente evidenciada, o que o torna atemporal. Apresenta em suas páginas uma ponte das células nervosas das planárias para os mesmos neurônios dos vertebrados complexos. Interessante porque a planária de água doce é um invertebrado bem comentado nas aulas de biologia e conhecido pelos estudantes, que simpatizam com seu aspecto inofensivo e terno.

3. ***Evolução do Cérebro, Sistema Nervoso, Psicologia e Psicopatologia sob a Perspectiva evolucionista.*** Segundo Dalgalarrondo (2011) o livro contempla uma detalhada leitura sobre a evolução do sistema nervoso de vários metazoários e por ter uma vasta referência de leituras, indica outros artigos e livros para aprofundamento. O autor envolvido como a neurociência e a psicopatologia traz pontos de vistas importantes e intrigantes que auxiliaram na produção de situações problema para os estudantes do ensino médio.

4. "***Cem bilhões de Neurônios?"*** Neste livro intrigante, Lent (2010) traz muitas atualizações da neurociência, também propicia uma leitura aberta, ou seja, o leitor pode ler o capítulo que mais desejar sem uma ordem pré definida, dependendo apenas do seu interesse. Em cada capítulo apresenta outros cientistas da área, assim como a neurocientista Suzana Herculano- Houzel que também contribuiu muito com seus textos para a construção do livro jogo.

3.5 Propriedade intelectual e direito autoral.

A obra foi registrada sob o nº 887.363, livro 1730, folha 92 como propriedade intelectual na Fundação Biblioteca Nacional, possui ISBN (Internacional Standard Book Number), registro de direito autoral, ficha catalográfica e código de barras pela Câmera Brasileira do Livro.

3.6 Formulários avaliativos

Os estudantes foram convidados a responder o formulário em dois momentos, antes e após a aula sobre o tema: a evolução do sistema nervoso nos metazoários, para aferir o quanto foi possível compreender e memorizar o conteúdo, através de duas práticas docentes diferentes, sendo uma, aula expositiva dialogada e a outra, com o uso de metodologia ativa por investigação com a utilização do livro jogo produzido. Ficando evidente a necessidade de ser o mesmo formulário, só assim conseguiríamos quantificar o impacto no aprendizado desses estudantes de duas formas diferentes.

Estes formulários foram cuidadosamente elaborados com questões de nível básico, moderado e avançado, como por exemplo unidade básica de formação do sistema nervoso, localização, como acontece a comunicação entre neurônios, quais são os primeiros metazoários a apresentarem ocelos, gânglios nervosos, encefalização e sua gradual complexidade, linguagem e cognição, órgãos dos sentidos e suas adaptações entre as espécies, entre outras com foco no sistema nervoso e sua evolução.

O formulário inicial (Anexo 1) e o formulário após a exploração do guia (Anexo 2) foram comparados pelos próprios estudantes, no momento final da aplicação, para que eles pudessem observar seu desempenho em suas argumentações, e reconhecessem seus percursos cognitivos quanto ao tema abordado.

O último formulário apresentado, aquele após a utilização do material, foi acrescido de algumas questões para avaliação da qualidade do produto, quanto a linguagem, apresentação gráfica, motivação e sobre os desafios propostos.

Os formulários foram analisados e apresentados na seção de resultados e discussão.

3.7 Aspectos éticos e/ou ambientais

Este projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e à Plataforma Brasil, foi aprovado dia 06/11/2023 sob o número do CAAE 69245623.9.0000.5257 e sob o número do parecer 6.485.666 (Anexo 4), seguindo todas as recomendações da Resolução 466/2012 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2012).

Todos os participantes tiveram acesso às informações do projeto e de todas as etapas da pesquisa, tendo suas participações voluntárias, sendo irrevogável o sigilo e o anonimato, além da desistência assegurada, caso desejem.

A proposta apresentada não oferece riscos aos participantes e pode contribuir significativamente para avaliação deste produto, mantendo, aprimorando ou até corrigindo o material.

3.8 Etapas da aplicação

O processo desde a apresentação até a aplicação do produto e coleta de dados, levou cerca de dois meses, para melhor compreensão o texto foi agrupado em tópicos, como pode ser observado a seguir:

- apresentação da proposta para a gestão da escola e para os estudantes;
- termos de consentimento e;
- divisão dos grupos.

3.8.1 Apresentação da proposta a gestão da Unidade Escolar e aos estudantes

Houve a apresentação da proposta para a gestão da unidade escolar e após a autorização, foram planejadas estratégias para que todos os estudantes tivessem acesso ao tema, participando ou não da aplicação do produto.

Em um segundo momento, os estudantes foram convidados a participar do projeto, quando foi exposto que não era obrigatório, que todos teriam acesso ao tema justamente porque faz parte do currículo paulista, foram apresentadas as etapas da pesquisa e os termos de consentimento que os responsáveis e os próprios estudantes deveriam ler e assinar se quisessem participar.

3.8.2 Termos de Consentimento

A proposta foi apresentada para sete turmas do Ensino Médio, com aproximadamente 40 estudantes em cada, totalizando 280 estudantes. Eles foram informados sobre o projeto, tema, objetivos, justificativa e todo o processo metodológico e destes, 30 estudantes se interessaram e levaram, os termos de consentimento para os responsáveis. Foi informado também que em caso de dúvidas, deveriam entrar em contato com a pesquisadora, através dos números disponíveis nos termos e/ou ainda, ir até a escola e ainda que, poderiam desistir em qualquer etapa, sem qualquer prejuízo, já que o tema da aula está nos documentos oficiais e devem ser contemplados, porém com a metodologia tradicional como descrito nos termos.

Destes, aproximadamente 280 estudantes, 30 se dispuseram a participar e levaram os termos para suas residências, 8 trouxeram os termos preenchidos e assinados. Alguns perderam ou esqueceram de pedir aos seus responsáveis que autorizassem sua participação e a maioria, disse que era muito longo para ler, que seus responsáveis não tiveram tempo e por isso não assinaram.

3.8.3 Divisão dos grupos

Os estudantes foram separados em dois grupos, sendo:

- grupo aplicação: aqueles estudantes que aceitaram participar do projeto, trouxeram os termos assinados e fizeram a leitura total ou parcial do guia.

- grupo não participante da aplicação: todos os outros estudantes que não quiseram ou não puderam participar da aplicação do guia, tiveram aula expositiva dialogada sobre o mesmo tema como previsto nos documentos oficiais.

Todos os estudantes (de ambos os grupos) tiveram acesso às informações centrais do tema sobre evolução e sistema nervoso, do componente curricular de Ciências da Natureza que é previsto no documento oficial, BNCC (2018), porém por práticas docentes diferentes, como pode ser observado no organograma a seguir:

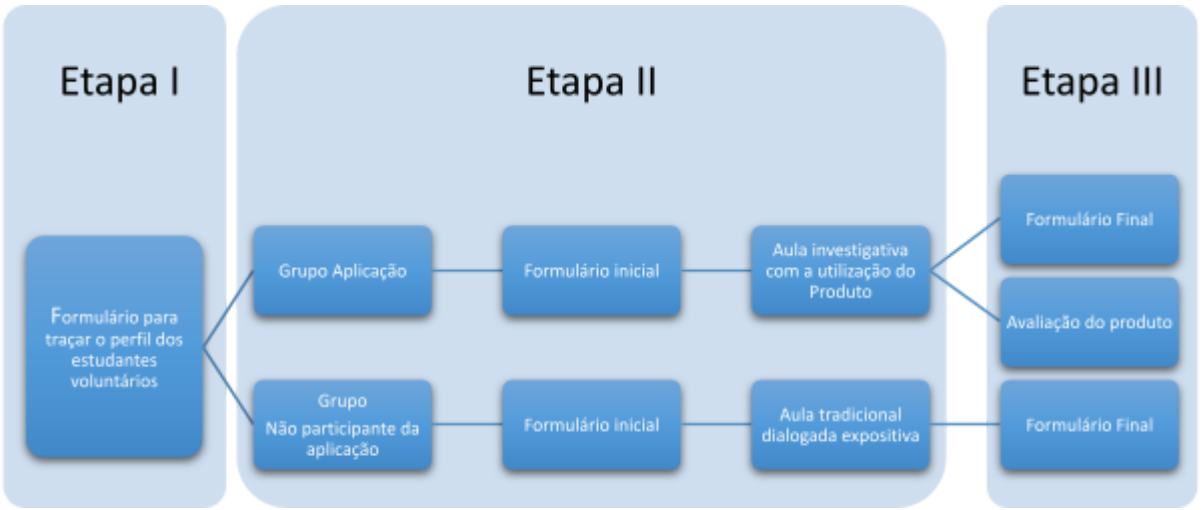


Figura 2: Esquema representativo das etapas de aplicação do livro jogo, indicando os grupos aplicação e não participantes da aplicação.

Etapa I – Tempo utilizado na aplicação para traçar o perfil dos estudantes: 10 minutos

Levantamento dos interesses para a melhor apresentação do material a ser produzido, através de formulário impresso que consta no anexo 1.

Etapa II – Tempo utilizado na aplicação dos formulários iniciais e das aulas sobre o tema: 110 minutos

No período dedicado a cada grupo, o planejamento foi praticamente o mesmo mudando apenas a técnica de como passar a informação, sendo:

1. Questionário coletando o que os estudantes já conheciam sobre a evolução do sistema nervoso com questões de nível básico, moderado e avançado (Anexo 1).
2. Aulas com a utilização do guia para o grupo aplicação e aula expositiva dialogada para o grupo não participante da aplicação.
3. Questionário com as mesmas questões sobre a evolução do sistema nervoso, sendo que quando terminavam de preencher, eram convidados a visitar as respostas do primeiro formulário e compará-las.

Etapa III - Tempo utilizado na aplicação do formulário final: 10 minutos

Os grupos, a partir das duas diferentes metodologias citadas anteriormente, foram convidados a reavaliar os seus formulários iniciais, podendo mudar suas respostas complementando-as ou modificando-as após a elucidação do tema, para posterior análise dos impactos no aprendizado dos estudantes.

Todos os formulários eram anônimos, garantindo uma análise mais precisa e impedindo a identificação de qualquer estudante, evitando assim algum desconforto para o aluno, achando que o professor poderia ficar chateado com suas respostas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção do livro jogo

A ideia inicial era produzir um livro pequeno, anteriormente, chamado de guia de bolso, com a pretensão de contar em poucas páginas a evolução do sistema nervoso em alguns metazoários. Entretanto, na análise atenciosa da literatura existente sobre o sistema nervoso e ainda, fazer isso sob a luz da evolução, ficou evidente que teria que ser algo maior, com alguns recortes neste tema.

Vale apontar que os livros voltados para o Ensino Médio escolhidos pelos professores da rede do Estado de São Paulo e até as próprias apostilas *Aprender Sempre* e *Currículo Paulista*, abordam os temas em capítulos e até em unidades separadas, sendo um para o sistema nervoso e outro para a evolução. Dificultando a compreensão dos estudantes, segundo Bruner (1997) e Mayr (1982) que defendem o estudo de temas biológicos com uma história em curso, no caso a evolução.

Depois dos principais conceitos e evidências selecionadas, com base nos livros oferecidos para escolha dos professores da rede pública do Ensino Médio de São Paulo, foram produzidas as situações problemas e as possíveis hipóteses para que os estudantes percorressem a evolução do sistema nervoso em alguns metazoários. O resultado disso foram aproximadamente 40 páginas do que chamamos de livro jogo com o título: “Uma conversa entre neurônios” (Anexo 5).

Tendo ciência de que o interesse pela leitura não é algo da rotina da maior parte desta geração de estudantes (SAN e SILVA, 2015) e ainda depois de traçar o perfil dos estudantes deste estudo, o desafio aumentou porque já ficava evidente que a adesão poderia ser baixa.

A demora no processo de aprovação pelo Comitê de Ética, enviado para apreciação em 26 de março de 2023, porém com aprovação somente em 06 de novembro do mesmo ano, tornou o tempo para aplicação bastante curto. Somado à morosidade do processo de aprovação (8 meses), a mudança de governo com a implementação de diversas plataformas digitais que fiscalizam os conteúdos aplicados em cada bimestre e a pressão em torno da Prova Paulista, no final do último bimestre do ano letivo, inviabilizou fazer uma reunião com os responsáveis para a apresentação do estudo e entrega dos termos para adesão dos voluntários.

Inclusive a reunião foi uma das sugestões da gestão escolar, tendo ciência da rotina das famílias e de muitos responsáveis não serem totalmente alfabetizados. Entretanto, apesar de todos estes entraves, o livro foi avaliado por 8 estudantes.

4.2 O produto

O produto deste trabalho, foi a produção de um livro paradidático que conduz o estudante leitor, de forma investigativa, pelos diferentes avanços e modificações que o sistema nervoso acumula ao longo da evolução nos diferentes metazoários, assemelhando-se a um jogo de tabuleiro.

O livro tem dimensões de uma revista, com aproximadamente 21,6 x 27,9 centímetros, para maior conforto no manuseio e aproveitamento da página. Protegido por capa dura com poucas informações, ilustração e com o título "Uma conversa entre neurônios" e o nome da autora (Anexo 5).

Após a capa, há a sinopse com o nome dos colaboradores, ficha catalográfica e outros registros, uma carta com o intuito de orientar a leitura e exploração do material, uma tabela com os símbolos e seus significados utilizados no miolo do livro.

Na carta, é exposto que o leitor será desafiado em situações problema que dependem da sua análise e suas percepções, para escolher a hipótese que ele e, se possível, seu par, achar(em) mais coerente. Já seguindo na página indicada pela hipótese escolhida, são apresentados materiais para aprofundamento, com *links* para algumas leituras, áudios, vídeos, gráficos e imagens.

Também houve a tentativa de fazer um apelo visual com diversificadas informações gráficas de boa qualidade.

A grafia que apresenta o número das páginas, foi pensada para ser algo mais despojado do que os livros convencionais, assim como alguns títulos. Localizada na parte superior da página e à direita para facilitar a procura das mesmas dependendo da hipótese escolhida.

Uma redação mais intimista, sugerindo uma conversa com os estudantes, tentando transformar as informações de artigos científicos e livros especializados no tema, em uma linguagem mais acessível para motivar o interesse deles não só pela leitura, mas principalmente, pela evolução do sistema nervoso dos metazoários.

Os elementos citados acima foram utilizados em todas as páginas, diversificando e dinamizando a exploração do guia, com o intuito de tornar a experiência e a interação mais prazerosas.

O livro é desafiador, com perguntas exploratórias e investigativas (situações problema), imagens e tabelas para serem analisadas e assim, o leitor escolhe entre as hipóteses. Quando o estudante acerta a escolha da hipótese, é orientado em como avançar e em qual página seguir, porém quando escolhida a hipótese equivocada, o guia reorienta seu raciocínio com dicas, leituras complementares, vídeos, animações e sugere que o estudante retorne para o passo anterior (problemática inicial), até que ele conclui pela hipótese mais aceita e avance.

A leitura deste material não acontece em ordem crescente (página 1, 2, 3, ...), mas dependendo da hipótese que o estudante julgar mais pertinente e assim, seguir na página indicada para continuidade, perpassando por todo ou quase todo o livro, indo e voltando nas paginações dependendo das pistas e hipóteses escolhidas.

Apesar da exploração deste, não seguir a forma habitual de leitura da maioria dos livros, ao final, o estudante deverá compreender o desenvolvimento do sistema nervoso através da história evolutiva dos principais grupos dos metazoários, sendo que em uma página aleatória, dentro do livro, será apresentada as considerações finais sobre o sistema nervoso dos metazoários e então finalizando o material.

O ideal é que o material seja explorado em duplas ou até trios, possibilitando discussões valiosas na resolução das situações apontadas, estimulando habilidades e competências essenciais para um cidadão consciente e crítico, como o ato de ouvir os vários pontos de vista, comentar aceitando ou refutando com respeito e crescendo junto com todos os envolvidos (LEMOV, 2011).

Neste contexto, o livro paradidático produzido pode ser considerado um livro jogo, no qual os estudantes, preferencialmente em pares, são conduzidos por desafios que os possibilitam escolher e seguir por alguns caminhos (LEMOV, 2011).

Vale ressaltar que independente das hipóteses escolhidas pelos estudantes, ao término do livro, todos terão acessado o conteúdo básico para compreensão da evolução do sistema nervoso dos metazoários, como garantido nos documentos oficiais, na Base Nacional Comum Curricular e no Currículo Paulista.

Segue uma breve descrição dos assuntos abordados no livro, assim como uma pequena descrição do percurso na evolução do sistema nervoso dos metazoários, que os leitores podem fazer ao explorá-lo (livro jogo ou paradidático):

Título da obra: Uma conversa entre neurônios

Marcador de páginas: Um neurônio esquematizado e as principais estruturas.

