

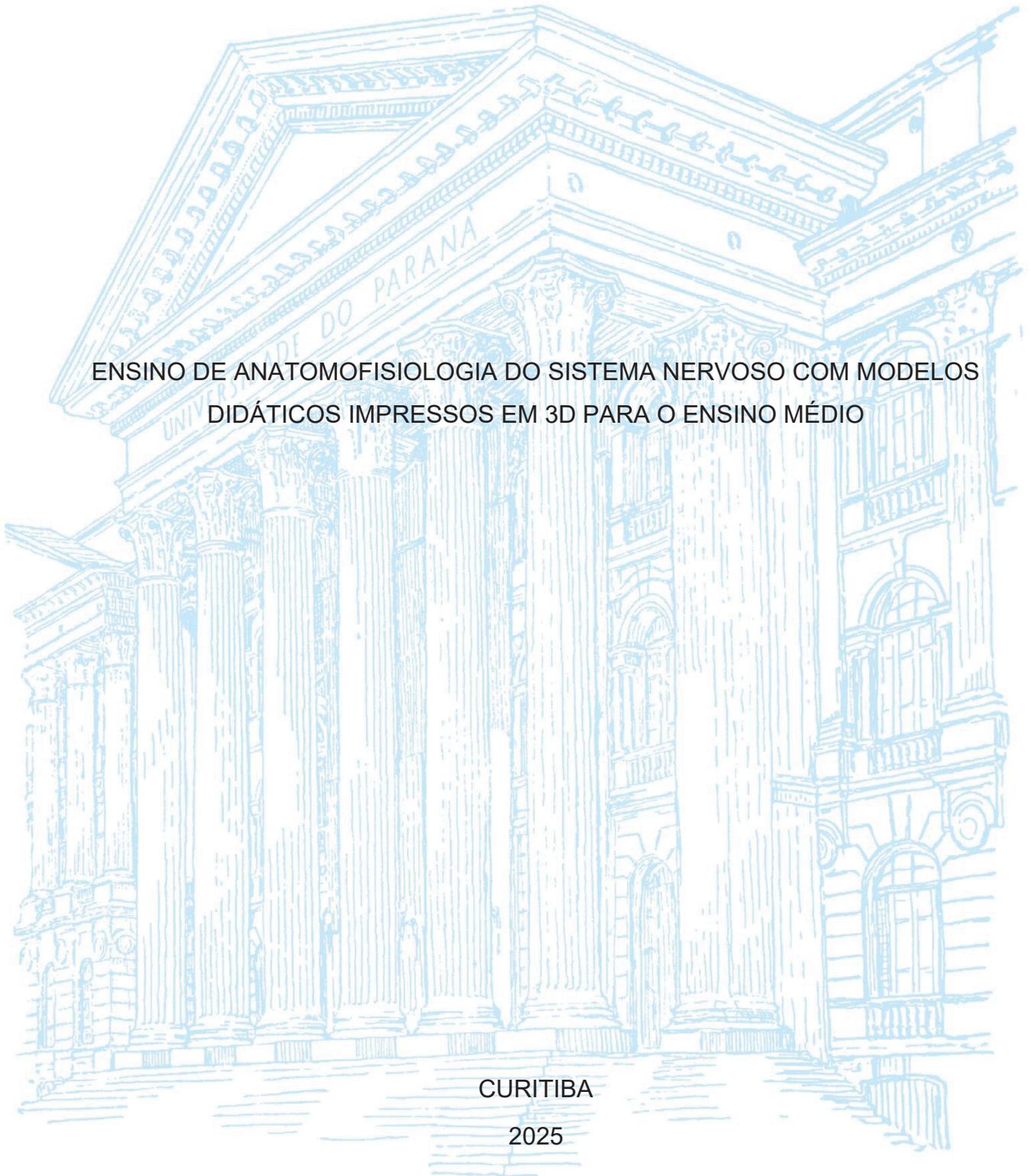
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DAYANE DE LIMA DA SILVEIRA

ENSINO DE ANATOMOFISIOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO COM MODELOS  
DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D PARA O ENSINO MÉDIO

CURITIBA

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DAYANE DE LIMA DA SILVEIRA

ENSINO DE ANATOMOFISIOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO COM MODELOS  
DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Fernanda Pioli Torres.

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Silveira, Dayane de Lima da

Ensino de anatomofisiologia do sistema nervoso com modelos didáticos impressos em 3D para o ensino médio / Dayane de Lima da Silveira. — Curitiba, 2025.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Fernanda Pioli Torres.

1. Sistema nervoso central. 2. Anatomia. 3. Fisiologia. 4. Tecnologia educacional. 5. Didática. 6. Biologia – Estudo e ensino. 7. Gamificação. I. Torres, Maria Fernanda Pioli, 1975-. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional. III. ProfBio. IV. Título.

Bibliotecária: Giana Mara Seniski Silva. CRB-9/1406

# TERMO DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE  
BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - 32001010175P5

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **DAYANE DE LIMA DA SILVEIRA**, intitulada: **ENSINO DE ANATOMOFISIOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO COM MODELOS DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D PARA O ENSINO MÉDIO**, sob orientação da Profa. Dra. MARIA FERNANDA PIOLI TORRES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 21 de Março de 2025.

Assinatura Eletrônica

24/03/2025 09:09:54.0

MARIA FERNANDA PIOLI TORRES

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

24/03/2025 15:57:43.0

JANETE DUBIASKI DA SILVA

Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUC/PR)

Assinatura Eletrônica

24/03/2025 12:19:52.0

EDSON ANTONIO TANHOFFER

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

## RELATO DA MESTRANDA

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)
MESTRANDA: DAYANE DE LIMA DA SILVEIRA
TÍTULO DO TCM: Ensino de anatomofisiologia do sistema nervoso com modelos didáticos impressos em 3D para o ensino médio.
DATA DA DEFESA: 21 de março de 2025
<p>Durante muitos anos da minha vida, especialmente após a faculdade, meu sonho era seguir a carreira acadêmica, cursar um mestrado e futuramente, um doutorado. No entanto, as dificuldades da vida e a necessidade de sustento me levaram a optar por caminhos profissionais que garantissem minha subsistência. A docência sempre esteve presente na minha trajetória, desde a infância, quando brincava de ser professora com as crianças do condomínio onde morava, até a escolha do curso de Biologia na faculdade.</p> <p>Desde 2008, leciono em escolas públicas, um ambiente pelo qual sou apaixonada, pois nele vivencio a pluralidade e tenho a oportunidade de ser um ponto de segurança e referência para seres humanos em formação. Com o passar dos anos, meus filhos cresceram e percebi que era hora de voltar a sonhar com o mestrado. Foi nesse momento que colegas de trabalho e estudo me incentivaram a tentar. Para minha surpresa, consegui!</p> <p>O PROFBIO trouxe de volta a energia que eu sentia estar se esvaindo em meio ao cansaço e ao estresse do dia a dia na sala de aula. Muitas vezes, a rotina não nos permite planejar aulas dinâmicas e focadas no pensamento científico e investigativo. Um dos aspectos mais importantes do curso foi a troca de experiências com colegas que enfrentam desafios semelhantes aos meus, como a falta de estrutura, materiais e tempo para preparar aulas mais ativas e interessantes. Estar em contato com esses colegas e poder reaprender com os professores foi essencial para renovar minha formação como docente de Biologia. A experiência de escrever este trabalho, orientada por uma professora extraordinária como a Dra. Maria Fernanda, ampliou meus conhecimentos de uma forma que talvez eu nunca tivesse acessado, possibilitando que eu também os compartilhe com meus alunos.</p> <p>Como mãe solo e professora com uma carga horária de 40 horas semanais, esse mestrado só foi possível graças ao auxílio da bolsa ofertada pela CAPES. Sou profundamente grata por essa oportunidade, que garantiu a qualidade de vida necessária durante esses dois anos de estudo intenso.</p> <p>O mestrado PROFBIO é uma oportunidade valiosa para professores, especialmente aqueles da rede estadual. As aulas ministradas pelos excelentes professores do curso foram extremamente enriquecedoras, proporcionando a bagagem necessária para retornar à sala de aula com novidades, segurança e competência. Hoje, sinto-me mais preparada para enfrentar as adversidades do cotidiano escolar e para aplicar novas metodologias ativas e investigativas. Além disso, saber que a Universidade permanece de portas abertas para me apoiar é um alívio e uma motivação adicional para continuar investindo na educação.</p>