Situações problema e/ou itens relevantes apontados:

1. **Por que somos tão inteligentes? (página 03)**
    - Temos um crânio maior. (página 10)
    - Temos mais neurônios. (página 07)

A situação problema parece simples mas causa muita curiosidade nos estudantes, levando a discussões interessantes. Nesta página é apresentado o significado da palavra inteligência através do buscador "google" e a pergunta: "Por que somos tão inteligentes?" Solicitando que a dupla ou trio discuta em qual das duas hipóteses seguir, sendo: "Temos um crânio maior" ou "Temos mais neurônios".

Caso a dupla siga na hipótese de ter um crânio maior, na página 10 é comparado o crânio de uma pessoa com o crânio de uma baleia azul através de uma imagem do Museu de História Natural em Londres, levando o estudante a concluir que ter apenas um crânio maior, não será o fator decisivo para aquela espécie ser a mais inteligente. Convidando os estudantes a seguirem para a segunda hipótese.

Na página 07, é apresentada uma tabela com exemplos de alguns seres vivos e o número estimado de neurônios com base em alguns artigos de Herculano *et al.* (2012, 2014 e 2019), Heisenberg (1998) e Collins *et al.* (2016) para comparação e reflexão. Enfatizando que este não seria o único diferencial para caracterizar inteligência e convidando-os a seguir para a página 20.

2. **Somos mais inteligentes porque temos mais neurônios? (página 20)**

O parágrafo inicial leva os estudantes a refletirem sobre as modificações que ocorreram no encéfalo para chegar a esta complexidade, com a pergunta: "Será que nosso encéfalo sempre foi assim?"

A primeira hipótese, afirma que o encéfalo sempre foi assim e o convida para a página 13 onde eles irão ler um pequeno texto que comenta sobre os fósseis, provando que existem modificações ao longo do tempo. Traz a luz, a situação problema de casamentos consanguíneos em um vilarejo ou aldeia, diminuindo o fluxo gênico. Apresenta dados sobre bactérias que hoje são resistentes a antibióticos, porque as mais resistentes sobrevivem e se reproduzem, passando esta característica genética aos descendentes. Nesta página também é apresentada uma ilustração simples do Charles Robert Darwin e um *link* para um vídeo que apresenta a evolução. O vídeo não é obrigatório, mas uma sugestão de aprofundamento. Por fim, solicita que os estudantes retornem a página 20 e sigam pela segunda hipótese. Na segunda hipótese, "Nosso encéfalo foi evoluindo."

Desta forma, o livro segue sua dinâmica de leitura nas situações problemas abaixo apontadas, com textos e elementos gráficos necessários para haver a discussão e então a

escolha da hipótese. Seguindo na página da hipótese escolhida, caso ela esteja coerente os estudantes são direcionados a seguir em frente, caso contrário, mais textos, elementos gráficos e até vídeos para melhor compreensão são oferecidos e, após, sugerido o retorno para seguir na outra hipótese.

3. Complexidade no sistema nervoso. Será que o nosso encéfalo sempre foi assim? (página 20)
    - Sempre foi assim (página 13).
    - Foi evoluindo ao longo do tempo (página 25)
4. Será que o nosso cérebro sempre foi assim? (página 25)
5. Seríamos tão complexos se os nossos órgãos dos sentidos não existissem? O que promove nosso aprendizado ou ainda, como nossas experiências são memorizadas?
6. Qual a importância dos neurônios para os Cnidários? (página 04)
    - Não tem função, são células aleatórias. (página 18)
    - Elas auxiliam na captura de presas, defesa e sobrevivência. (página 11)
7. Mas qual a importância destas células nervosas para os Cnidários? (página 11)
8. As planárias são os primeiros metazoários a apresentarem:
    - Sistema de coordenação em agrupamento de células nervosas. (página 19)
    - Sistema de coordenação ainda difuso como dos Cnidários (página 06)
9. Por que as lulas foram tão importantes neste contexto?
    - Porque são fáceis de lidar e manter em laboratório. (página 17)
    - Porque possuem células nervosas grandes como descrito na imagem, não necessitando de muita tecnologia para serem estudadas. (página 23)
10. Comparando olhos de alguns metazoários, genes compartilhados, evolução dos órgãos dos sentidos. (página 05)
11. Primeiras estruturas capazes de detectar a presença ou ausência de luz. (página 36)
12. Mas como uma célula nervosa informa a outra o que está acontecendo? Como as informações vão sendo conduzidas? (página 28)
13. 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?
    - procurem um especialista em saúde mental como psicólogos, mas que também façam exercícios físicos. (⇨ página 09)
    - procurem um especialista, porque somente a medicação poderá auxiliar essa pessoa. (⇨ página 35)
14. Depressão e rede de apoio. (página 27)
15. Comportamento social sofisticado, … (página 37)

16. 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?
    - Sendo o encéfalo de um rato e de um humano, não é possível fazer comparações porque são seres muito diferentes. (⇨ página 31)
    - 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)
17. Descrição de algumas partes do encéfalo e funções. (página 21)
18. Após a análise o que podemos concluir?
    - 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)
    - O desenvolvimento do córtex cerebral não está ligado ao estágio inicial do desenvolvimento e nem às suas vivências nesse período. (Sigam na ⇨ página 33)
19. Importância do cuidado no desenvolvimento do bebê, … (página 12)
20. Qual seria a melhor hipótese para os metazoários apresentarem sistemas nervosos cada vez mais complexos?
    - Não há relação alguma entre o sistema nervoso dos diferentes metazoários. (Sigam para a ⇨ página 29)
    - A necessidade de busca mais ativa (predação) na captura de alimentos e sobrevivência. (Sigam para a ⇨ página 32)
21. Discussão sobre hominídeos e chimpanzés. (página 26)
22. Formação do sistema nervoso do humanos. (página 15)
23. Por que não somos todos chimpanzés? Ou ainda, por que todos os chimpanzés que existem não são humanos? (página 22)
24. Análise do desenvolvimento cognitivo dos hominídeos. (página 30)
25. Epigenética, novas reflexões… (página 34)
26. Considerações finais.

O organograma representado abaixo (Figura 1) sintetiza todas as situações problemas apresentados no livro jogo.

Figura 1: Organograma sintetizando as situações problemas apresentadas no livro jogo.

4.3 Aplicação do livro jogo

A proposta foi apresentada para 280 estudantes do Ensino Médio, destes apenas 30 se voluntariaram a participar. Os termos (para os tutores e para os estudantes) foram entregues, solicitados que ambos fizessem a leitura, se necessário esclarecessem possíveis dúvidas e então, se estivessem de acordo, assinassem para efetivar a participação.

Dos 30 estudantes que se ofereceram para participar e levaram os termos, apenas 8 preencheram e assinaram.

Vale ressaltar que alguns perderam os termos, solicitaram novas cópias, mas o período disponível para a aplicação, duas semanas de novembro de 2023, com apenas duas aulas na semana por turma, foi muito pouco tempo para viabilizar a participação destes. Outros, não trouxeram os termos assinados, argumentando que os pais não tiveram tempo para ler ou ainda que esqueceram de assinar, inviabilizando sua participação.

A gestão da Unidade Escolar, entendendo a importância da proposta, sugeriu uma reunião no início do ano posterior, com uma apresentação da pesquisadora para esclarecimentos e entrega dos termos, possibilitando uma maior adesão.

Os resultados obtidos de cada uma das etapas estão descritos abaixo para promover uma discussão mais aprofundada e ainda separadas em dois grupos:

- Grupo aplicação e
- Grupo não participante da aplicação.

4.3.1 Etapa I – Perfil dos estudantes

O perfil dos estudantes foi traçado a partir da aplicação do formulário que consta no Anexo 1 e foi usado para a elaboração do livro paradidático, tentando realçar características importantes para motivar os nativos digitais na exploração do livro. Segundo Lanzi *et al*. (2012) é necessário usar instrumentos para identificar o perfil dos adolescentes quando se pretende desenvolver algo voltado para eles.

<u>Grupo aplicação:</u>

O formulário deste grupo apontou que a maior parte era do sexo feminino (6 voluntárias e 2 voluntários), com 15 ou 16 anos, cursando a primeira ou a segunda série do Ensino Médio com bom ou ótimo rendimento escolar. Foram manifestadas, como disciplinas preferidas biologia em primeiro lugar, matemática e história ambas em segundo lugar.

Eles expuseram que usavam o celular em média por 3 horas/dia, nas redes sociais, ouvindo música e/ou lendo nas horas livres. Não quiseram responder quais redes sociais ou aplicativos mais utilizavam.

A maioria destes estudantes gostam de ler livros sobre romance, escolhem seus livros pela sinopse, opinião de outros leitores ou que tenham algo instigante. Compram livros nas livrarias ou sebos e baixam na internet. Constatou-se que há prazer em estudar e já é projetado algum desejo para a graduação.

Grupo não participante da aplicação:

A maioia do sexo masculino, com 15 ou 16 anos, cursando a primeira ou a segunda série do Ensino Médio com rendimento escolar de satisfatório a regular. Apontou como disciplinas preferidas educação física, português e história.

Eles usavam o celular muito mais que por 3 horas/dia, nas redes sociais, jogando, ouvindo música e assistindo vídeos. Muitos não quiseram responder quais redes sociais ou aplicativos mais utilizavam, mas aqueles que responderam apontaram como “tik tok”, “instagram” e “whatsapp” os principais aplicativos acessados.

A maioria destes estudantes não gostam de ler livros e nem se interessam pelos estudos, disseram que estudam porque são obrigados e não pretendem ou não sabem o que farão quando terminarem o Ensino Médio.

4.3.2 Etapa II – Aulas ministradas com e sem a aplicação do produto

Discussão sobre os resultados obtidos nos formulários iniciais comparado-os com os formulários após exploração do livro ou aula expositiva dialogada.

Grupo aplicação:

O primeiro problema que surgiu foi a assinatura dos termos de consentimento. Alguns esqueceram e pediram várias cópias. Outros estudantes não trouxeram, apontando a falta de

tempo ou entendimento dos responsáveis e demonstraram desapontamento em não poder participar deste estudo.

Neste contexto, foram revisitados os formulários que traçaram o perfil dos estudantes, observando-se a falta de tempo dos responsáveis legais, com famílias onde há apenas um responsável pelo orçamento familiar, com trabalhos físicos pesados, percursos longos da residência ao trabalho e ainda responsáveis pelos filhos (geralmente mais de um), alimentação e organização da casa, assim como a baixa escolarização. Logo, pôde-se atribuir ao Termo de Consentimento, um dos motivos da baixa adesão.

O segundo motivo, seria que a leitura não é uma atividade muito comum na geração atual. O desinteresse pela leitura é notório. As redes sociais, os sites, os aplicativos e os games trazem um apelo visual e sonoro mais estimulante e um sistema de recompensa mais eficiente a curto prazo no encéfalo. Podemos destacar também que o hábito da leitura também não é frequente nas famílias brasileiras.

Isso fica evidente quando observamos os estudantes fazendo provas longas, que exigem leitura e concentração, geralmente apresentam desinteresse. Junto com esta desmotivação pela leitura, nota-se a impaciência ou falta de concentração em atividades que demandam muito tempo. Também foram estes os motivos que levaram ao desenvolvimento do livro jogo, apresentando uma forma de leitura diferente, sendo desafiador e motivante, para ser lido e resolvido em duplas ou trios, havendo discussão, engajamento e o poder de decisão.

No questionário inicial, aquele aplicado antes da exploração do livro, fica claro que muitos lembram corretamente ou vagamente sobre os neurônios e o esquematizam (com alguns equívocos), quanto ao cérebro, a maioria não lembra ou não sabe a diferença entre encéfalo e cérebro, confundindo as terminologias. Quando abordado sobre o sistema nervoso central conheciam o termo mas não conseguiram explicar muito a respeito. A maioria não acredita em evolução e pior, ouviram alguém dizendo que “viemos dos macacos”.

Quando questionados por que somos tão inteligentes, responderam que “temos o poder do conhecimento”, “nos desenvolvemos mais que outros” ou apenas pelo “acúmulo de conhecimento”.

Durante a exploração do livro, apesar de poucos terem concluído a leitura, era notória a discussão entre as duplas, até a competição saudável com falas como “eu disse que era a outra hipótese”, a maioria das duplas que não terminaram de ler disseram “é muito legal, mas estou cansado de pensar” ou “queria saber o restante, mas estou cansado” ou “é muito diferente, interessante, você vai para uma página, depois volta, depois vai lá pra frente de

novo", deixando evidente que a dinâmica montada é estimulante, mas é muita informação que precisa de atenção, logo, a maioria cansa.

Não houve interferência quando a dupla ou trio entregava o material e dizia que era legal, mas estavam cansados e, se poderiam terminar outro dia.

O questionário final, foi aplicado no dia seguinte a pedido dos próprios alunos, que falaram estarem "exaustos de pensar". Na aplicação, mesmo no dia seguinte, nota-se um ótimo entendimento sobre os neurônios como unidade fundamental do sistema nervoso, assim como suas partes e brevemente o que envolve a sinapse nervosa.

Vários estudantes apontaram como situações curiosas, pensar que somos mais inteligentes por termos um encéfalo grande, mas depois entenderam que outros metazoários apresentam encéfalos ainda maiores e nem por isso tinham uma cognição como a nossa. Apontaram também, como curioso, o tamanho da célula nervosa das lulas, os olhos dos insetos e suas complexas relações sociais. Alguns não chegaram em cordados.

Grupo não participante da aplicação:

Questionário inicial comparado com o questionário após a aula expositiva dialogada.

Não houve fixação de muitas informações, já que os estudantes perdem a concentração rapidamente quando o professor mantém um discurso muito longo. Isso ocorre mesmo quando apontadas questões simples no meio da explicação, para chamar atenção deles e os motivar a participar da aula. Eles pedem para repetir, porque não estavam prestando atenção. Se a questão for mais elaborada, pedem para repetir mais de uma vez. Alguns até tentam responder as perguntas mais fáceis e geralmente acertam, já as perguntas mais difíceis, às vezes, nem com pistas, eles alcançam os objetivos.

Assim como o outro grupo, eles foram orientados a não consultar, porém muitos pediram e até tentaram pegar o celular escondido para responder. Era visível o desconforto por entregar várias questões em branco.

Este grupo grande é o perfil de muitos jovens que estão nas escolas públicas, cursando o Ensino Médio, pode-se atribuir essa falta de concentração aos hiper estímulos causados pelas tecnologias, assim como a impaciência acentuada, em tentar responder com qualquer informação.

Nota-se ainda, a passividade em receber informações através de várias vias em seus aparelhos celulares, sem muita ou nenhuma análise crítica, suspeita de fraude ou julgamento. Chama a atenção a alta vulnerabilidade deste grupo.

4.3 Discussão geral

Jorde (2009) aponta quatro características para definir o ensino de Ciências por investigação, sendo: aprendizagem baseada em problemas, experimentações indicando a busca de informação, atividades autorreguladas (autonomia do estudante), comunicação e argumentação. Todos os processos citados estão na leitura do livro jogo, algumas mais evidentes que outras, permeando em diversos níveis de complexidade (fácil, moderado e avançado).

Já Jimenez-Alexandre e Fernández-Lopez (2010), apontam que o ensino por investigação é aquele que promove o desenvolvimento de processos associados à produção científica, especificamente, produção, validação e comunicação, todos contemplados no livro jogo.

A importância de um ensino investigativo sobre a evolução do sistema nervoso de metazoários reside em sua capacidade de promover uma compreensão mais profunda e contextualizada da biologia comparativa. Ao explorar as origens e desenvolvimento do sistema nervoso em organismos primitivos como os metazoários, os estudantes podem adquirir conhecimentos cruciais sobre os princípios fundamentais da neurobiologia (RIBAS, 2006; DALGALARRONDO, 2011; BARTOSZECK, 2019 e 2021). Além disso, essa abordagem permite que os alunos compreendam melhor a relação entre a estrutura e a função do sistema nervoso em diferentes espécies, fornecendo uma base sólida para estudos posteriores em biologia evolutiva e neurociência (DETHIER, 1973; SCHMIDEC e CANTOS, 2008; BARTOSZECK, 2019) .

Ao adotar uma abordagem investigativa para o estudo da evolução do sistema nervoso em metazoários, os alunos também desenvolvem habilidades essenciais, como pensamento crítico, resolução de problemas e análise de dados. Através da observação direta e da análise de evidências científicas, eles aprendem a formular perguntas pertinentes, projetar experimentos e interpretar resultados. Essas habilidades são inestimáveis não apenas no campo da biologia, mas em diversas áreas da ciência, preparando os alunos para enfrentar os desafios complexos do mundo moderno (LEMOV, 2018).