## DEDICATÓRIA

*“Dedico este trabalho a todos(as) os(as) meus(minhas) alunos(as) e ex-alunos(as), pois foram eles(as) que me ajudaram a me tornar a profissional que sou hoje.”*

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho de conclusão de mestrado (TCM) foi desenvolvido no Setor de Ciências Biológicas da UFPR, sob orientação da Profa. Dra. Maria Fernanda Pioli Torres, e contou com o apoio financeiro da CAPES.

Cada vez que olho para o meu trabalho, vejo muito mais do que minhas próprias palavras. Estas páginas carregam a contribuição de todas as pessoas que, de alguma forma, me ajudaram a concluir este mestrado.

Meu profundo agradecimento à minha mãe, Juraci, que todas as sextas-feiras, vinha cuidar da minha filha para que eu pudesse me dedicar aos estudos. À minha filha Cecília, por suportar minha ausência, mesmo quando eu estava em casa, e por sempre me trazer café como um ato de apoio. Ao meu companheiro Rafael, que manteve minha casa limpa, organizada e preparava as refeições, permitindo que eu me dedicasse ao mestrado.

Sou imensamente grata às minhas amigas de grupo, Andressa e Ita, que estiveram ao meu lado, segurando minha mão durante todo o percurso. Aos colegas de mestrado, pelas experiências, risadas e desafios nesses dois anos. Agradeço às pessoas que sempre torceram por mim: minha irmã Amanda, minha afilhada Isabela e minha comadre Daiane.

Um agradecimento especial para Glaucyane e Débora, professoras da rede pública egressas do PROFBIO 2022, que me incentivaram a cursar o mestrado. Minha gratidão também à Francini, minha amiga e professora egressa do PROFBIO, por me encorajar.

Agradecimento mais que especial à minha orientadora, Dra. Maria Fernanda Pioli Torres. O universo conspirou para que ela entrasse na minha vida neste momento tão especial. Além de uma pesquisadora excepcional, foi parceira, humana e querida, e me acompanhou com dedicação. Sua orientação não só enriqueceu minha pesquisa, como também me apresentou a impressão 3D como uma ferramenta valiosa para a escola pública. Agradecimento ao professor Saulo Henrique Weber (PUC-PR) por auxiliar nos cálculos estatísticos dessa dissertação. Meu muito obrigada ao pessoal do 3DlifeLab, Fernanda, Thiago e Aicha que foram imprescindíveis ao meu trabalho.

Por fim, minha gratidão aos meus estudantes, que participaram das ASAAS e do meu trabalho de conclusão de curso. Vocês foram parte essencial deste projeto.

## RESUMO

O Novo Ensino Médio, estruturado para atender à Base Nacional Comum Curricular, promove uma reconfiguração dos conteúdos didáticos e inovações que visam aprimorar o ensino e a aprendizagem dos estudantes. A inovação no ensino de anatomia é vista pela utilização de modelos didáticos tridimensionais (3D) e se revela fundamental para facilitar a compreensão de conceitos complexos, embora a aquisição desses recursos nas escolas públicas seja frequentemente limitada. Nesta pesquisa, objetivou-se desenvolver e avaliar o impacto do uso de modelos impressos em 3D do sistema nervoso central, aplicando-os como ferramentas em uma sequência didática (SD) investigativa voltada para o ensino de Biologia. Para isso, foram produzidos modelos anatômicos do encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial, utilizando tecnologia de impressão 3D por fusão de filamento, o que permitiu uma abordagem inovadora e prática. O estudo foi conduzido com 27 estudantes matriculados no terceiro ano do ensino médio após obtenção dos termos de consentimento e de assentimento livres e esclarecidos assinados. A SD compreendeu três encontros, sendo que, ao final de cada um, foi aplicado um questionário (Q1, Q2 e Q3, respectivamente). No primeiro, foi realizada uma aula de nivelamento e aplicado o questionário Q1. No segundo encontro, a turma foi dividida em grupos G1 e G2 sendo que G1 utilizou os modelos 3D no início da SD enquanto G2 trabalhou com *e-books*, ambos tiveram acesso à internet para responder Q2. No terceiro encontro, adotou-se o método crossover para que todos os alunos experimentassem ambas as abordagens e, ao final da SD, responderam Q3. Os resultados evidenciaram eficácia inicial similar, mas destacaram diferenças significativas na aprendizagem, demonstrando que a ordem de introdução dos recursos pedagógicos impacta a consolidação do conhecimento, contribuindo para avanços educacionais significativos.

Palavras-chave: Biologia, Sequência didática, Tecnologia educacional, Gamificação, Sistema Nervoso Central.

## ABSTRACT

The New High School, structured to meet the National Common Curricular Base, promotes a reconfiguration of didactic content and innovations aimed at improving teaching and student learning. Innovation in the teaching of anatomy is seen using three-dimensional (3D) didactic models and has proven to be fundamental in facilitating the understanding of complex concepts, although the acquisition of these resources in public schools is often limited. This research aimed to develop and evaluate the impact of the use of 3D printed models of the central nervous system, applying them as tools in an investigative didactic sequence (DS) aimed at teaching Biology. For this purpose, anatomical models of the brain, neuron, and somatosensory homunculus were produced, using 3D printing technology by filament fusion, which allowed an innovative and practical approach. The study was conducted with 27 students enrolled in the third year of high school after obtaining the signed consent and assent forms. The DS consisted of three meetings, and at the end of each one, a questionnaire was applied (Q1, Q2, and Q3, respectively). In the first one, a leveling class was held and the Q1 questionnaire was applied. In the second meeting, the class was divided into groups G1 and G2, with G1 using the 3D models at the beginning of the DS while G2 worked with *e-books*. Both had access to the internet to answer Q2. In the third meeting, the crossover method was adopted so that all students could experience both approaches and, at the end of the SD, they answered Q3. The results showed similar initial effectiveness but highlighted significant differences in learning, demonstrating that the order in which pedagogical resources are introduced impacts the consolidation of knowledge, contributing to significant educational advances.