Além disso, um ensino investigativo sobre a evolução do sistema nervoso de metazoários pode despertar o interesse dos estudantes pela ciência, incentivando-os a explorar carreiras em áreas relacionadas. Ao envolvê-los ativamente no processo de descoberta e pesquisa, os educadores podem inspirar uma paixão duradoura pelo estudo da vida e do

mundo natural. Dessa forma, o ensino investigativo não apenas aprimora o entendimento acadêmico, mas também estimula curiosidade.

Introduzir o livro jogo como uma estratégia de ensino se apresenta como uma abordagem altamente eficaz para facilitar a compreensão de conceitos complexos (LIMA *et al*. 2021), como a evolução do sistema nervoso de metazoários. Ao transformar o processo de aprendizagem em uma experiência interativa e envolvente, os alunos são incentivados a participar ativamente da exploração do conteúdo. Essa abordagem não apenas torna o conteúdo mais acessível, mas também estimula o pensamento crítico e a resolução de problemas, à medida que os alunos enfrentam desafios simulados e tomam decisões (BNCC, 2018). Além disso, o aspecto lúdico do livro jogo aumenta a motivação intrínseca dos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais prazeroso e memorável a longo prazo (LEMOV, 2011).

Apesar dos obstáculos, os alunos que se voluntariaram, gostaram de "jogar o livro" e mais ainda, se divertiram durante a leitura. Eles realmente discutiram as situações para a escolha das hipóteses e fizeram isso juntos, trazendo a importância do compartilhamento dos saberes e a colaboração mútua. Foram ativos em todo o processo, assegurando que o ensino por investigação através da leitura pode ser um forte aliado às práticas docentes (CAPECCHI e CARVALHO *et al.* 2000; BRITO, 2012 e LEMOV, 2011).

O produto apresentado traz situações problemas com níveis variados de complexidade (fácil, médio e avançado) enfatizando que ofertar situações de aprendizagem fundamentadas em experiências ricas, com estímulos intelectuais pode promover a ativação de novas sinapses, aumentam a plasticidade neural. Uma situação problema pode gerar a desordem necessária para o aprendizado, pois o estudante terá que reorganizar suas ideias através de estratégias cognitivas para retomar a ordem na construção do conhecimento (DEMO, 2005).

Este estudo também revelou preocupação com os estudantes, que passaram muitas horas fazendo o uso dos seus aparelhos celulares, ficando a mercê da hiper estimulação promovida pela tecnologia e ainda que o sistema de recompensa de seus encéfalos, em desenvolvimento, tendem a aprisioná-los neste ciclo de informações rasas, vaidades desnecessárias como o consumismo exagerado, futilidades e até situações perigosas (PHEULA e SOUZA, 2016).

Neste sentido, faz-se necessário (re-)conectar os jovens com a leitura, estimulá-los neste processo através de uma diversidade de obras, gêneros, autores, diagramações e edições. Cabe aqui oportunizar o contato com leituras prazerosas e carregadas de aprendizado e que

estimulem o uso mais amplo da linguagem, desenvolvendo a criatividade e o hábito (LEMOV, 2011).

Por fim, sabe-se que os jovens estão cada vez mais imersos no mundo digital, portanto, enfrentar desafios relacionados à leitura e à concentração tornou-se uma preocupação crescente. Com o acesso constante à internet e o uso frequente de dispositivos móveis, como celulares, muitos jovens encontram dificuldades em manter o foco e o interesse em atividades de leitura mais tradicionais como livros textos (PHEULA e SOUZA, 2016). A constante estimulação oferecida pelas telas e a instantaneidade das informações online muitas vezes competem com a profundidade e a concentração necessárias para absorver conteúdos complexos, como a evolução do sistema nervoso de metazoários. Isso acaba, em parte, explicando a baixa adesão que obtivemos para aplicação do material proposto, mesmo que a mesma tenha sido uma abordagem investigativa estimuladora do tipo livro jogo.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Foi produzido um livro paradidático sobre a evolução do sistema nervoso em alguns metazoários, pela sua dinâmica na leitura e tomada de decisões, chamado de livro jogo. Ficou evidente que este produto, auxiliou e estimulou a aprendizagem, como mais uma ferramenta de ensino e ainda, de forma ativa e investigativa, no entanto concluímos que o mesmo poderá, futuramente, ser aplicado de uma forma, talvez, diferente da apresentada neste estudo, sendo que para alunos que não gostam muito da leitura, o livro deve ser desmembrado em atividades menores e ser aplicado em diversas aulas.

Vale pensar na possibilidade de indicar para os alunos dos primeiros anos de graduação no curso de Ciências Biológicas ou em cursos da área da saúde, pela acuidade das informações sobre o desenvolvimento do sistema nervoso e sua evolução em vários grupos dos metazoários de uma forma dinâmica e mais significativa.

Urge que outras soluções também devem ser apresentadas, para que nossos jovens voltem a ser criativos, curiosos, aventureiros e nós, educadores, precisamos desenvolver mais ferramentas inovadoras e motivadoras para trazê-los à realidade, a leitura e interpretação, ao pensamento crítico, ao raciocínio, as discussões saudáveis para que se tornem indivíduos capazes de solucionar problemas individuais e coletivos.

Visando uma sala de aula inclusiva, sugere-se que o livro jogo também seja editado em braile e áudio livro, assim oportunizando-o a estudantes com necessidades especiais, acesso a estas informações e à divulgação científica.

REFERÊNCIAS

AMABIS, JOSÉ MARIANO. MARTHO, GILBERTO RODRIGUES. Fundamentos da Biologia Moderna: volume único. 4a edição. 2006. São Paulo. Editora Moderna.

APRENDER SEMPRE. Currículo Paulista. EFAPE. Secretaria da Educação de São Paulo. Disponível em: <https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/ensino-medio/aprender-sempre-em/> acessado em: novembro de 2023.

BARTOSZECK, AMAURI BETINI. Como é representado o sistema nervoso central nos livros didáticos no Brasil? 2019. Parana Journal of Science and Education. v.5, n.4, p. 37-49. Julho, 2019.

BARTOSZECK, AMAURI BETINI. A Evolução do sistema nervoso e a ponte para a Educação. Revista Multidisciplinar. Vol 3(2). p13-23. 2021.

BACICH, LILIAN. MORAN, JOSÉ. Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. e_PUB.
Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=TTY7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT21&dq=moran+bacich+2018&ots=oh1V4JvBty&sig=6B-XlWa-30XrXoj5bt26ZABJe2Q#v=onepage&q=moran%20bacich%202018&f=false

BETHLFHEM, R. A. I.: et al. Brain charts for the human lifespan. Nature. v. 604, n.7906, p. 525-33. 6 abr. 2022. Publicado também na Revista Fapesp, Os ritmos do cérebro. Junho de 2022, ano 23, n. 316.

BITTENCOURT, CARLOS EDUARDO. MOREIRA, MARCO ANTONIO. VILLAGRÁ, JESÚS ANGEL MENESES. Atividades práticas no ensino de Ciências: uma possível proposta intererpretativa. Ensino e Tecnologia em Revista. Londrina. V. 4. N.2. pág 31-54, jul/dez. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. páginas 547-560. disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf
BRUNER, JEROME. Atos de significação. Porto Alegre: Artmed. 1997. 130pgs.

BRITO, CARLOS HENRIQUE. Modelagem didática tridimensional de artrópodes, como método para ensino de ciências e biologia. Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia 5.3. 2012 p70-88.

BRUSCA, RICHARD. BRUSCA GARY J. Invertebrados. 2a edição. 2007. Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro. 2007. p.968.

CAPECCHI, MARIA CANDIDA VARONE DE MORAIS. CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA DE. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 3, p. 171-189, 2000. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/92895/mod_resource/content/2/argumenta%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acessado em: 11 de setembro de 2022.

COLLEY, E. FISCHER ML. Especiação e seus mecanismos: histórico conceitual e avanços recentes. Hist cienc saude- Manguinhos. 2013. outubro 20(4). p1671-94. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702013000500013> acessado em janeiro de 2024.

COSTA, RUDY ALVES. SOARES, HUGO LEONARDO. TEIXEIRA, JOSÉ ANTONIO CALDAS. Benefícios da atividade física e do exercício físico na depressão. Revista do Departamento de Psicologia. UFF, v. 19, n.1, p 273-274, 2007.

CRESWELL, JONH W. Projeto de pesquisa. Métodos qualitativo, quantitativo e misto. Tradução Luciana de Oliveira Rocha. 248p. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed. 2007.

DALAPICOLLA, JERONYMO. SILVA, VICTOR DE ALMEIDA. GARCIA, JUNIA FREGUGLIA MACHADO. Evolução biológica como eixo integrador da Biologia em livros didáticos do ensino Médio. Revista Ensaio | Belo Horizonte | v. 17 | n. 1 | p. 150-172 | jan-abr | 2015 DOI - http://dx.doi.org/10.1590/1983-211720175170107 acessado em 30/08/2022 https://www.scielo.br/j/epec/a/KQhMDn46GrJbL9F9jtYztRM/?format=pdf&lang=pt

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

DEMO, PEDRO. Professor do futuro e reconstrução do conhecimento. Petropolis Vozes, 2005.

DETHIER, VINCENT GASTON. STELLAR, ELIOT. Comportamento Animal. Editora Edgard Blucher Ltda. Editora da Universidade de São Paulo, 1970 e 1973. p.151.

DOBZHANSKY, THEODODIUS. Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution, The American Biology Teacher 75(2), 87-91, (1) February 1973. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/4444260> Acessado em: 5 de julho de 2022.

FREIRE, PAULO. Pedagogia da autonomia. Editora Paz & Terra. 1996

GASPAROTTO, CESAR ODIVAL. et al. Fisiologia Animal Comparada. Florianópolis. 2011. p.238 Disponível em: < http://antigo.uab.ufsc.br/biologia//files/2020/08/Fisiologia-Animal-Comparada.pdf> acessado em fevereiro de 2024.

GHYSEN, ALAN. The origin and evolution of the nervous system. Int. J. Dev. Biol 47: 555-562 (2003).

JIMÉNEZ-ALEXANDRE, M P. FERNÁNDEZ LÓPEZ, L. What are authentic practices? Analusis of students generated projects in secondary school. Paper presented at the NARST Annual Meeting, Filadélfia. 2006.

JORDE, DORIS. Inquiry-based science teaching- An overview of what we know and what we do. Esera Conference, 2009. Disponível em:https://www.ind.ku.dk/Nyheder/2009/IND_-_ESERA2009.pdf acessado em: 6 de abril de 2024.

KUHN, DEANNA. Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. Science education, v. 77, n. 3, p. 319-337, 1993.

LANZI, LUCIRENE ANDREA CATINI. VECHIATO, FERNANDO LUIZ. FERREIRA, ANA MARIA JENSEN FERREIRA DA COSTA. VIDOTTI, SILVANA APARECIDA BORSETTI GREGORIO. SILVA, HELEN DE CASTRO. Tecnologias de informação e comunicação no cotidiano dos adolescentes: enfoque no comportamento e nas competências digitais e informacionais da "geração google". Inf. Inf., Londrina, v.17, n3, p 49-75, set/dez 2012. disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/0fc7a0c2-bf0a-4ee0-818f-d033c6a3dc8f/content> acessado em: 28 de janeiro de 2024.

LEMOV, Doug. Aula nota 10: 49 técnicas para um professor campeão de audiência. 330p. Fundação Lemann, 2011.

LENT, ROBERT. Cem bilhões de neurônios conceitos fundamentais de neurociências. 2ª. Edição. 2010. 786 páginas.

LIMA, V. R.; SOUSA, E. F. P.; SITKO, C. M. Metodologias Ativas de Ensino e Aprendizagem: Sala de aula invertida, Instrução por colegas e Júri simulado no ensino de matemática. Research, Society and Development, v. 10, n. 5, p. e2810514507- e2810514507, 2021.

LOPES, SÔNIA. ROSSO, SÉRGIO. Ciências da Natureza Lopes e Rosso. Evolução e Universo. Editora Moderna. 1a edição. 2020.

MAYR, ERNST. The Growth of Biological Throught: Diversity, Evolution and Inheritance. Harvard University Press. Cambridge, Masschusets. London, England. 1982. Pag. 1-20. Disponível em: < https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=pHThtE2R0UQC&oi=fnd&pg=PA1077&dq=ernst+mayr+evolution&ots=KzV4SFCoVG&sig=qtWbI5zFi8yDUw8bf91HLFgEsP0#v=onepage&q=ernst%20mayr%20evolution&f=false> Acessado em 15 de agosto de 2022.

MOORE, KEITH L.; PERSAUD, T. V. N. Embriologia Básica, 8 edição, Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. Capítulo 6.

MORAN, JOSÉ. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. disponível em https://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/metodologias_moran1.pdf

NUNES, MARCELO DA ROCHA. A problemática do vocabulário científico e o estudo etimológico como facilitador do conhecimento escolar de Biologia. Tese de Mestrado em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal do Rio Grande. 2013. 81paginas. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/4798

PHEULA, ARIETA DE FRANÇA. SOUZA, EDUARDO CHAVES DE. Estudo sobre o comportamento dos jovens das gerações Y e Z quando conectados à internet. Scientia Tec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS. Porto Alegre, v.3, n.1 p54-94. jan/jun 2016.

PIMM, DAVID. El lenguaje matemático en el aula. 3a. edicion. 2002. Ediciones Morata.S.L. Madrid. 115p.
disponível em:< https://books.google.co.cr/books?id=f6Pjwz9lCKMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=fals> acessado em 29 de janeiro de 2024.

PISA Brasil disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022> acessado em janeiro de 2024.

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 Fev 2008. ISSN 1809-452X. https://doi.org/10.1590/S1516-44462006000400015.

RIDLEY, MARK. Evolução. 2006. 3a edição. Editora Artmed.

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

SANFELICE, ALINE DE MELLO. SILVA, FÁBIO LUIZ DA. Os adolescentes e a leitura literária por opção. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 57, p 191-204. Jul/set. 2015. Disponível em: < http://educa.fcc.org.br/pdf/er/n57/1984-0411-er-57-00191.pdf >, acessado em 20 de maio de 2023.

SANTOS, CHARLES MORPHY DIAS. CALOR, ADOLFO RICARDO. Ensino de Biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética. Ciência & Ensino, vol. 1, n. 2, junho de 2007 disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34857995/99-903-1-PB-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1662947306&Signature=eAVa2aAJMngUQjql3UTieG9rhNJrx5riTmyOikDDqB0PY27DBG5NkSVH08bhkZi3sp8WBX25wY0HAowv5IUXP--Cgb9G16ZnIZrFMO~xowtt1jJ5IVo5NmPbA7wBE4FjjQ1bYh1rIqmJf46DuErgmMQc-niU2AxIXo-8vSDVEfyv4YvW9XO295NN7FfzLMi6kDIQZhM5oUoeuEUvB0YliI30iLGl06NixcrjBJAPgoIArl1EJ3~ZTfYDqZprsb~~xnRvQ5S7ssf9xvfZf2b8dB8akCbB-xw92I8X76JgKu5~kx6XjL7oPk4D3QPr-T3AuIOG92YSPZnBUKV5aQsMrw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA, acessado em 11 de setembro de 2022.

SANTOS, R. B. O. .; OLIVEIRA, H. C. de; CARVALHO, J. de J.; JORGE, R. S. .; GUIMARÃES, E. O. .; CUNHA, I. M. da S. .; FURTUNATO, K. V. .; QUEIROZ, N. R. de .; SILVA, K. S. B. da. The importance of reading in the classroom. Research, Society and Development, *[S. l.]*, v. 10, n. 4, p. e33510414129, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.14129. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14129. Acesso em: 29 jan. 2024.

SCHOROEDER, CARLOS. A importância da física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental. Artigos Gerais. Rev. Bras. Ensino Fís. 29 (1)2007 disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000100015>, acessado em 6 de setembro de 2022

SCHMIDEK, WERNER ROBERT. CANTOS, GENY APARECIDA. Evolução do sistema nervoso, especialização hemisférica e plasticidade cerebral: um caminho ainda a ser percorrido. Revista Pensamento Biocêntrico. Pelotas. 10 jul/dez 2008.

SILVA-PORTO, FILIPE CAVALCANTI. LUZ, MAURÍCIO ROBERTO MOTTA PINTO DA. WAIZBORT, RICARDO. A suposta centralidade da Evolução nos livros didáticos de Biologia. 2007. Florianópolis, Caderno de Resumos do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Disponível em: <http://axpfep1.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p430.pdf> Acesso em: 11 de setembro de 2022.