Keywords: Biology, Didactic sequence, Educational technology, Gamification, Central Nervous System.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Interface do site <a href="https://cults3d.com/">https://cults3d.com/</a> apresentando (A) quebra-cabeça de encéfalo original e (B) neurônio; (C) homuncúlo somatossensorial reconstruído em 3D por aplicativo.....	23
FIGURA 2 - Fluxograma do estudo. ....	26
FIGURA 3 - Estudantes respondendo os questionários sociodemográfico e Q1. ....	27
FIGURA 4 - Estudantes debatendo sobre os cenários em (A) grupo 1 com acesso aos modelos 3D e (B) grupo 2 com acesso ao <i>e-book</i> através de <i>tablets</i> e smartphones.....	28
FIGURA 5 - Modelos didáticos de (A) encéfalo, (B) neurônio e (C) homúnculo somatossensorial impressos em PLA. ....	31

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Comparação dos desempenhos nos questionários 1, 2 e 3 dos grupos 1 e 2. ....	344
GRÁFICO 2 - Demonstrativo dos acertos entre os questionários para os 27 estudantes.....	355
GRÁFICO 3 - Comparação dos resultados obtidos nos questionários 1, 2 e 3 para G1 E G2. ....	37
GRÁFICO 4 - Gráfico das respostas em escala likert sobre a percepção dos estudantes em relação a aprendizagem com modelos 3D. ....	39

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Perguntas respondidas pelos estudantes para avaliar a percepção de aprendizagem.....	29
TABELA 2: Média de acertos em Q1, Q2 e Q3 para G1 e G2. ....	355

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CC-BY NC-SA	Creative Commons, atribuição para uso não comercial, permissão e indicação de compartilhamento
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
EM	Ensino Médio
FGB	Formação Geral Básica
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
IF	Itinerário Formativo
LSD	Ácido lisérgico
NEM	Novo Ensino Médio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PLA	Ácido Polilático
Q1	Questionário 1
Q2	Questionário 2
Q3	Questionário 3
SD	Sequência Didática
STL	<i>Stereolithography</i>
SEED/PR	Secretaria Estadual de Educação do Paraná
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFPR	Universidade Federal do Paraná
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	17
1.1.1 Objetivo geral.....	17
1.1.2 Objetivos específicos .....	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1 ENSINO-APRENDIZAGEM E AS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS.....	18
2.2 O ENSINO E O CORPO HUMANO .....	20
2.3 A IMPRESSÃO 3D COMO FONTE DE MATERIAL DIDÁTICO .....	21
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO .....	22
3.2 APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	22
3.3 PRODUÇÃO DOS MODELOS 3D .....	22
3.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	23
3.4.1 Primeira Atividade: Nivelamento .....	26
3.4.2 Segunda Atividade .....	27
3.4.3 Terceira Atividade .....	28
3.4.4 Avaliação da Percepção dos Estudantes sobre a Utilização dos Modelos 3D .....	28
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	29
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
4.1 MODELOS 3D .....	30
4.2 ANÁLISE DO PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO .....	31
4.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS .....	32
4.3.1 Comparação dos Resultados de Q1 entre os Grupos 1 e 2 .....	33
4.3.2 Comparação dos Resultados de Q2 entre os Grupos 1 e 2 .....	33
4.3.3 Comparação dos Resultados de Q3 entre os Grupos 1 e 2 .....	33
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS ÀS DUAS TURMAS (G1 E G2).....	34
4.4.1 Comparação entre Q1 e Q2.....	36
4.4.2 Comparação entre Q1 e Q3.....	36
4.4.3 Comparação entre Q2 e Q3.....	36

4.5 PERCEPÇÃO DE APRENDIZAGEM DOS ESTUDANTES .....	37
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>
APÊNDICE 1 – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO(TALE) ....	51
APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO(TCLE) .	55
APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO SÓCIODEMOGRÁFICO .....	58
APÊNDICE 4 – SLIDES DA AULA EXPOSITIVA DE NIVELAMENTO .....	59
APÊNDICE 5 – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE (Q1) .....	69
APÊNDICE 6 – QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE (Q2) .....	71
APÊNDICE 7 – QUESTIONÁRIO PÓS-CROSSOVER (Q3).....	74
APÊNDICE 8 – <i>E-BOOK</i> – SISTEMA NERVOSO CENTRAL .....	77
APÊNDICE 9 – CENÁRIOS FICTÍCIOS.....	81
APÊNDICE 10 – - ARTIGO PARA SUBMISSÃO À XI EREBIOSul – VOZES DO SUL EDUCADOR.....	90
ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP/SCS - UFPR .....	98
ANEXO 2 – GRÁFICOS COM AS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO SOBRE A PERCEPÇÃO DE APRENDIZAGEM DOS ESTUDANTES .....	106

## 1. INTRODUÇÃO

A disciplina de Biologia tornou-se referência quando Antônio Ferreira de Almeida Júnior, professor emérito da Universidade de São Paulo (USP) publicou, em 1939, sua primeira edição do livro *Biologia Educacional* que passou a ser usado amplamente nos cursos de magistério (Bizzo, 2004). Atualmente, a Biologia faz parte do currículo do Ensino Médio (EM) na educação básica, desempenhando um papel fundamental ao promover conhecimento e compreensão sobre os seres vivos e suas relações com o meio ambiente e o universo, além de fomentar discussões que ampliam a visão de mundo.

Até o ano de 2019, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) serviram como referenciais para a definição dos conteúdos a serem abordados no ensino médio com ênfase na individualidade do componente de biologia. No entanto, a partir da promulgação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ocorreu uma reestruturação substancial do ensino médio em todo o território brasileiro. Atualmente, a disciplina de Biologia recebeu uma nova classificação por área, conhecida como Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que também engloba as disciplinas de Química e Física. A BNCC introduziu a aprendizagem centrada no desenvolvimento de habilidades e competências, com o propósito de promover a homogeneização da assimilação dos conteúdos em todo o país (Brasil, 2018).

Para além da implantação da BNCC, foi promovida uma reformulação no ensino médio denominada Novo Ensino Médio (NEM), ratificada pela Lei 13.415/17, sancionada em 2017. Este novo modelo educacional incorpora a Formação Geral Básica (FGB) e os Itinerários Formativos (IF) que englobam os preceitos da BNCC.

No estado do Paraná, a implementação do NEM ocorreu em 2022, e a Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED-PR) promoveu a elaboração do documento denominado Referencial Curricular, que estrutura a disciplina de Biologia nas seguintes unidades: Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo. A reestruturação resultou na reconfiguração da grade curricular ao longo das séries, uma vez que, neste modelo, os estudantes passam a selecionar a área de conhecimento na qual desejam se aprofundar a partir do segundo ano do ensino médio, através dos chamados Itinerários Formativos (IF) (Paraná, 2021; Paraná, 2023).