STANGE, CARLOS EDUARDO BITTENCOURT, MOREIRA, MARCO ANTONIO, VILLAGRÁ, JÉSUS ÁNGEL MENESES. Atividades práticas no ensino de Ciências: uma possível proposta interpretativa. Ens. Tecnol. R., Londrina, v.4 n.2, p 31-54. jul/dez 2020.

TAHA, MARLI SPAT. LOPES, CATIA SILENE CARRAZONI LOPES. SOARES, EMERSON DE LIMA. FOLMER, VANDERLEI. Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de Ciências. Revista Experiências em Ensino de Ciências. v. 11 n. 1 (2016): Disponível em: < https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/552 > acessado em 06 de setembro de 2022

TRIPP, DAVID. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Educ. Pesquisa 31 (3). Dez. 2005. Disponível em: < https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300009> acessado em 26 de junho de 2023.

ZAMBERLAN, EDMARA, SILVA, MARCOS RODRIGUES DA. O Evolucionismo como Princípio Organizador da Biologia. Dossiê: DARWINISMO E FILOSOFIA TEMAS & MATIZES - Nº 15 - PRIMEIRO SEMESTRE DE 2009. p.27-41. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/elenita45,+Gerente+da+revista,+T&M_15_p.27_41.pdf> Acessado em: 5 de agosto de 2022.

Anexos

Anexo 1 – Formulários antes da aplicação do guia ou da aula expositiva dialogada

Perfil do estudante

Não se identifique, nenhuma questão é obrigatória, você decide se quer ou não responder.

1. Sexo biológico ( ) feminino ( ) masculino
2. Idade: _____ anos
3. Escolaridade:
   ( ) 1ª série do ensino médio
   ( ) 2ª série do ensino médio
   ( ) 3ª série do ensino médio

4. Gosta de estudar? (Sim) (Não)
5. Gosta mais de quais disciplinas?

   _____
   _____
   _____

   Se souber o motivo que lhe faz ter mais afinidade com as disciplinas apontadas acima, comente aqui:

   _____
   _____
   _____

6. O que você faz nas horas livres (pode assinalar quantas quiser)?
   ( ) Ler
   ( ) Escrever
   ( ) Desenhar
   ( ) Assistir séries e filmes
   ( ) Passear
   ( ) Ouvir música
   ( ) Fazer esporte, qual?_____
   ( ) Dançar
   ( ) Estudar
7. ( ) Celular
   ( ) Outros:

   _____
   _____
   _____

8. Quais redes sociais você mais explora ou quais atividades você mais faz no celular?

   _____
   _____
   _____

9. Qual é a média de tempo que você explora seu celular?
   ( ) 1 hora/dia
   ( ) 2 horas/dia
   ( ) 3 horas/dia
   ( ) Muitas horas/dia

10. Pensando em uma média anual, quantos livros você lê?
    ( ) 1 livro/ ano
    ( ) 2 livros/ ano
    ( ) 3 livros/ ano
    ( ) Mais de 3 livros/ ano
    ( ) Não leio livros, consegue explicar o por quê?_____
    _____

11. Quais gêneros ou tipos de livros você mais gosta? Caso não saiba, coloque o título ou autor dos livros que você mais gostou:
    _____
    _____
    _____

12. Se conseguir e quiser, aponte quais critérios te levam a escolher um livro para ler:
    _____
    _____
    _____
    _____

13. Assinale os lugares que você vai com certa frequência para ver, ler ou comprar livros:
    ( ) feira de livros
    ( ) bibliotecas
    ( ) livrarias
    ( ) você procura livros em pdf pela intenet
    ( ) você baixou aplicativos como kindle para fazer suas leituras
    ( ) outros, quais? _____

Conhecimentos consolidados sobre o Sistema Nervoso - antes da aplicação do guia ou da aula expositiva dialogada

Só responda o que realmente souber, assim conseguiremos mensurar se houve ou não algum impacto com a leitura do livro - jogo ou com a aula expositiva dialogada.

1. Qual a principal célula do sistema nervoso?
   _____

2. Conseguiria esquematizá-la?

3. Como é composto o sistema nervoso? Escreva o que lembrar:
   _____
   _____
   _____
   _____

4. O que é uma sinapse nervosa?
   ( ) Nunca ouvi falar
   ( ) Já ouvi falar mas não sei
   ( ) Acho ou tenho certeza que é
   _____
   _____

5. Você se lembra do sistema nervoso de algum ser vivo abaixo? Se lembrar aponte o que lembra:
   ( ) planária _____
   ( ) insetos _____
   ( ) estrela-do-mar _____
   ( ) peixes _____
   ( ) homem_____

6. O que é evolução? Você acredita em evolução?
   _____
   _____
   _____

7. Você acha que viemos dos macacos? Quem te falou ou onde você ouviu sobre isso?
   _____
   _____

8. Por que somos tão inteligentes?
   _____
   _____

Anexo 2 – Questionário utilizado depois da aula com a aplicação do guia e depois da aula expositiva dialogada

Conhecimentos consolidados sobre o Sistema Nervoso - depois da aplicação do guia ou da aula expositiva dialogada

Só responda o que realmente souber, assim conseguiremos mensurar se houve ou não algum impacto com a leitura do livro - jogo.ou com a aula expositiva dialogada

1. Qual a principal célula do sistema nervoso?
   _____

2. Conseguiria esquematizá-la?

3. Como é composto o sistema nervoso? Escreva o que lembrar:
   _____
   _____
   _____
   _____

4. O que é uma sinapse nervosa?
   ( ) Nunca ouvi falar
   ( ) Já ouvi falar mas não sei
   ( ) Acho ou tenho certeza que é
   _____
   _____

5. Você se lembra do sistema nervoso de algum ser vivo abaixo? Se lembrar aponte o que lembra:
   ( ) planária _____
   ( ) insetos _____
   ( ) estrela-do-mar _____
   ( ) peixes _____
   ( ) homem_____

6. O que é evolução? Você acredita em evolução?
   _____
   _____
   _____

7. Você acha que viemos dos macacos? Quem te falou ou onde você ouviu sobre isso?
   _____
   _____

8. Por que somos tão inteligentes?
   _____
   _____

Anexo 3 - Questionário para avaliação do guia

Avaliação do Guia

É muito importante que você avalie o guia para melhorá-lo, seja o mais honesto possível:

1. Quanto ao número de páginas
   ( ) curto
   ( ) está bom
   ( ) muito longo

2. Quanto ao texto:
   ( ) confuso
   ( ) fácil
   ( ) na maior parte, fácil
   ( ) na maior parte, difícil ou confuso
   ( ) muito difícil

3. Quanto à qualidade das imagens:
   ( ) tem poucas
   ( ) está bom
   ( ) tem muitas
   ( ) é necessário melhorá-las, se quiser aponte as páginas

4. Quanto ao entendimento das imagens:
   ( ) ajudou na compreensão do texto
   ( ) ajudou muito pouco
   ( ) não ajudou em nada

5. Quanto a dinâmica do guia, com a leitura em sequência aleatória:
   ( ) não gostei
   ( ) gostei
   ( ) achei cansativo
   ( ) prefiro a leitura tradicional
   ( ) fiquei curioso para saber o que tinha nas páginas que eu não escolhi
   ( ) não fiquei curioso

6. Você acha que agrega conhecimento uma leitura desta forma? Ajuda no seu aprendizado?
   ( )Não, prefiro uma aula tradicional
   ( )Ajuda, mas não gostei do guia poderia ser outra proposta
   ( )Ajuda e gostei da proposta
   ( )Não tenho uma opinião formada
   ( )Prefiro não responder.

7. Se quiser, aponte o que mais gostou (texto, imagem, algum questionamento,..
   _____
   _____
   _____

8. Se quiser, aponte o que menos gostou (texto, imagem, algum questionamento
   _____
   _____
   _____

Anexo 4 – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

UFRJ - HOSPITAL UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO FRAGA FILHO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO / HUCFF-UFRJ

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Elaboração de um guia de bolso sobre a evolução do sistema nervoso em metazoários, voltado para a área do conhecimento de Ciências da Natureza do Ensino Médio.

Pesquisador: GABRIELLA MENDES BUGNI
Área Temática:
Versão: 4
CAAE: 69245623.9.0000.5257
Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Patrocinador Principal: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.485.666

Apresentação do Projeto:
Protocolo 070/23

Respostas por meio de uma EMENDA das recomendações realizadas no parecer 6294386.

Objetivo da Pesquisa:
Apresentar as respostas das recomendações realizadas no parecer 6294386

Avaliação dos Riscos e Benefícios:
Não se aplica

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:
Recomendações foram: Dever-se-á salientar uma vez mais, segundo a Resolução 466/12, que a pesquisa só pode se iniciar após a aprovação do CEP, conforme descrito no cronograma do PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2107554.pdf. Diante disso, solicita-se as correções das datas sejam feitas em formato de emenda em todos os arquivos em que o cronograma foi apresentado (por exemplo, Cronograma.docx apresentado em 03/04). As respostas devem ser apresentadas em documento à parte (CARTA - RESPOSTA).

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco Nº255, 7º andar, Ala E, sala 35
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

UFRJ - HOSPITAL UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO FRAGA FILHO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO / HUCFF-UFRJ

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados.

Recomendações:

Vide Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não foram encontrados óbices éticos na E1 apresentada no dia 11/10. Ademais, todas as recomendações foram atendidas. Diante disso, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº. 466 de 2012 e na Norma Operacional CNS nº. 001 de 2013, item 2.2.e, o(a) relator(a) sugere que este colegiado se manifeste por aprovar esta emenda.

Considerações Finais a critério do CEP:

1. De acordo com o item X.1.3.b, da Resolução CNS n. 466/12, o pesquisador deverá apresentar relatórios semestrais - a contar da data de aprovação do protocolo - que permitam ao Cep acompanhar o desenvolvimento dos projetos. Esses relatórios devem ser assinados pelo pesquisador responsável e conter as informações detalhadas - naqueles itens aplicáveis nos moldes do relatório final contido no endereço: http://conselho.saude.gov.br/comites-de-etica-em-pesquisa-conep?view=default(clicar na aba Documentos Orientadores), bem como deve haver menção ao período a que se referem. As informações contidas no relatório devem ater-se ao período correspondente e não a todo o período da pesquisa até aquele momento. Para cada relatório, deve haver uma notificação separada. A submissão deve ser como Notificação (consultar pág. 69 no arquivo intitulado "1 - Manual Pesquisador - Versão 3.2,39 disponível no endereço http://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf

2. Eventuais emendas (modificações) ao protocolo devem ser apresentadas de forma clara e sucinta, identificando-se, por cor, negrito ou sublinhado, a parte do documento a ser modificada, isto é, além de apresentar o resumo das alterações, juntamente com a justificativa, é necessário destacá-las no decorrer do texto (item 2.2.1.H.1, da Norma Operacional CNS nº 001 de 2013).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_222978	11/10/2023		Aceito

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco Nº255, 7º andar, Ala E, sala 35
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

UFRJ - HOSPITAL UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO FRAGA FILHO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO / HUCFF-UFRJ

Continuação do Parecer: 6.485.666

Básicas do Projeto	_E1.pdf	17:00:48		Aceito
Cronograma	Cronograma_VersaoRealcada_GabriellaBugni.pdf	11/10/2023 16:57:12	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Outros	CartaResposta_CEP_outubro23.pdf	11/10/2023 16:53:27	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Cronograma	Cronograma_VersaoLimpa_GabriellaBugni.pdf	11/10/2023 16:46:55	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Outros	2_CartaResposta_CEP.pdf	15/08/2023 23:32:42	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	VersaoRealcada_tcle_alunos.pdf	15/08/2023 23:31:34	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	VersaoLimpa_tcle_alunos.pdf	15/08/2023 23:31:19	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	VersaoLimpa_tcle_responsaveis.pdf	15/08/2023 23:30:31	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Outros	TERMO_DE_COMPROMISSO_ETICO_DOS_PESQUISADORES_BP_assinado.	29/06/2023 08:02:35	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	VersaoLimpa_PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_pdf.docx	29/06/2023 07:52:39	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	VersaoRealcada_PosCEP_TCM_Projeto_GabriellaMendesBugni.pdf	29/06/2023 07:50:59	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Outros	CartaResposta_CEP.pdf	29/06/2023 07:35:38	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_alunos_corrigido.docx	29/06/2023 07:29:48	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_responsaveis_corrigido.docx	29/06/2023 07:28:21	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Declaração de concordância	Anuencia_DirecaoEscola.pdf	29/06/2023 07:25:11	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Folha de Rosto	FolhaRostoGabtiellaBugni_Assinada.pdf	17/04/2023 16:15:52	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco Nº255, 7º andar, Ala E, sala 35
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

UFRJ - HOSPITAL UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO FRAGA FILHO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO / HUCFF-UFRJ

Continuação do Parecer: 6.485.666

Outros	AnuenciaUFRJ_GabriellaBugni_Assinada.pdf	17/04/2023 16:08:57	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Outros	arquivo_cvlattes_editavel.docx	03/04/2023 16:06:07	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Outros	orcamento.docx	03/04/2023 16:05:12	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	TCM_Projeto_final.pdf	26/03/2023 19:12:45	GABRIELLA MENDES BUGNI	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

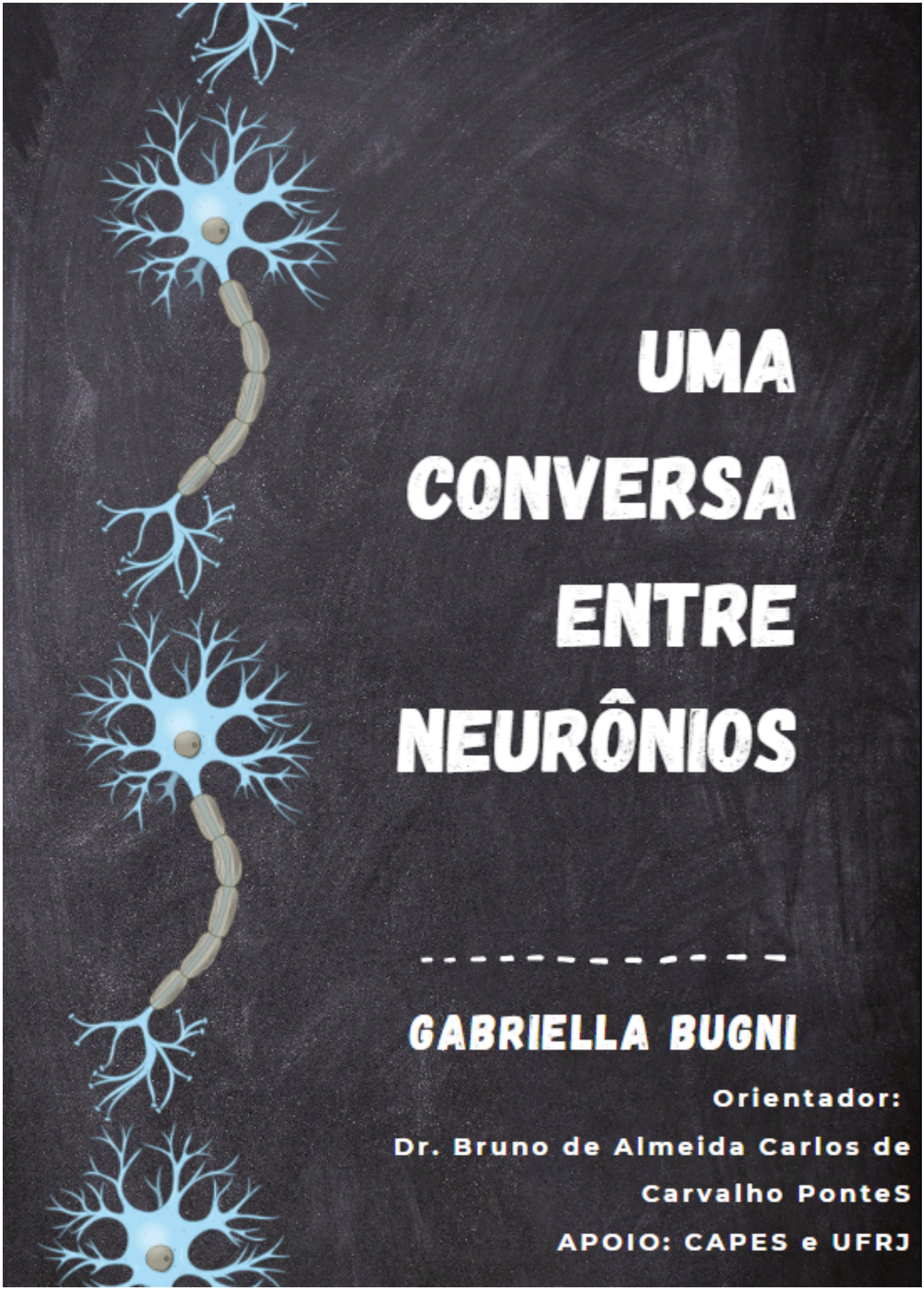
Necessita Apreciação da CONEP:
Não

RIO DE JANEIRO, 06 de Novembro de 2023

Assinado por:
Monique Loureiro
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco Nº255, 7º andar, Ala E, sala 35
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

Anexo 5 - Produto: Livro jogo - Uma conversa entre neurônios.


UMA
CONVERSA
ENTRE
NEURÔNIOS
GABRIELLA BUGNI
Orientador:
Dr. Bruno de Almeida Carlos de
Carvalho PonteS
APOIO: CAPES e UFRJ

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

9 786500 866919

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.

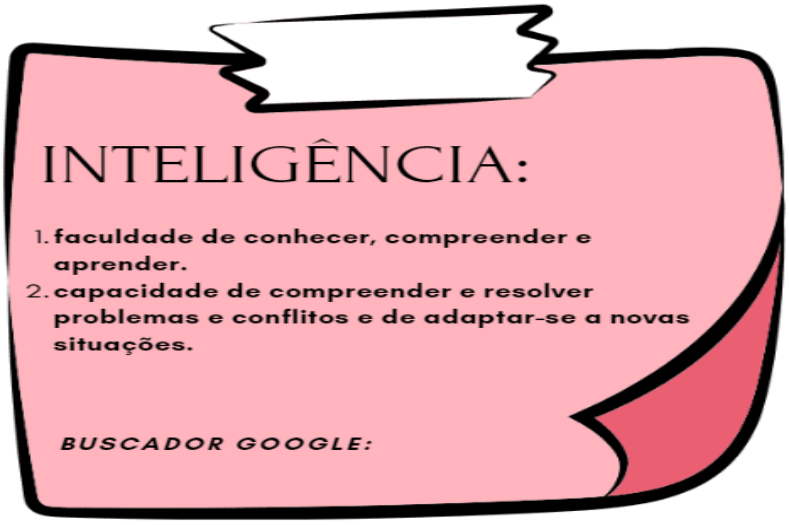
	Áudio para o aprofundamento		Vídeo, filme e/ou documentário para aprofundamento
	Leitura para o aprofundamento		Organogramas ou gráficos para compreensão geral do assunto
	Hipóteses levantadas para escolha do leitor		Basta apontar a câmera do celular para o QR code para encontrar a sugestão de texto,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

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)

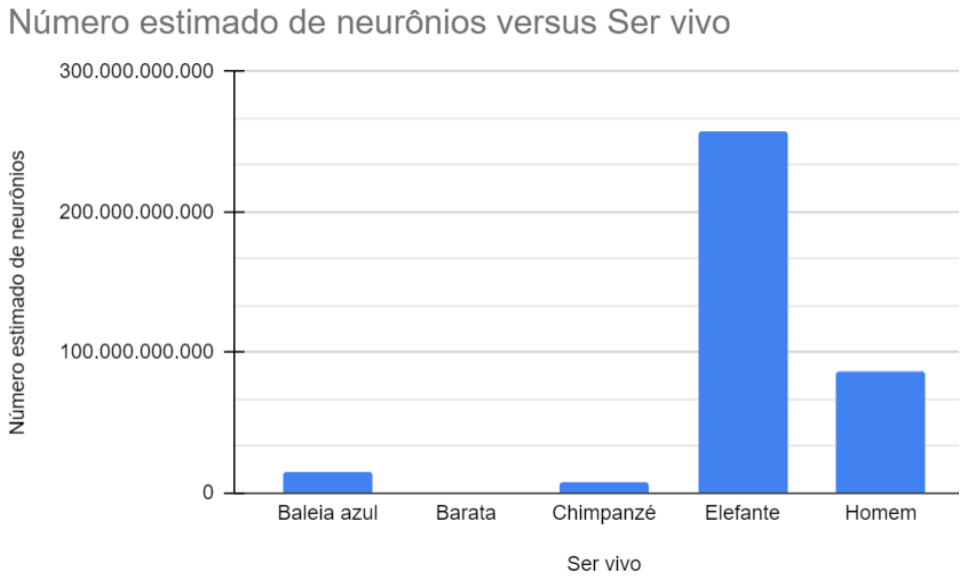
Para saber mais:

	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)**.

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.

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

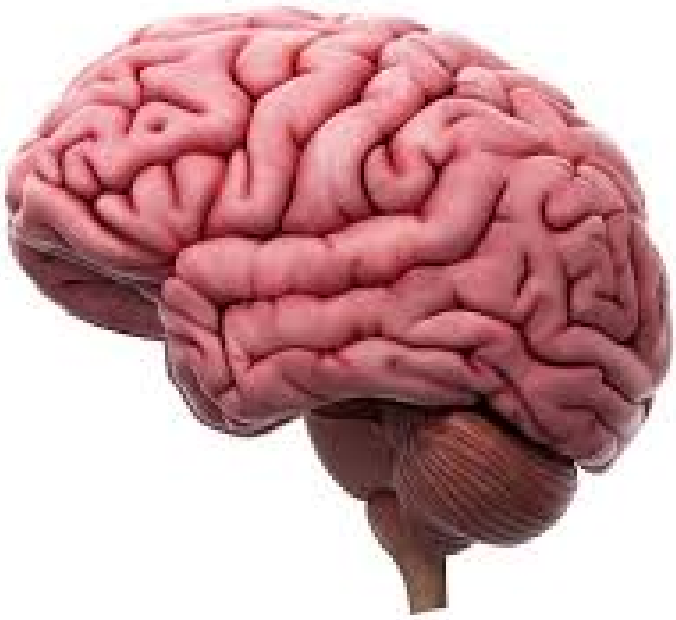
Vamos analisar alguns dados: se pesquisarmos o maior animal vivo do mundo, encontraremos a baleia azul com aproximadamente 30 metros de comprimento. Logo seu crânio seria o maior, porém será que sua complexidade de inteligência pode ser comparada com a nossa?

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/

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).

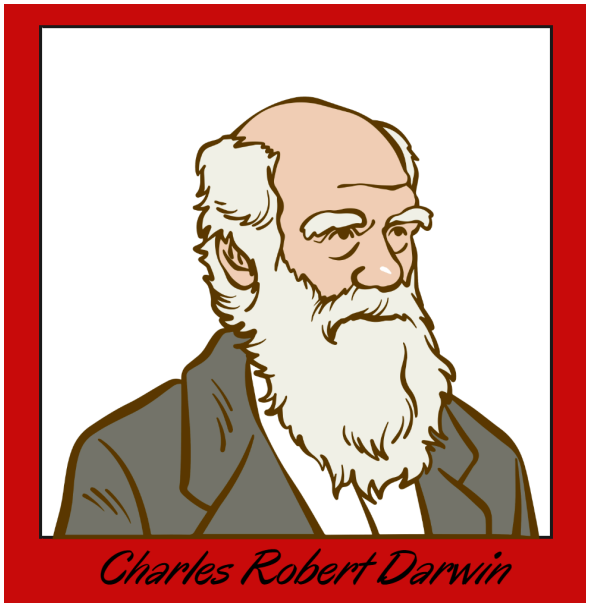


Será que nosso encéfalo sempre foi assim?

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

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

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).

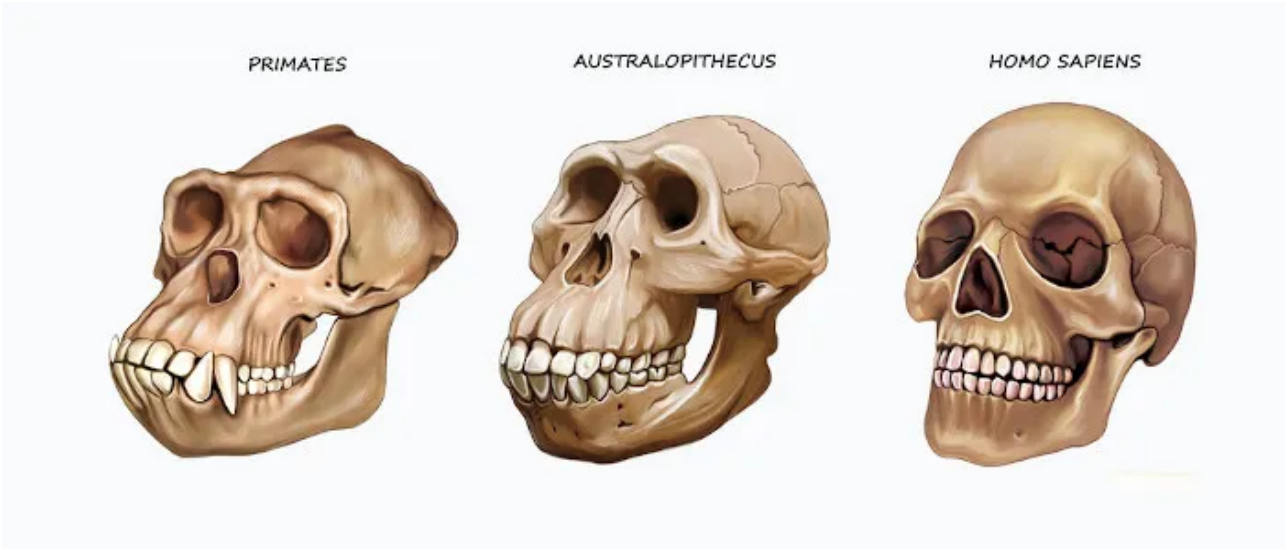
Entre indivíduos que se reproduzem dentro de um grupo pequeno, como um vilarejo ou uma aldeia, fica claro que algumas **características se acentuam** porque não há um **fluxo de material genético** tão diversificado, assim como nos **casamentos consanguíneos** (entre parentes).

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**

Não mesmo. Nosso encéfalo 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.

Seríamos tão complexos se os nossos órgãos dos sentidos não existissem?
O que promove nosso aprendizado? Ou ainda, como nossas experiências são memorizadas?

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

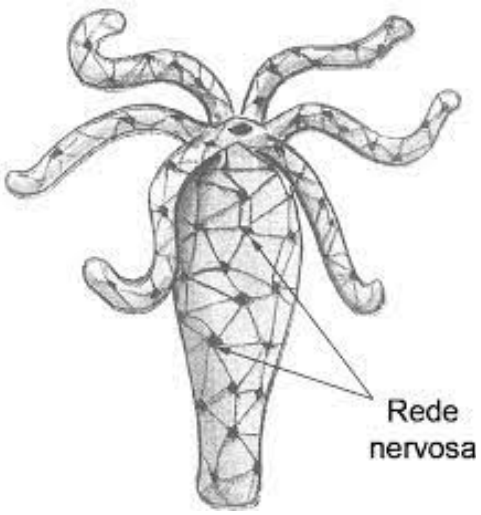
→ Eles têm dificuldade em compartilhar suas interpretações/experiências do cotidiano? Isso os ajuda ou os atrapalha? Por quê?

→ 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!

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.



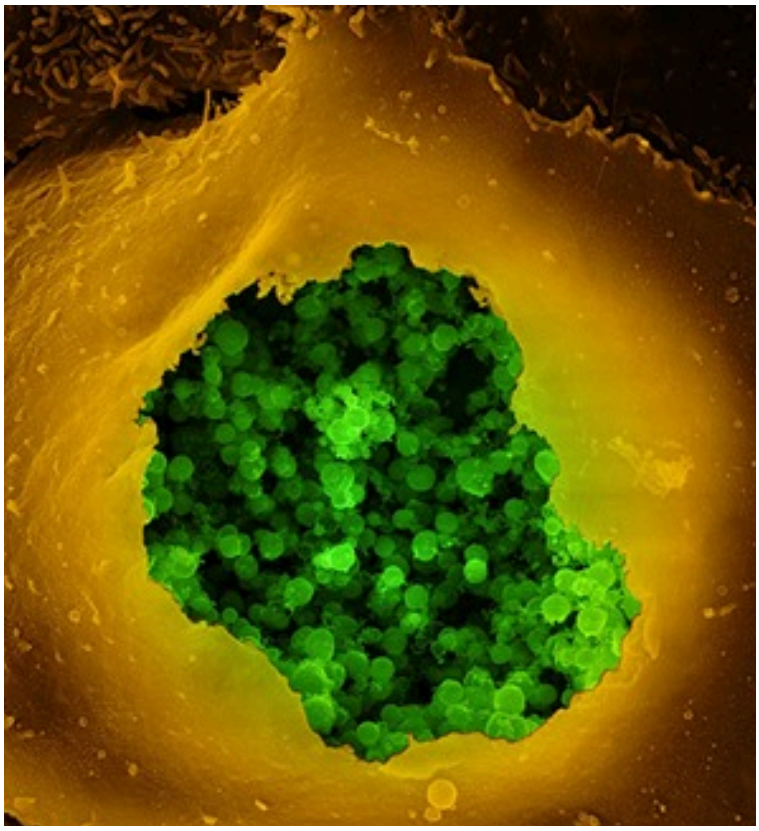
Mas qual a importância dessas células, os neurônios, para os Cnidários?

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.

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 **sinalizam** 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.

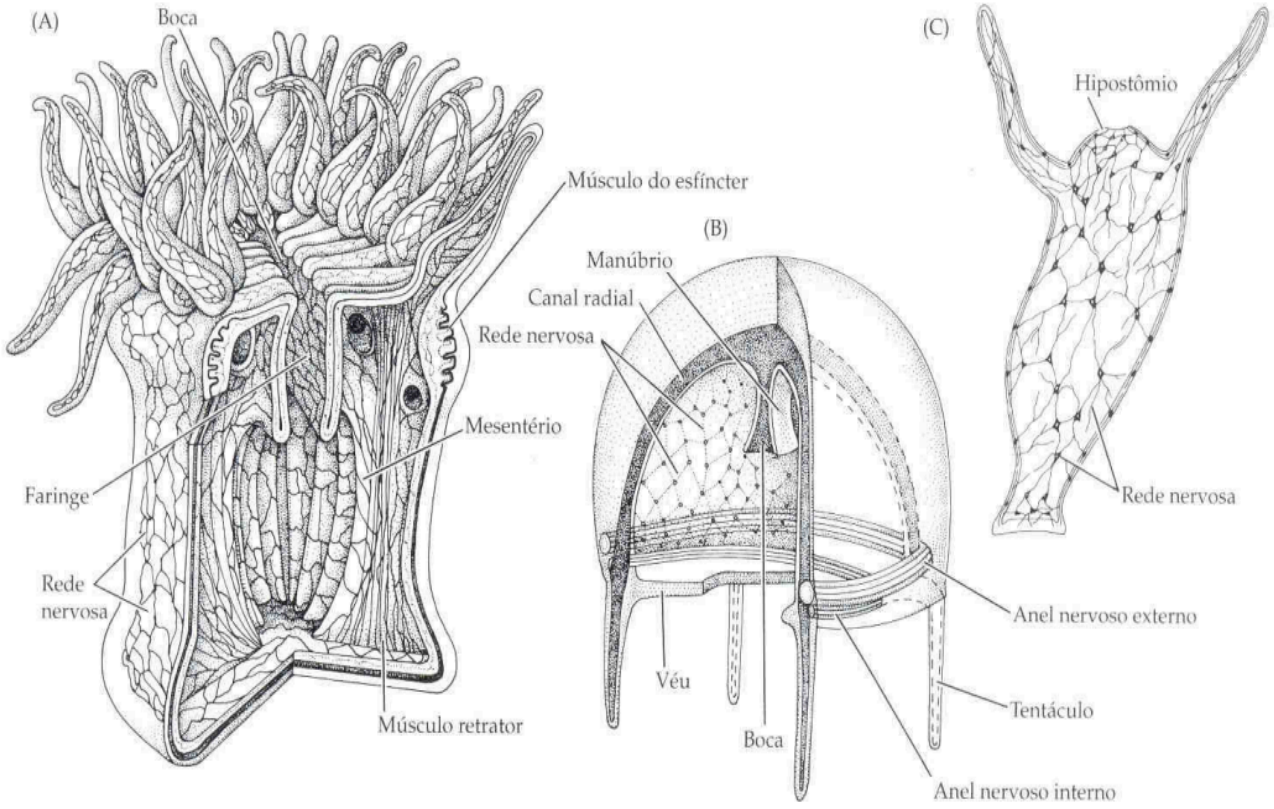
Célula epitelial (marrom) infectada com *Chlamydia trachomatis* (verde) exemplificando um tipo de adesão.