Segundo a Portaria n. 1.432/2018, um dos eixos estruturantes que regem os itinerários formativos é a investigação científica, com procedimentos de investigação voltados ao enfrentamento de situações cotidianas e demandas locais (Paraná, 2023).

Segundo Carvalho (2013), o ensino por investigação deve conter uma sequência para oportunizar os estudantes a testarem suas hipóteses, para iniciarem o pensamento científico e a construção de argumentações para discussão em sala. Para (Winne et al., 2018), a abordagem é centrada no estudante, sendo o professor a figura de orientador e guia, propondo discussões, permitindo a participação ativa dos estudantes, estimulando a criatividade e construção do próprio conhecimento. Roncaglio, Crisostimo e Bittencourt (2020) afirmam que os estudantes enfrentam dificuldades na compreensão de conceitos e na capacidade de criar representações tridimensionais, situação que é agravada quando os recursos são pouco interativos, principalmente quando os recursos se restringem a livros didáticos e ilustrações bidimensionais.

A anatomia do corpo humano sempre foi um assunto de muita curiosidade, principalmente para estudantes do ensino médio, porém, o estudo é geralmente focado apenas em livros com figuras, modelos sintéticos de sistemas e órgãos ou modelos tridimensionais digitais. Normalmente, o estudo em cadáveres fica restrito às faculdades de medicina (Araújo et al., 2014).

Conforme estabelecido na BNCC, o estudo acerca do corpo humano no ensino médio é elementar, incluindo sistemas e órgãos para que os estudantes compreendam as experiências e processos que ocorrem em seu organismo. No referencial curricular para o NEM do estado do Paraná, o conteúdo sobre o corpo humano encontra-se na disciplina de Biologia, localizada na Unidade Temática I (Organização dos Seres Vivos e Biodiversidade) e propõe abordagens diferentes para o estudo do corpo humano, reestruturando a organização dos conteúdos ao longo das diferentes séries. Esse formato de ensino visa permitir uma compreensão abrangente da vida, destacando a importância das ações de prevenção e promoção da saúde como parte integrante dos estudos (Brasil, 2018; Paraná, 2023).

As metodologias de ensino que se apresentam atualmente são as mais diversas para contemplar o modo de aprender dos estudantes. No que diz respeito ao ensino dos sistemas do corpo humano, o estudo sobre a anatomia é a porta de entrada sobre o assunto. Nesse sentido a metodologia de ensino por investigação, promove o estímulo ao questionamento, ao planejamento, à coleta de evidências, à formulação

de hipóteses embasadas em evidências e a comunicação, sendo a etapa inicial envolvendo a apresentação de situações-problema (Miranda, 2002).

Por outro lado a modelização de esquemas anatômicos favorece a construção do conhecimento proporcionando uma abordagem mais significativa ao estudante, transcendendo a aprendizagem somente por desenhos permitindo a comparação com o real. Assim como descreve Silva, Silva e Freitas (2016), é possível confirmar a importância da utilização dos modelos didáticos como complemento das aulas teóricas.

Para os docentes, a melhoria da aprendizagem dos estudantes requer atividades práticas, porém, nem sempre a sua realização é possível. Nesse sentido (Borges, 2002) relata que os motivos são a falta de atividades prontas, carência de estrutura e recursos, pois os professores não dispõem de tempo hábil para produção das suas próprias atividades, tampouco de laboratórios e modelos didáticos. Diante dessa realidade, os docentes acabam recorrendo a improvisações e uso de materiais do seu cotidiano.

As aulas práticas devem ser de cunho investigativo, e segundo (Krasilchik, 2004), atividades de laboratório desempenham funções singulares, fornecendo ao estudante a oportunidade de estabelecer um contato direto com fenômenos naturais através da manipulação de materiais, equipamentos e da observação de organismos vivos. Contudo, somente nesse tipo de aula os estudantes encontram resultados imprevistos desafiando sua imaginação e pensamento.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é elaborar uma sequência didática onde serão utilizados modelos tridimensionais (3D) produzidos por impressão 3D para o ensino investigativo correlacionando-se a estrutura com a função e disfunções causadas por doenças.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Produzir uma sequência didática onde serão utilizados modelos didáticos de sistema nervoso impressos em 3D como instrumentos facilitadores do processo de ensino-aprendizagem de anatomia e fisiologia para estudantes do ensino médio.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a. Selecionar, adaptar e imprimir em 3D modelos didáticos de encéfalo e neurônios;
- b. Elaborar uma sequência didática com abordagem investigativa para a utilização dos modelos 3D;
- c. Avaliar a influência dos modelos impressos em 3D sobre a aprendizagem mediante a aplicação de questionários;
- d. Comparar o resultado da aprendizagem pela metodologia convencional com a prática pedagógica enriquecida com modelos 3D;
- e. Analisar a percepção dos estudantes sobre a utilização de material 3D por meio de questionário específico.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ENSINO-APRENDIZAGEM E AS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

É essencial compreender como o conhecimento científico é construído e orientar os professores para a elaboração de sequências didáticas, como uma das abordagens investigativas em sala de aula. Deste modo, faz-se necessário o planejamento da aula com o envolvimento dos estudantes e seus conhecimentos prévios, para propiciar novas situações, como a resolução de problemas com o objetivo de construção de novos conhecimentos (Piaget, 1978).

O ensino por investigação deve ser ofertado de forma que os estudantes explorem novas questões e abordagens cognitivas. Dentro desse parâmetro é essencial que possam ter confiança em errar e poder realizar a reflexão de onde e como erraram, avaliando assim suas ações e gerando um processo de transformação e construção sobre o que já é familiar (Capecchi, 2013).

A disciplina de Saúde e Bem-estar, inserida em uma das trilhas de aprendizagem, faz parte do IF de Ciências da natureza e suas tecnologias que está presente no 3º ano do NEM, para estudantes que escolhem a partir do 2º ano seguirem para a área de exatas. A SEED-PR, mediante a publicação do caderno de IFs, organizou o currículo, visando um trabalho igualitário nas turmas onde as trilhas de aprendizagem são ensinadas e que todos os estudantes sejam simultaneamente contemplados com o mesmo trabalho durante o ano letivo. Na trilha de aprendizagem de Saúde e Bem-estar, foram considerados temas que estão dentro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) elaborado pela Organização das Nações Unidas (ONU) para a integração de políticas mundiais de promoção do bem-estar. O documento norteador para a disciplina contempla o estudo do corpo humano e seu bem-estar, atendendo as áreas da Biologia como anatomia, fisiologia, embriologia, histologia, parasitologia e microbiologia. A trilha de aprendizagem considera a elaboração de um plano de ação para a promoção da saúde na escola e um produto a ser entregue no final do 3º trimestre (Paraná, 2024).

As trilhas de aprendizagem estão divididas em três trimestres, dos quais cada trimestre possui três objetivos a serem atingidos e que trazem várias maneiras de trabalhar os conteúdos indicados pela mantenedora, inclusive com a indicação dos

conhecimentos prévios para aquele trimestre, que poderão entrar como um nivelamento antes de iniciar com o tema do trimestre (Paraná, 2024).