Agora vocês estão prontos! ⇨ página 11.

	https://www.youtube.com/watch?v=JCzFOeQG5Oc	

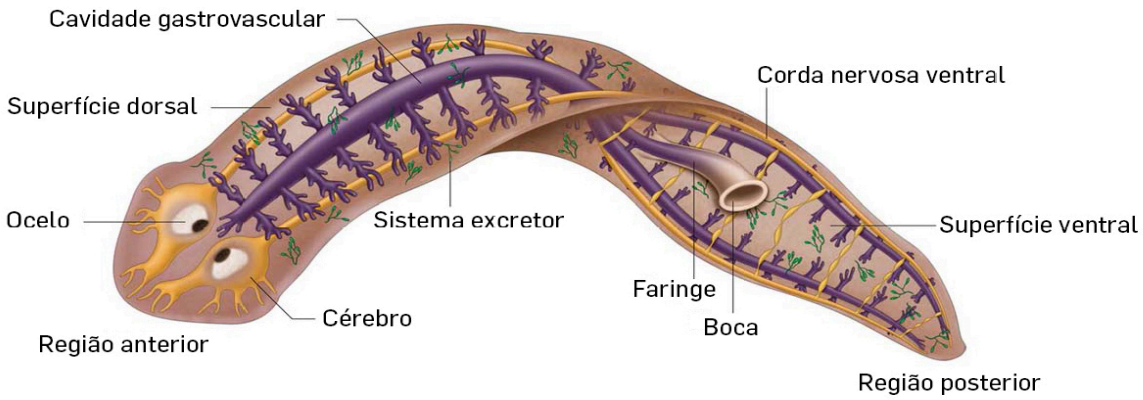
Mas qual a importância destas células nervosas para os Cnidários?

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!

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



As **planárias** podem viver na água doce (como da imagem ao lado), terra úmida e água salgada.

São seres vivos com alta capacidade de **regeneração.**

Possuem **ocelos** (olhos primitivos).

Comparando a rede difusa dos Cnidários (página 04), com os **ocelos** (olhos primitivos) e a alta capacidade de **regeneração** dos Platelmintos (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)

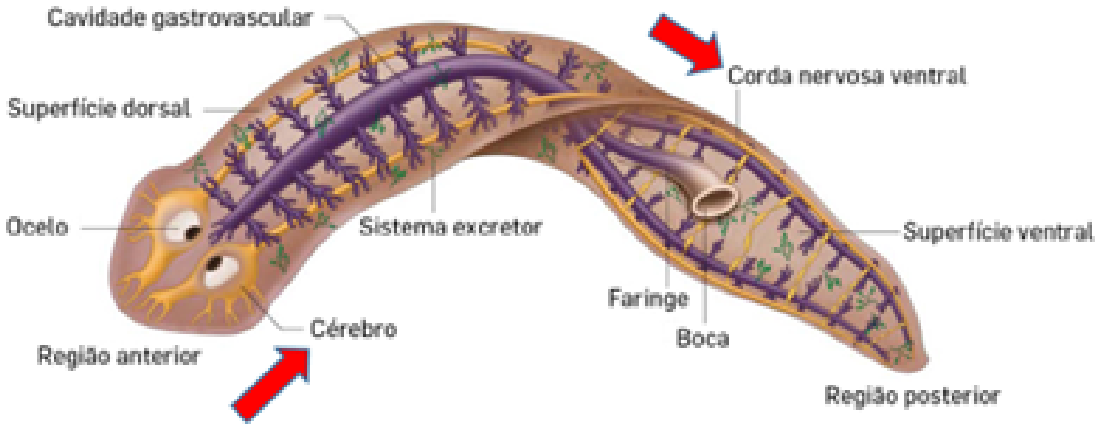
Vídeo que apresenta a regeneração das planárias no link ou QR code
https://www.youtube.com/watch?v=THA_EsSe4XI

Se necessário, consulte o organograma da página 38.

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.**

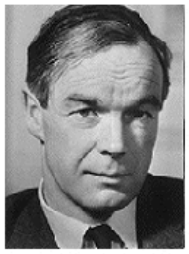
Os ocelos capturam luz. Os cordões nervosos permitem a transmissão de informações do meio externo para o meio interno e vice-versa.

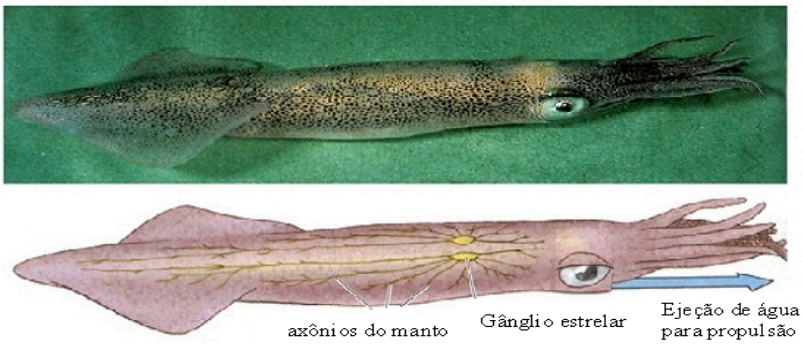
Os ocelos, os cordões nervosos e o cérebro (cerebroide) podem ser observados no esquema abaixo, indicado pelas setas. São estruturas importantes para defesa e sobrevivência desses seres. Depois, retorne para a ⇨página 08, na ⇨ primeira hipótese.



Agora que vocês já compreenderam a importância das **células nervosas** se **agruparem** formando estruturas mais complexas como **cordões nervosos**, **cérebro** e até **ocelos**, vamos analisar o filo dos **moluscos**, um grupo de seres vivos que possibilitou os primeiros estudos do **Sistema Nervoso** na década de 40 e, analisando as imagens abaixo com muita atenção, respondam:

Lula e os primeiros estudos sobre SISTEMA NERVOSO e neurônios

<table>
<tr>
<td>
K.S. Cole
 
A.L. Hodgkin e A.F. Huxley
Nobel de 1963

B. Katz
Nobel de 1970</td>
<td>Os pioneiros no estudo das células nervosas.</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>A lula gigante, o invertebrado marinho que permitiu, através de seu axônio de dimensões quase macroscópicas, desvendar a origem da atividade nervosa em uma época em que as tecnologias eram limitadas (ano: 1940)</td>
</tr>
</table>

Por que as lulas foram tão importantes neste contexto?

🔍 **Hipótese 1:** Porque eram metazoários **fáceis de lidar** e manter nos laboratórios.(⇨ página 17)

🔍 **Hipótese 2:** Porque possuem **células nervosas grandes** como descrito na imagem, não necessitando de muita tecnologia para serem estudadas. (⇨ página 23)

<table>
<tr>
<td> </td>
<td>No documentário “My octopus teacher” podemos observar um pouco da complexidade envolvida no sistema nervoso dos moluscos.</td>
<td>
</td>
</tr>
</table>

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.

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

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:

Olho do polvo	Olhos de libélula	Olho do homem

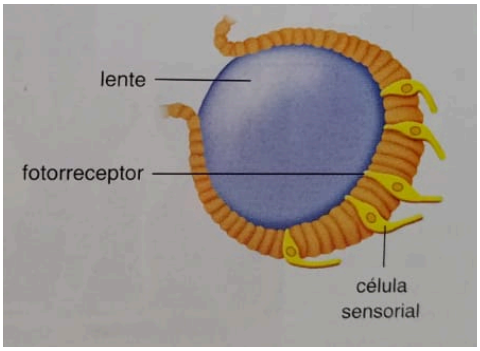
Atualmente, sabemos que muitos seres vivos apresentam **genes compartilhados**, como por exemplo, o gene ***Pax6***. Este gene é responsável por "indicar" a localização dos olhos em embriões de várias espécies. Estes genes compartilhados sugerem alto grau de **parentesco** entre os indivíduos, ou seja,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

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.

	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**.
	Os **insetos** possuem **olhos compostos**, formados por vários olhos simples (**omatídeos**), 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.

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

	Adicionar QR code **https://youtu.be/IzHjSJsjhII?si=EAd08sndbnejaI1Z**

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).

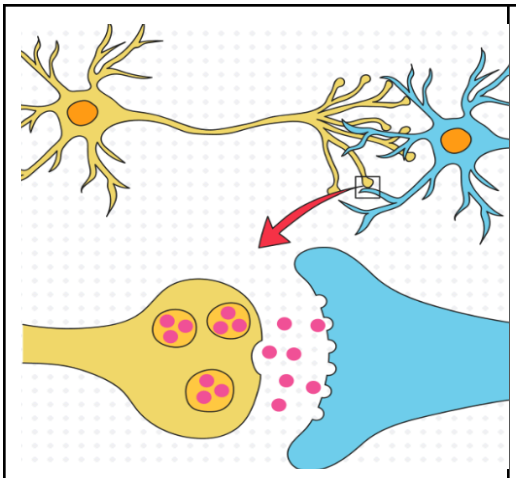
O processo de condução da informação, ou seja, do impulso nervoso, chama-se **sinapse nervosa.** Esta **sinapse nervosa** pode ser **química (através de neurotransmissores) ou elétrica (através de corrente elétrica).**

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.

	https://www.youtube.com/watch?v=XsLNJSshq34



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

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!

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.**

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**.

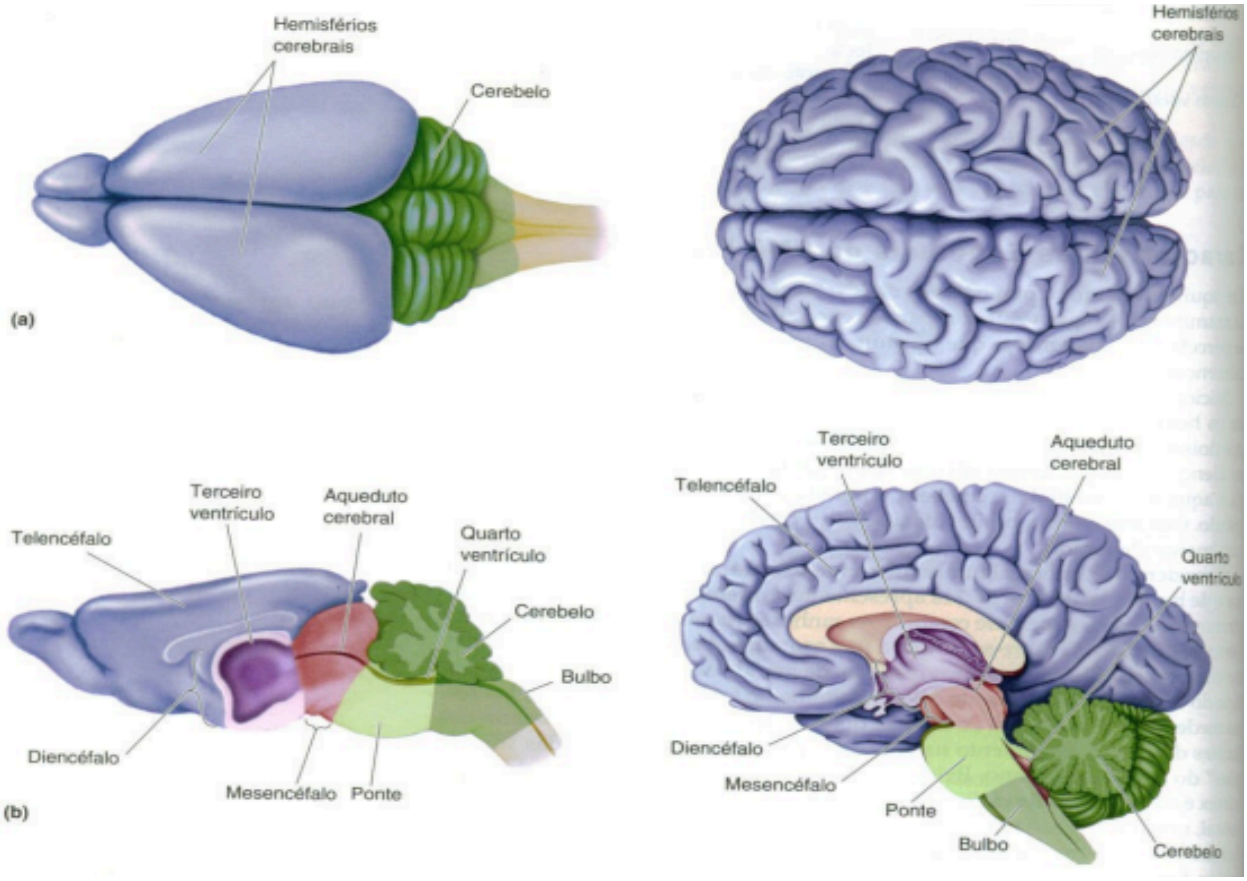
Os **anelídeos** passam a apresentar **segmentações** repetidas em seu corpo e os **gânglios** passam a se reunir em cada segmento também.

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)	

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:

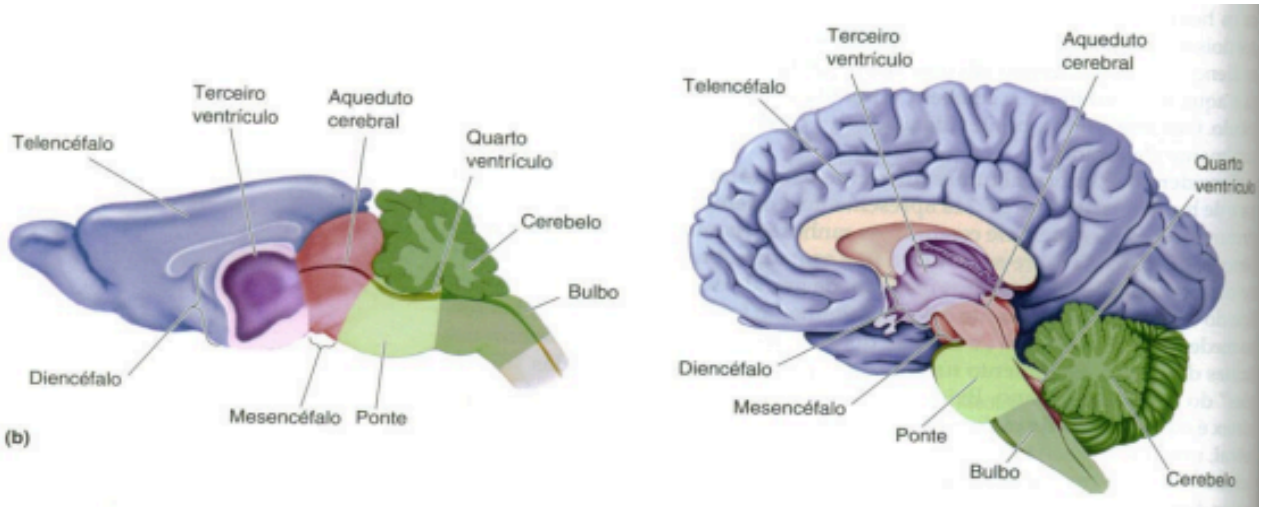
Em qual deles a região azul é mais invaginada? Estas invaginações teriam a ver com a cognição do indivíduo? A estrutura verde se manteve em ambos? Teria a estrutura azul aumentado de tamanho e forçado a estrutura verde para baixo,?

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)

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.

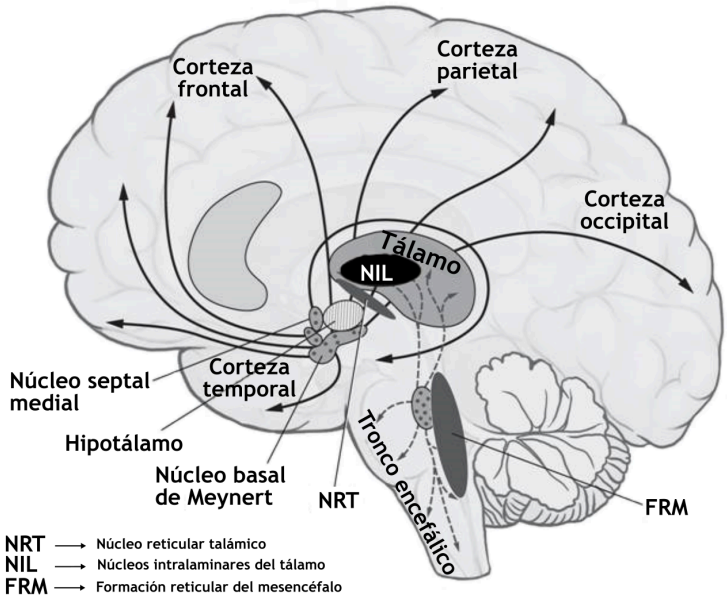


A região azul corresponde ao **cérebro**, esta região é responsável por funções motoras, sensitivas, memória, planejamento, aprendizagem e julgamento. Já a região verde corresponde ao **cerebelo** responsável pelo equilíbrio, coordenação e controle de movimentos importantes para a sobrevivência de qualquer 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!



Isso mesmo! A região azul (página 37) corresponde ao **cérebro** e especialmente nos **humanos** ela ganhou muitas i**nvaginações** 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).

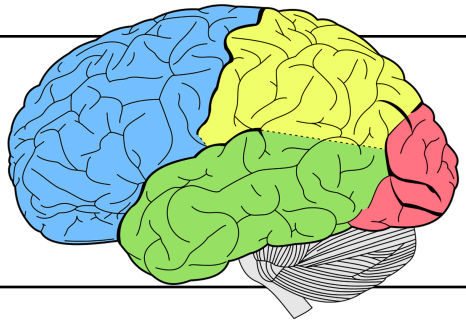
O **tálamo**, esta estrutura cinza (imagem acima), localizada na parte central do encéfalo, pode ser uma das chaves para nossa complexidade. As informações que chegam dos órgãos sensoriais são analisadas e repassadas pelo tálamo, assim como o funcionamento adequado do **córtex** (**telencéfalo**).

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!

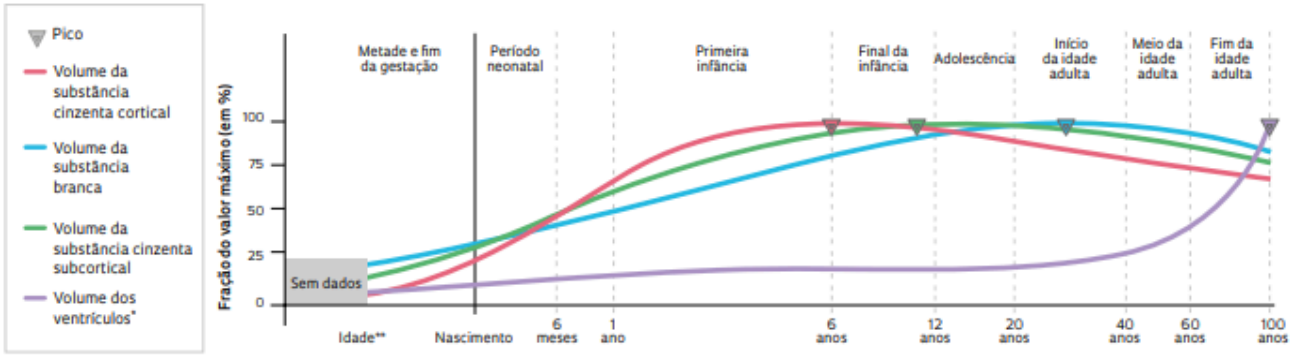
Vale ressaltar que o encéfalo tem outras partes aqui não mencionadas. Se quiser saber mais sobre a anatomia do encéfalo, assista o vídeo do link a seguir:

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



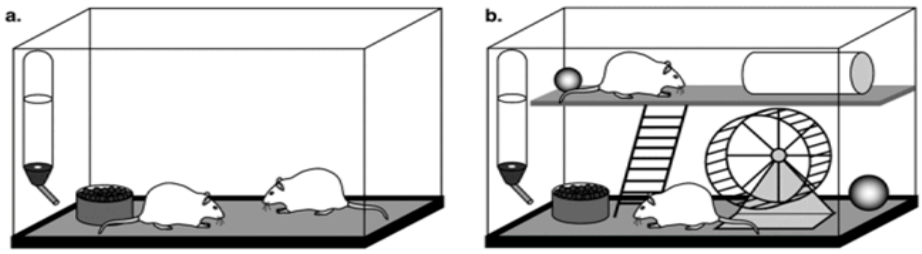
Agora, caros pesquisadores, analisem o gráfico abaixo que traça a trajetória de desenvolvimento do cérebro da gestação até a velhice, sabendo que o volume da **substância cinzenta** cortical é o lugar de **maior concentração dos corpos celulares dos neurônios** (marcador de páginas), observem especialmente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

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



*CAVIDADES PREENCHIDAS POR LÍQUIDO CEFALORRAQUIDIANO **PARA FACILITAR A LEITURA, A SEPARAÇÃO ENTRE AS IDADES ESTÁ FORA DE PROPORÇÃO
FONTE BETHLEHEM, R. A. I. *ET AL.* **NATURE**. 6 ABR. 2022

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

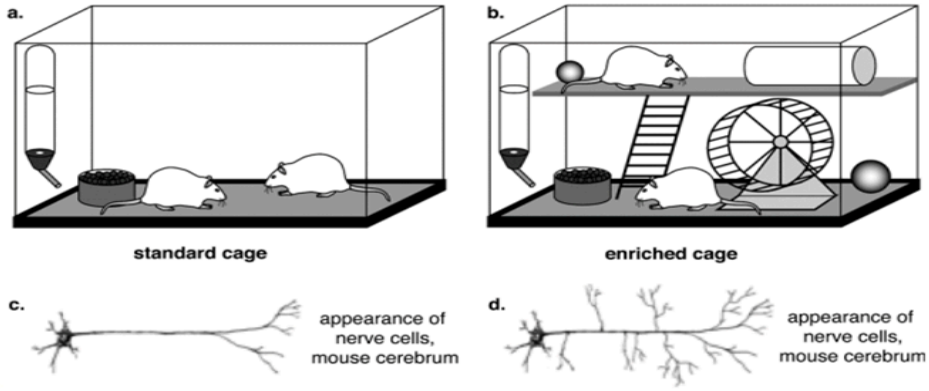
Brinquedos como bolas, rampas, rodas, escadas, etc.

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)

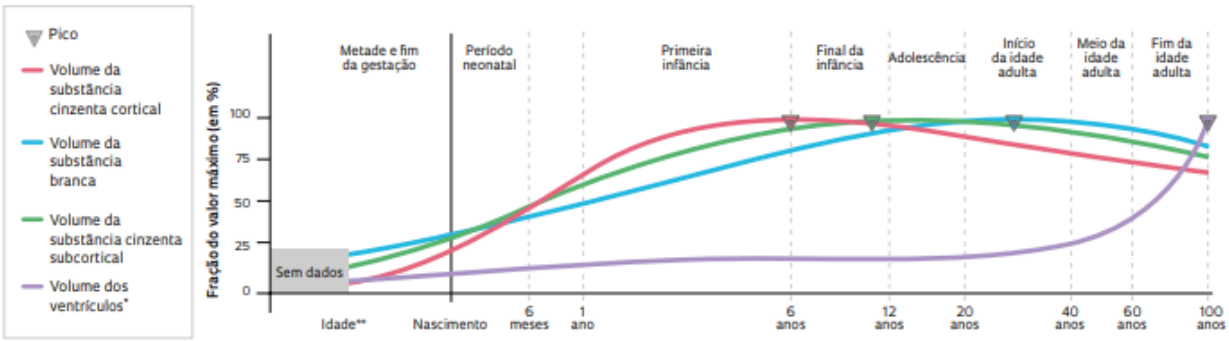
🔍 **Hipótese 2:** O desenvolvimento do córtex cerebral não está ligado ao estágio inicial do desenvolvimento e nem às suas vivências nesse período. (Sigam na ⇨ página 33)

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



*CAVIDADES PREENCHIDAS POR LÍQUIDO CEFALORRAQUIDIANO **PARA FACILITAR A LEITURA, A SEPARAÇÃO ENTRE AS IDADES ESTÁ FORA DE PROPORÇÃO
FONTE BETHLEHEM, R. A. I. *ET AL.* **NATURE**. 6 ABR. 2022

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.

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.

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 (ascidias), Cefalocordados (anfioxos) e Vertebrados (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos), como podemos ver no organograma da página 38 e na tabela abaixo:

Urochordata **Exemplo ascídia**	**Cefalochordados** **Exemplo Anfioxo**	**Vertebrados** **Exemplo réptil**

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?

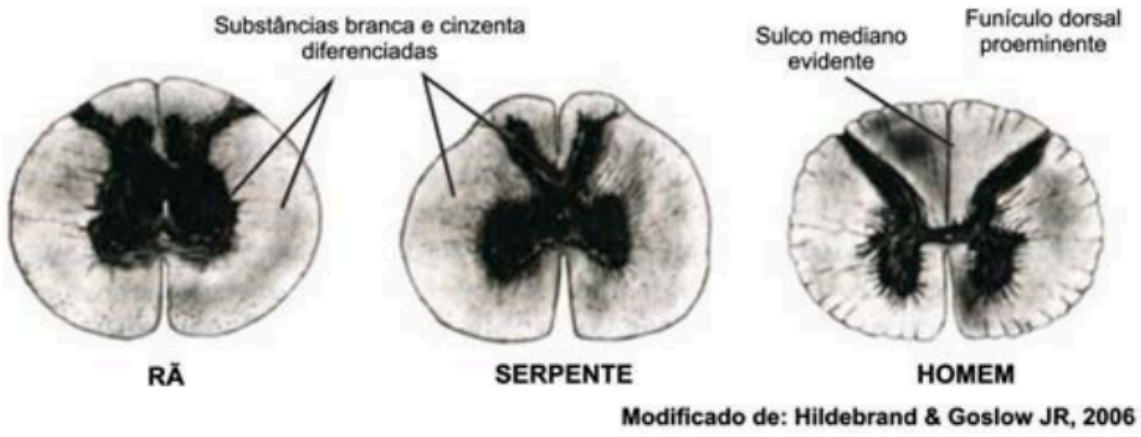
Hipótese 1: Não há relação alguma entre o sistema nervoso dos diferentes metazoários. (Sigam para a ⇨ página 29)

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

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?

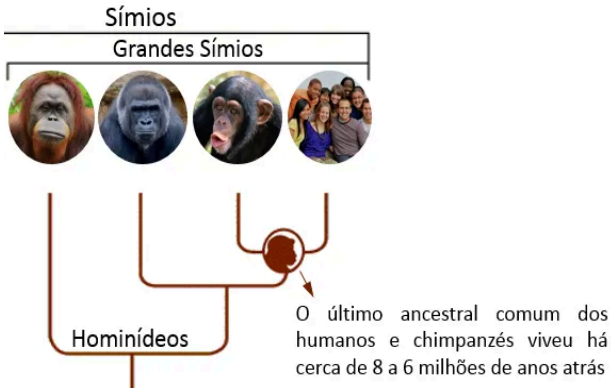


Aspecto geral da medula espinhal de alguns vertebrados.

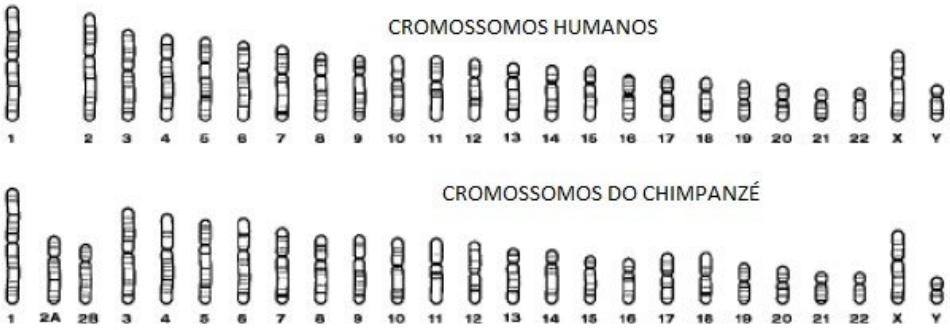
As substâncias brancas da rã, da serpente e do homem aparecem na periferia e as substâncias cinzentas na parte mais central da medula. Comprovando que há relação entre os sistemas nervosos dos metazoários. Agora vocês estão prontos! Sigam para a ⇨ página 32.

A 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. Explorem sem pressa a árvore filogenética apresentada na página 39.



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?

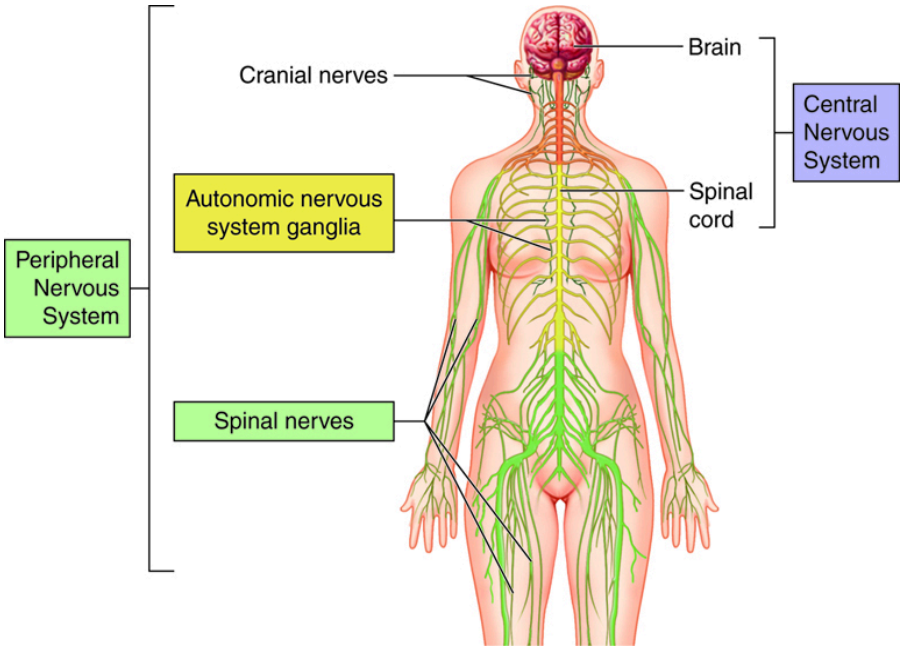


Na imagem ao lado, cada par é representado por apenas um cromossomo.

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

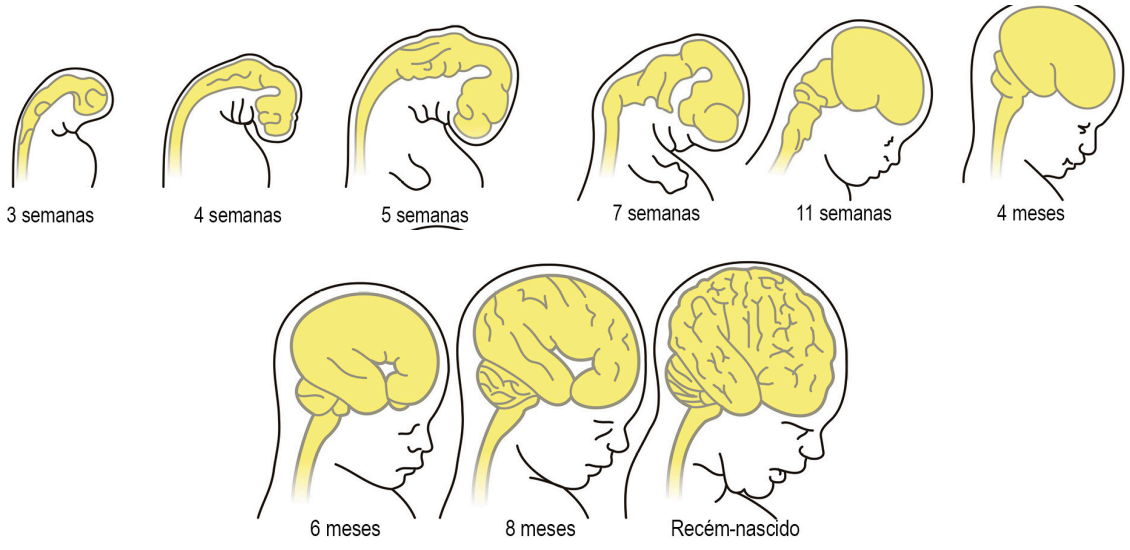
Por favor, sigam para a ⇨ página 26.

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**.