Nesse contexto, em que se propõem novas formas de ensinar por meio de abordagens investigativas, torna-se fundamental observar com atenção os livros didáticos que são utilizados em sala de aula. Na perspectiva de Martins; Eichler (2020) os livros didáticos apresentam de forma simplificada o conteúdo sobre corpo humano, entre eles a forma e a função do sistema nervoso, com conceitos reducionistas, dificultando a compreensão de sua complexidade. Martins; Eichler, (2020) observaram que os livros didáticos de várias editoras demonstraram uma discrepância em relação às funções e importância do sistema nervoso. Verificaram nos livros analisados, uma preocupação com relação à nomenclatura e funções, destacando os sistemas sensoriais e atos voluntários e arcos reflexos. O estudo também indicou uma média de 5,3 páginas dos livros didáticos do ensino médio dedicados ao sistema nervoso, o que evidenciou pouco destaque ao tema. Nesse sentido, as disciplinas das trilhas dos IFs não possuem livros didáticos específicos, causando dificuldades para se trabalhar em sala de aula com autonomia dos estudantes.

Destaca-se que o NEM foi uma tentativa de alinhar a educação às demandas do século XXI, ampliando a carga horária e reformulando o currículo com base no interesse dos estudantes, tornando-o flexível e adaptado às suas necessidades. A aplicação prática dessas mudanças enfrenta desafios, como adequação da infraestrutura escolar e a formação de professores para uma abordagem pedagógica mais investigativa, capaz de tornar o ensino verdadeiramente significativo e contextualizado para os estudantes (Brasil, 2018).

Nesse sentido, para (Ausubel, 2000), a aprendizagem ocorre significativamente por meio de atribuições de sentido, envolvendo a interação entre o conhecimento prévio do indivíduo, suas experiências culturais e contextuais, bem como os novos conteúdos apresentados. Esse processo permite que o indivíduo assimile e retenha conhecimentos de forma mais eficaz, uma vez que uma nova informação se conecta com esquemas de conhecimento já estabelecidos. Dessa forma, a aprendizagem promove significativamente uma integração ativa de ideias e vivências, o que facilita a construção de conhecimento e potencializa a retenção ao longo do tempo.

Adicionalmente, Freire (1992) argumenta que o processo de aprendizagem deve ser construído a partir dos saberes prévios dos estudantes, considerando suas

experiências cotidianas como ponto de partida para o ensino. Dessa forma, cada aluno contribui com perspectivas singulares que enriquecem a construção do conhecimento em sala de aula. Cabe ao professor utilizar essas contribuições para promover uma aprendizagem significativa, articulando os conhecimentos prévios dos estudantes com os novos conteúdos de forma dialógica e contextualizada.

## 2.2 O ENSINO DO CORPO HUMANO

Ensinar é preparar os estudantes para viver em sociedade e utilizar os conceitos e recursos para a tomada de decisões em sua vida cotidiana. Para Fracalanza (1987), o ensino de ciências deve desenvolver as habilidades de pensamento e método científico para que os estudantes possam adquirir a capacidade de observar, refletir, criar, julgar, comunicar, decidir e agir.

Nesse sentido, o ensino de ciências e biologia remete a lembrança dos estudantes ao ensino de astronomia, corpo humano, células, plantas e animais. Porém, Moraes e Guizzetti (2016) descrevem que os temas relacionados ao corpo humano carecem de práticas que abordam o conteúdo de forma sistematizada. Os autores relatam que o corpo humano é ensinado de forma fragmentada, sem interconexão clara entre os tecidos, órgãos e sistemas. Essa abordagem compartimentalizada ignora a complexidade e a interdependência das diversas partes do corpo, comprometendo a compreensão do funcionamento do corpo e suas dinâmicas internas.

Contudo, a disponibilidade de modelos anatômicos em escolas públicas, como esqueletos ou órgãos, é escassa ou inexistente, visto que esses materiais se deterioram ao longo dos anos e são de difícil reposição e conservação, dificultando de forma expressiva o ensino do corpo humano de forma integrada (Aráujo et al., 2014). Dessa forma, os modelos 3D impressos em polímeros oferecem uma alternativa inovadora e podem, inclusive, ser impressos com filamentos biodegradáveis.

Por meio da manipulação desses modelos, os estudantes passam a ter uma visão espacial mais precisa e realista das estruturas anatômicas do sistema nervoso, desenvolvendo habilidades mediante a observação e raciocínio favorecendo a prática docente com viés investigativo (Silva et al., 2016).

No contexto do ensino médio de escolas públicas, é possível desenvolver estratégias para promover o aprendizado significativo e investigativo mediante a

impressão 3D de modelos anatômicos do corpo humano ou de qualquer outro conteúdo.

### 2.3 A IMPRESSÃO 3D COMO FONTE DE MATERIAL DIDÁTICO

A produção de modelos anatômicos por impressão 3D é uma ferramenta relevante para a produção de material didático dentro das escolas, além de enriquecer o acervo de materiais didáticos, também permitem uma exploração investigativa ao passo que representam um sistema afetado por doenças comuns como depressão e dependência química (Onisaki e Vieira, 2019).

Guenther et al., 2021 afirmam que estudantes que têm acesso a modelos anatômicos impressos em 3D relatam aumento de confiança com seus projetos no ensino superior de Biologia e isso reflete em maior interesse no processo de aprendizagem. Straliozzo, Borges e Bonini (2021) demonstram que a utilização de impressora 3D e produção de estruturas neuroanatômicas 3D pelos estudantes de ensino médio favoreceram o entendimento das estruturas anatômicas e sua correlação com doenças do sistema nervoso.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO

O estudo de caso foi desenvolvido em uma turma do 3º ano do Novo Ensino Médio do Colégio Estadual Lincoln Setembrino Coimbra, localizado à Rua Bico de Lacre, 825, bairro Jardim Califórnia, no município de Araucária – PR. Os estudantes estavam matriculados na disciplina de Saúde e Bem-estar, que faz parte do IF dentro do componente de Ciências da Natureza e suas tecnologias.

#### 3.2 APROVAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Setor de Ciências da Saúde da UFPR sob o protocolo de aprovação número 75572323.4.0000.0102 (Anexo 1).

A turma foi selecionada por pertencer ao bairro de residência da mestranda, possibilitando maior pertencimento, e por contar com ela como professora titular em uma turma do ensino noturno. A turma contava com 30 estudantes matriculados e, desses, 27 foram incluídos como participantes no estudo. Vinte e um menores apresentaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinados pelos pais ou responsáveis (Apêndices 1 e 2). Seis estudantes maiores de idade assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Após a obtenção dos TCLE e TALE, os estudantes responderam um questionário sociodemográfico (Apêndice 3).

#### 3.3 PRODUÇÃO DOS MODELOS 3D

Foram produzidos seis conjuntos de modelos didáticos compostos por um modelo de encéfalo em formato de quebra-cabeça, um neurônio e um homúnculo somatossensorial. O quebra-cabeça de encéfalo e o neurônio foram obtidos no repositório Cults3D (<https://cults3d.com/en/3d-model/various/brain-anatomy-puzzle>, <https://cults3d.com/pt/modelo-3d/diversos/neuron-model>). Após a seleção dos modelos, os arquivos de quebra-cabeça e neurônio no formato *stereolithography* (STL) foram baixados com licença CC BY-NC-SA que permite remixar, adaptar e criar a partir do modelo 3D desde que a autoria seja citada. Os arquivos foram importados

no formato *stereolithography (STL)* para ajustes e adaptações no programa *Meshmixer* da *Autodesk 3.0*, que também serviu para o dimensionamento das peças.

O homúnculo somatossensorial foi reconstruído em 3D a partir da digitalização por aplicativo gratuito de smartphone de um modelo manufaturado em resina pertencente a um docente do Departamento de Anatomia da UFPR (Figura 1).

FIGURA 1 - INTERFACE DO SITE [HTTPS://CULTS3D.COM/](https://cults3d.com/) APRESENTANDO (A) QUEBRA-CABEÇA DE ENCÉFALO ORIGINAL E (B) NEURÔNIO; (C) HOMUNCÚLO SOMATOSSENSORIAL RECONSTRUÍDO EM 3D POR APLICATIVO.



Fonte: A autora (2023).

A impressão ocorreu por tecnologia de fusão de filamento termoplástico em impressoras *Creality*, disponíveis no Departamento de Anatomia da Universidade Federal do Paraná. O planejamento da impressão 3D foi realizado no software *Ultimaker Cura* (versão 5.7.1) e os modelos foram impressos em filamento ácido polilático (PLA) em impressoras *Creality Ender*.

### 3.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática (SD) com abordagem investigativa teve como finalidade a utilização de modelos didáticos de anatomia macro e microscópica do sistema nervoso central produzidos por processos de modelagem e impressão 3D. A SD foi organizada em três atividades aplicadas em três encontros de 1 hora e 40 minutos.

Os participantes foram divididos por conveniência de modo que nos Grupos 1 e 2 obtivéssemos uma distribuição equilibrada entre os gêneros masculino e feminino, garantindo homogeneidade demográfica. As variáveis dependentes corresponderam ao número de acertos nos questionários Q1, Q2 e Q3, cada um composto por 10 questões de múltipla escolha. O Q1 serviu como linha de base para avaliar o conhecimento prévio; o Q2 mensurou o impacto da primeira intervenção (com ou sem modelos 3D), enquanto o Q3 avaliou os efeitos após a troca das metodologias entre os grupos.

Para assegurar a validade do estudo, controlou-se a consistência das questões utilizadas nos Q2 e Q3 que, embora idênticas em conteúdo técnico, as perguntas foram reorganizadas na ordem de apresentação para evitar viés de memorização. Além disso, todas as aplicações ocorreram em ambiente controlado e com tempo limitado para resposta.

O estudo adotou um desenho experimental do tipo *crossover*, no qual dois grupos de participantes (G1 e G2) foram expostos sequencialmente a três intervenções pedagógicas distintas:

1. Aula introdutória expositiva de nivelamento;
2. Atividade com modelos 3D interativos do sistema nervoso central (encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial);
3. Atividade com *e-books* ilustrados acessados por *tablets*.

Para a primeira atividade (aula 1) foi preparada uma aula expositiva dialogada com apresentação de slides para o nivelamento da turma em conceitos básicos sobre anatomia e fisiologia do sistema nervoso (Apêndice 4).

Para a segunda e terceira atividades (aula 2 e aula 3) foram elaborados seis cenários com histórias fictícias sobre condições de saúde mental, vícios e doenças do sistema nervoso que acometem o ser humano. Os cenários fictícios abordaram os temas (1) Uso de *cannabis*, (2) Esclerose Múltipla, (3) Estudante de biologia e o homúnculo somatossensorial, (4) Depressão, (5) Tabagismo e (6) Afasia de Broca e Afasia de Wernicke.

Cada intervenção teve duração de 1 hora e 40 minutos sendo que no terceiro encontro os grupos trocaram de metodologia para avaliação final (Q3). A amostra composta por estudantes do terceiro ano do ensino médio randomizada com equilíbrio de gênero (masculino/feminino) e homogeneidade demográfica, isto é, com

participantes que apresentam perfis semelhantes quanto à idade, escolaridade, renda e ocupação.

Com o objetivo de avaliar e comparar o aprendizado dos estudantes pelo uso de modelos 3D, os estudantes receberam os questionários sociodemográfico e pré-teste (Q1) (Apêndice 5) após a aula introdutória de nivelamento. Na aula 2, inicialmente a turma foi dividida em dois grupos: Grupo 1 (G1) e Grupo 2 (G2), onde G1 foi submetida à aula enriquecida com modelo 3D, enquanto G2 teve a aula utilizando método convencional com *e-book*, ambas as turmas utilizaram internet e houve contextualização com cenários sobre casos fictícios sobre condições de saúde e hábitos que afetam o funcionamento do sistema nervoso.

Ao final dessa intervenção, houve aplicação de um questionário pós-teste (Q2) (Apêndice 6) com questões semelhantes para ambos os grupos. No encontro seguinte, também de 1 hora e 40 minutos, foi aplicado o *crossover* para a troca dos recursos pedagógicos entre as turmas G1 e G2 de modo que todos os estudantes tiveram a mesma oportunidade de aprendizado e cada estudante representou o seu próprio controle na análise estatística gerando, assim, resultados mais confiáveis. Após o *crossover*, houve aplicação do questionário (Q3) chamado de pós-*crossover* (Apêndice 7) que consistiu nas mesmas questões de Q2, porém, com ordem invertida tanto das questões quanto das alternativas para evitar viés de memorização.

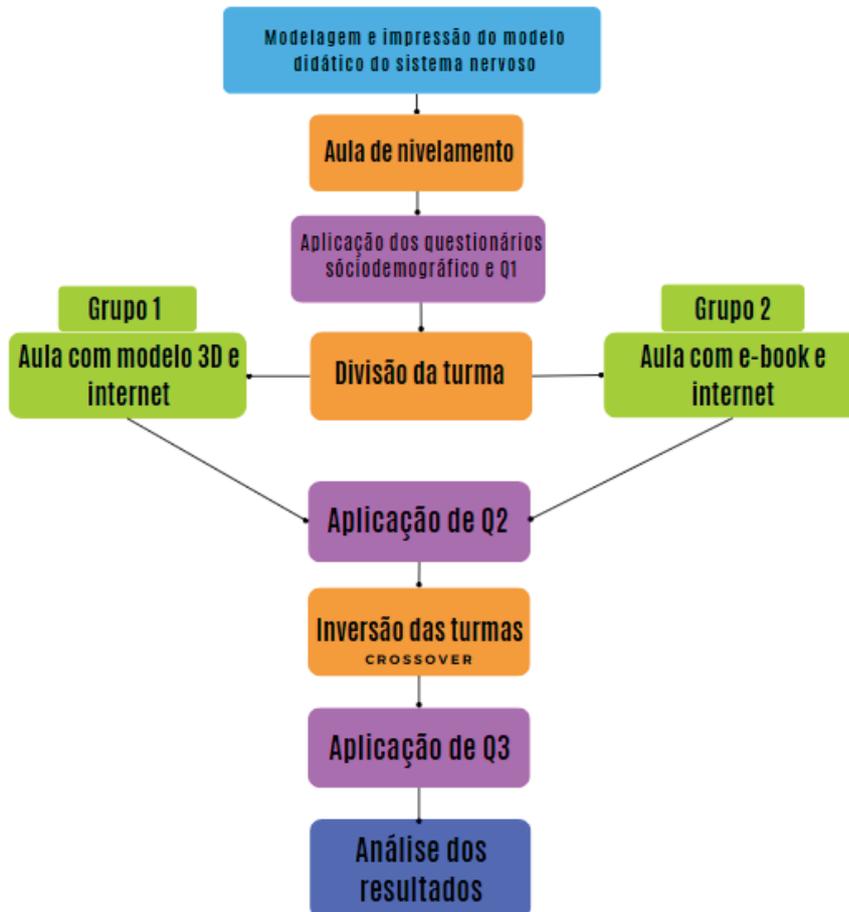
Todas as aplicações ocorreram em ambiente controlado com tempo cronometrado (20 minutos por questionário).