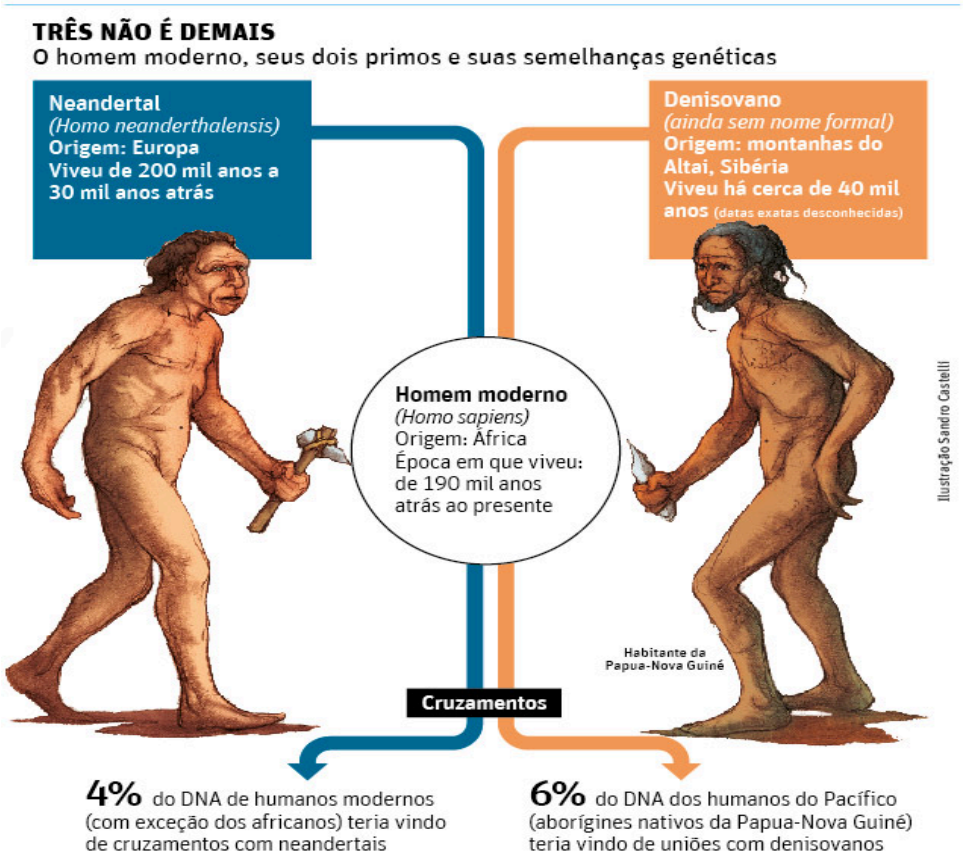
O funcionamento do **encéfalo** tem um elevado **custo energético.** Logo, uma boa alimentação e oxigenação irão potencializar seu funcionamento. Sigam para a página ⇨ 15.



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?

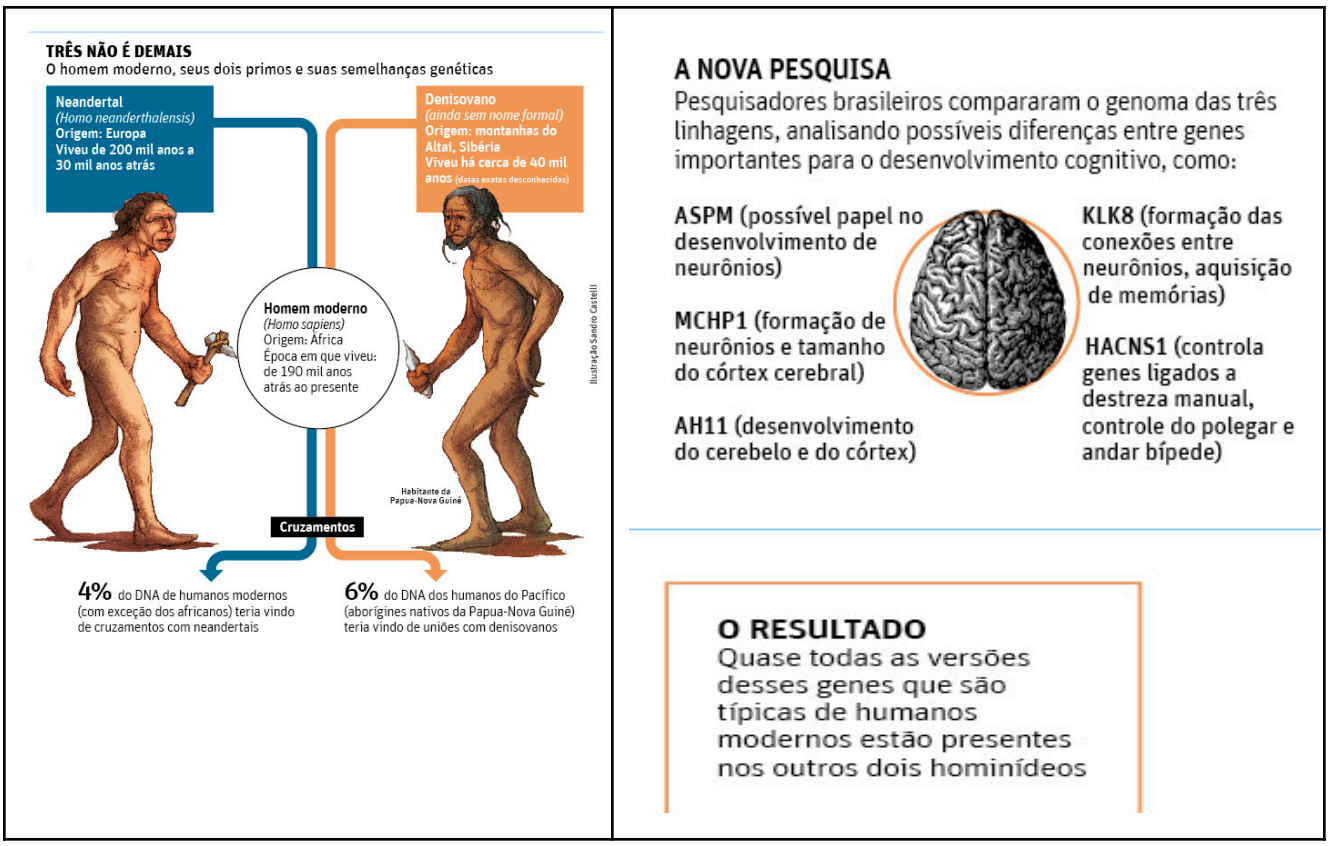
Pequenas modificações no **genoma** trazem **grandes diferenças** anatômicas e fisiológicas. Um exemplo mais próximo seria comparar um humano com três cromossomos 21 (portador de Down) e um humano com dois cromossomos 21 (não portador de Down). Neste caso temos a presença de apenas um cromossomo a mais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

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



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/

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.

Nestas considerações finais, gostaria que vocês relembrassem 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.

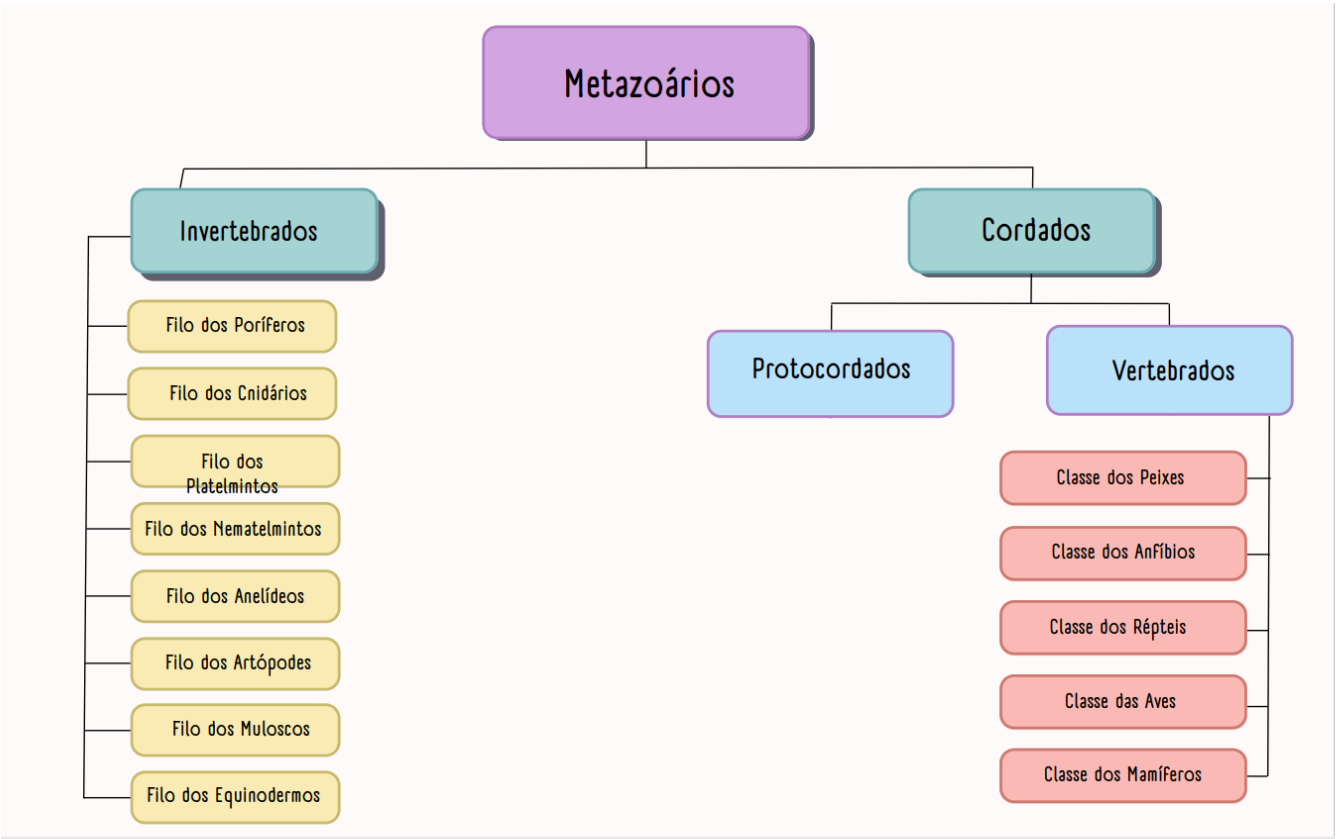
E assim finalizamos este guia com todas as questões respondidas? Não! Felizmente temos ainda muito por desvendar. Esta página não é a última, porque agora podemos sair daqui e ir além, pesquisar em outras fontes.

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**.

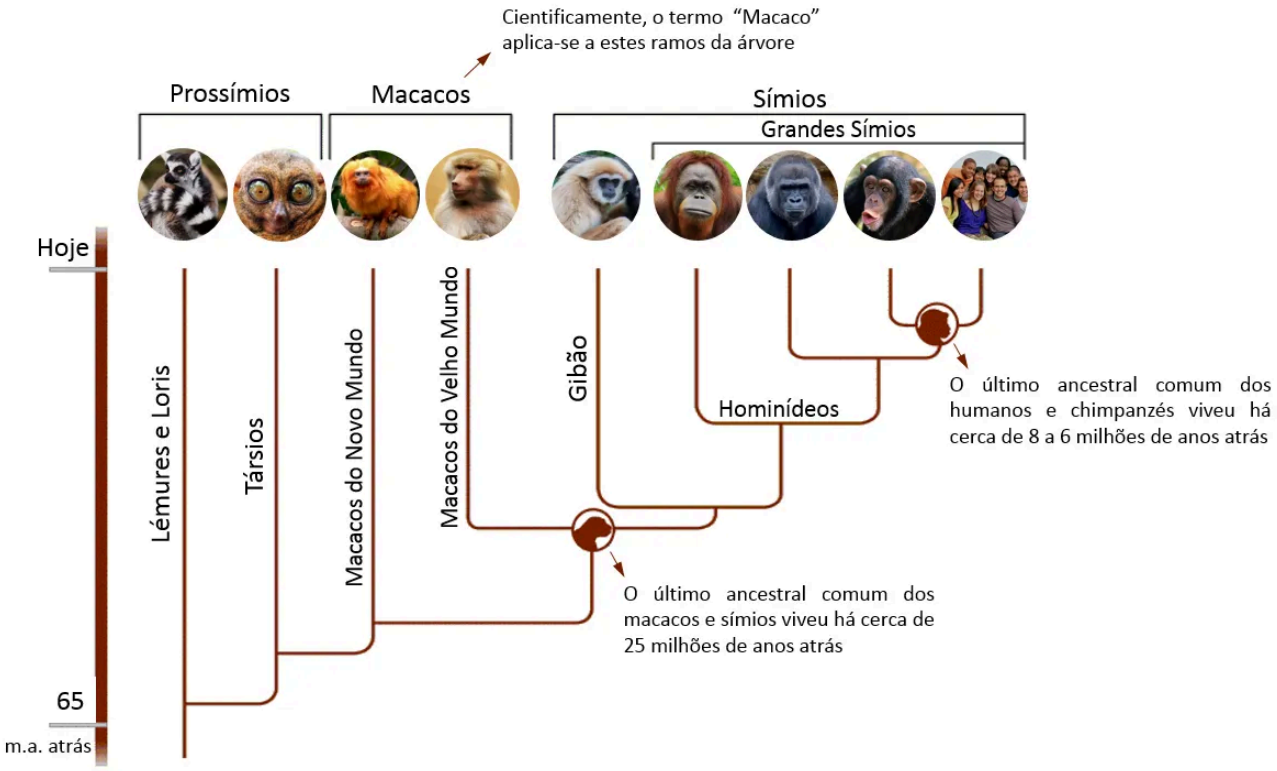
Aventurem-se pela ciência e estimulem cada vez mais os seus sistemas nervosos, porque é através dele que temos muitas outras conquistas pela frente.

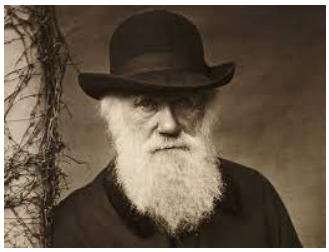
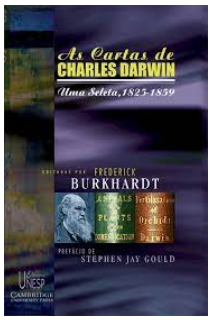
Isso é só o começo!

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.

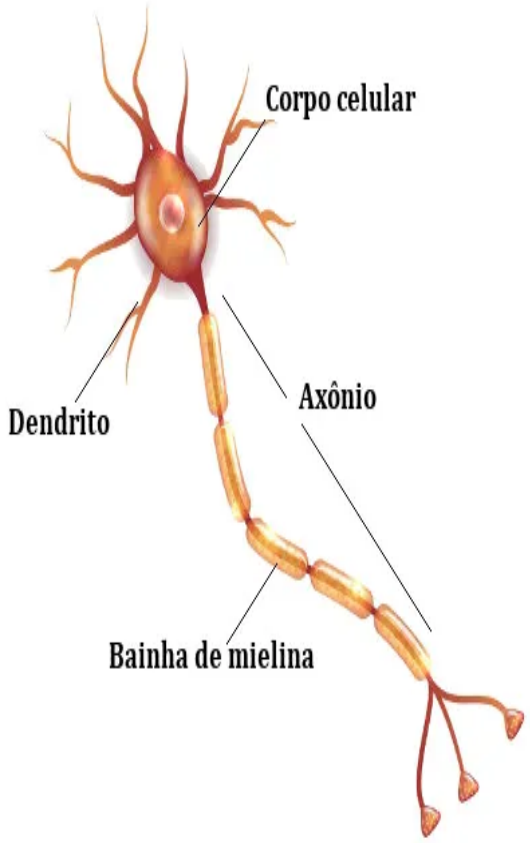


A árvore filogenética abaixo é citada na página 32. Explorem sem pressa, quais semelhanças aproximam ou distanciam os primatas abaixo? Lembre-se que os nós indicam ancestrais comuns.



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

M**arcador de páginas do guia**, a página 36 faz referência a ele.



REFERÊNCIAS

Carta ao estudante

Conceito de metazoários:
https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalago/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-lEA&ved=0ahUKEwilhfvAxqz-AhWuLLkGHadPCQIQ4dUDCA8&uact=5&oq=significado+de+inteligencia&gs_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcnAQAzIHCAAQigUQQzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgYIABAWEB4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEB46CwgAEIoFELEDEIMBOgsILhCKBRCxAxCDAToICC4QgAQQsQM6DgguEIAEELEDEMcBENEDOgsILhCABBDHARDRAzoLCAAQgAQQsQMQgwE6CAgAEIAEELEDOgoIABCKBRCxAxBDOgcIABCABBAKSgQIQRgAUABYtClgyytoAHABeAGAAbcDiAHRI5IBCjAuMTUuNi4xLjGYAQCgAQHAAQE&sclient=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.londresparaprincipiantes.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-neves-acontece-entre-outubro-e-dezembro-na-usp/

Imagem dos três crânios
fonte: https://brasilescola.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 Fev 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 Fev 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/fZ2hMpHIrbI

Página 37
Imagem
https://lobio.ufpa.br/AulasAnimaliaIIeIIIpdf/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/kjXL6jKCOYq2HM4FMYsh4WCZ3G5YgloL29fhkLzmyWsC-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_lDb3ATVYzIPnsIqQJceCcN5HlTxiwcG4bg&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/

Imgem 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-neandertal.shtml

Pagina 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.