Para embasar o debate e a resolução sobre esses cenários foram preparados recursos pedagógicos complementares representados pelos modelos didáticos 3D produzidos por técnicas de modelagem e impressão 3D, e um *e-book* que foi acessado por *tablets*. O fluxograma do estudo é apresentado na Figura 2.

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi de ensino experimental, no qual os estudantes manipularam e interagiram com peças do sistema nervoso impressas em 3D, promovendo a participação ativa no conhecimento da anatomia macro e microscópica, estimulando a observação, a geração de hipóteses e a análise crítica frente aos problemas expostos nos cenários fictícios. Como estratégia de gamificação, foi utilizado um quebra-cabeça anatômico, que além de promover o engajamento e a motivação dos estudantes, configurou-se como uma forma lúdica e desafiadora de revisão e fixação do conteúdo, evidenciando que o quebra-cabeça é também um tipo de jogo educativo que integra os princípios da gamificação no processo de ensino-

aprendizagem (Apêndice 9) apresentados durante as aulas que foram organizadas em três exposições descritas a seguir.

FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DO ESTUDO.



Fonte: A autora (2023).

### 3.4.1 Primeira Atividade: Nivelamento

Consistiu na primeira aula introdutória com duração de 1 hora e 40 minutos apresentada para todos os alunos com apresentação de slides sobre o sistema nervoso, com maior atenção ao sistema nervoso central, objeto dessa pesquisa. Foram correlacionadas anatomia, fisiologia e patologia, e foram abordados temas como saúde mental e vícios. O material para a aula de nivelamento foi produzido no programa Canva utilizando-se figuras e imagens de domínio público para a produção da aula. Posteriormente à aula, os alunos receberam o questionário sociodemográfico e Q1 com perguntas sobre o conteúdo abordado na aula de nivelamento. A Figura 3 apresenta os estudantes respondendo os questionários ao final da primeira exposição.

FIGURA 3 - ESTUDANTES RESPONDENDO OS QUESTIONÁRIOS SOCIODEMOGRÁFICO E Q1.



Fonte: A autora (2024).

#### 3.4.2 Segunda Atividade

Os estudantes foram separados em grupos G1 e G2 com 13 e 14 estudantes respectivamente e cada turma foi subdividida em três grupos com representantes dos gêneros masculino e feminino. Os Grupos 1 e 2, previamente organizadas para a resolução do Q1 após a aula de nivelamento foram orientadas a agruparem-se em subgrupos de três ou quatro indivíduos para receberem os modelos didáticos 3D, no caso do Grupo 1, e os *tablets* para acesso ao *e-book* no caso do Grupo 2. Essa atividade teve duração de 1 hora e 40 minutos, o que correspondeu a duas aulas de 50 minutos, todos os estudantes tiveram livre acesso à internet através dos *tablets* ou dos próprios aparelhos celulares.

Cada subgrupo do G1 e G2 recebeu modelos 3D e três cenários sobre casos clínicos que representavam exemplos de doenças e hábitos que afetam a fisiologia do sistema nervoso central. Para embasar o debate e a resolução dos casos apresentados na forma dos cenários, foram entregues os modelos 3D de encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial para G1, e *tablets* para G2 para que pudessem acessar o *e-book* (Apêndice 8). Na Figura 4 são observados estudantes do G1 com os modelos 3D durante a atividade de debate sobre três cenários. Após a realização da atividade com modelos 3D (G1) e com *e-book* (G2), todos os estudantes foram submetidos ao segundo questionário Q2.

FIGURA 4 - ESTUDANTES DEBATENDO SOBRE OS CENÁRIOS EM (A) GRUPO 1 COM ACESSO AOS MODELOS 3D E (B) GRUPO 2 COM ACESSO AO E-BOOK ATRAVÉS DE TABLETS E SMARTPHONES.



Fonte: A autora (2024).

### 3.4.3 Terceira Atividade

No terceiro encontro foi realizada a inversão das metodologias aplicadas aos grupos G1 e G2 aplicando-se o método de *crossover* que, além de oferecer maior controle da variabilidade individual, garante que todos os estudantes tenham acesso às mesmas oportunidades de aprendizado.

Para isso, também foram utilizadas duas aulas de 50 minutos cada em que G1 recebeu os *tablets* para acessar o *e-book* enquanto G2 recebeu os modelos 3D. Todos os estudantes tiveram livre acesso à internet e receberam três cenários diferentes daqueles estudados na atividade 2.

Ao final da terceira atividade, todos os estudantes foram submetidos ao terceiro questionário (Q3) contendo as mesmas questões de Q2, porém em ordem diferente de perguntas e respostas. Após a entrega de Q3, os estudantes tiveram acesso às respostas corretas dos questionários e foi estimulado o debate sobre as questões dos casos apresentados nos cenários.

### 3.4.4 Avaliação da Percepção dos Estudantes sobre a Utilização dos Modelos 3D

Após a conclusão da SD, os estudantes foram convidados a responderem um questionário (Tabela 1) on-line sobre a percepção da aprendizagem através do *Google Forms* (<https://forms.gle/4VwhoKwai7Uwk9RX6>).

TABELA 1 - PERGUNTAS RESPONDIDAS PELOS ESTUDANTES PARA AVALIAR A PERCEPÇÃO DE APRENDIZAGEM.

Nº	Pergunta
1	A utilização do modelo de quebra -cabeça do encéfalo impresso em 3D facilitou meu entendimento sobre a anatomia do encéfalo.
2	Eu considerei uma atividade com o modelo impresso em 3D do encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial envolvente e interessante.
3	A experiência prática com o modelo de quebra -cabeça impresso em 3D de encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial aumentou minha motivação para aprender sobre neurociência.
4	A atividade com o modelo impresso em 3D do encéfalo dificultou a visualização das diferentes partes do encéfalo.
5	O uso do modelo de quebra -cabeça de encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial impresso em 3D promoveu uma melhor interação entre os colegas durante uma aula.
6	Eu me sinto mais confiante ao discutir sobre a anatomia do encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial após uma atividade com o modelo impresso em 3D.
7	A atividade prática com o modelo de quebra -cabeça de encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial não foi complementar ao conteúdo teórico da aula.
8	O modelo de quebra -cabeça de encéfalo em 3D foi claro e fácil de montar.
9	Eu gostaria de participar de mais aulas que utilizam modelos 3D para ensino de conceitos complexos.
10	A utilização do modelo de quebra -cabeça do encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial impresso em 3D contribuiu para uma compreensão mais profunda do tema abordado.

Fonte: A autora (2024).

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na análise estatística, foram utilizados os testes de *Wilcoxon*, teste t e o teste de *Mann-Whitney*. Comparações entre os pares de variáveis ( $Q1 \times Q2$ ,  $Q1 \times Q3$  e  $Q2 \times Q3$ ) utilizaram o teste de *Wilcoxon* para dados não paramétricos, e o teste t foi aplicado em condições normais e foram considerados resultados significativos aqueles com  $p < 0,05$ . Para a comparação entre Grupo 1 e Grupo 2, foi aplicado o teste de *Mann-Whitney* com valor de significância de  $p < 0,05$ .

## 4. RESULTADOS

A atividade que originou os resultados a serem apresentados foi aplicada em uma turma com 30 estudantes matriculados no terceiro ano do ensino médio, no segundo semestre de 2024. Desses, foram excluídos do estudo 3 estudantes que não entregaram os TCLE. Esta investigação foi conduzida com o objetivo de verificar e analisar a aprendizagem significativa através da manipulação de modelos didáticos do sistema nervoso central impressos em 3D em comparação ao método convencional, que consiste na utilização de um *e-book* e acesso à internet, visando a retenção de informações sobre o conteúdo específico. A sequência didática foi planejada para assegurar que o material abordado estivesse em consonância com as competências e habilidades delineadas pela BNCC na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.:

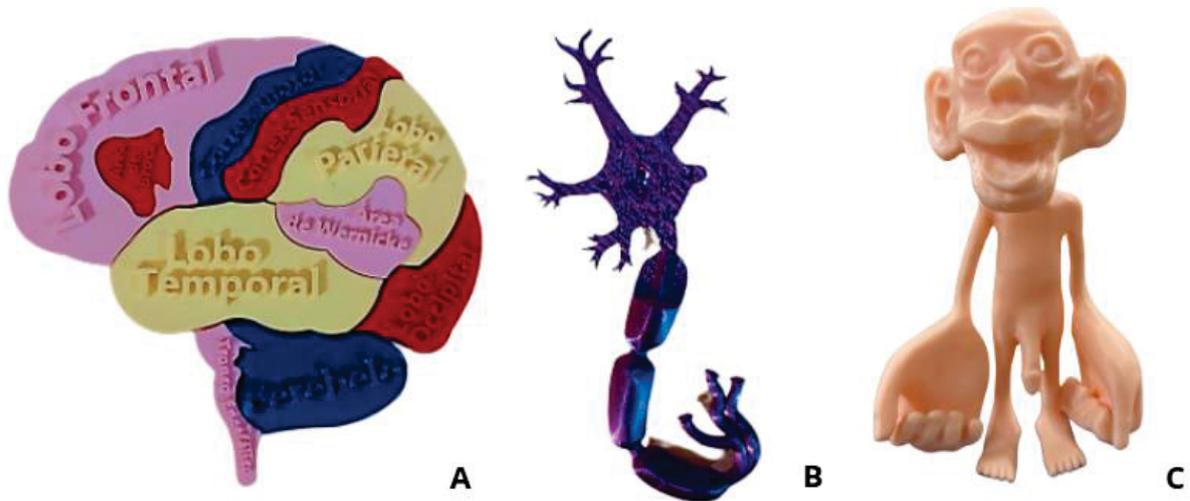
- Competência específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
- Habilidades: (EM13CNG207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

O conteúdo sobre o sistema nervoso está contemplado dentro do IF de Saúde e Bem-estar no 2º trimestre, para os estudantes que escolheram seguir na área de exatas no 3º ano do novo ensino médio, conforme disponibilizado pela SEED/PR.

### 4.1 MODELOS 3D

A impressão ocorreu com filamento termoplástico de ácido polilático (PLA) em impressoras *Creality Ender* do Departamento de Anatomia da UFPR e estão representados na Figura 5.

FIGURA 5 - MODELOS DIDÁTICOS DE (A) ENCÉFALO, (B) NEURÔNIO, E (C) HOMÚNCULO SOMATOSSENSORIAL IMPRESSOS EM PLA.



Fonte: A autora (2024).

#### 4.2 ANÁLISE DO PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

O perfil sociodemográfico foi traçado a partir da análise de um questionário com 12 perguntas e revelou que 17 participantes eram do gênero masculino e 10 do gênero feminino com idades entre 16 e 18 anos. Vinte e um participantes pertencem às classes sociais D ou E sendo que 13 informaram residir com pais e irmãos e, desses, cinco trabalham para contribuir com as despesas da casa e 11 declararam que a família recebe auxílio governamental (Anexo 2).

A análise sociodemográfica permitiu identificar padrões de consumo de entorpecentes entre os adolescentes participantes do estudo. Observou-se o uso de diferentes substâncias, como álcool, cigarro eletrônico (vape), maconha e cigarro, com distintas prevalências entre os gêneros.

O álcool foi a substância mais prevalente, consumido por todas as dez adolescentes do gênero feminino e por nove dos adolescentes do gênero masculino.

O uso combinado de substâncias é uma preocupação ainda maior nesse contexto. No grupo de adolescentes do gênero feminino, três adolescentes relataram uso de álcool, maconha, vape e cigarro, enquanto uma declarou o uso de álcool, maconha, ecstasy, vape e cigarro, o que pode intensificar os efeitos deletérios no desempenho acadêmico. Entre os adolescentes do gênero masculino, nove declararam uso de álcool, maconha e cigarro.

No grupo de adolescentes do gênero masculino, destaca-se ainda um caso isolado de consumo de cocaína e outro indivíduo que declarou utilizar ácido lisérgico (LSD). Além disso, o uso de anabolizantes (trembolona) por um adolescente do gênero masculino.

#### 4.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Para avaliar a contribuição dos modelos 3D no processo de ensino e aprendizagem, foram aplicados questionários compostos por 10 questões de múltipla escolha. O primeiro questionário (Q1) foi aplicado após a aula introdutória de nivelamento, o segundo questionário (Q2) foi aplicado após a primeira aula em que foram disponibilizados os modelos 3D para G1 e *tablets* para G2, e o terceiro questionário (Q3) foi aplicado após o *crossover*. Tanto G1 quanto G2 receberam seis cenários fictícios em que foram apresentados casos clínicos e hábitos que afetam o funcionamento do sistema nervoso central. Os questionários não foram avaliativos e os estudantes foram antes informados sobre o caráter exclusivamente científico da atividade proposta.

O método *crossover* consiste na exposição de cada participante a diferentes intervenções em sequência. Neste estudo, os participantes foram submetidos a duas intervenções pedagógicas: uma aula utilizando modelos 3D do sistema nervoso central (encéfalo, neurônios e homúnculo somatossensorial) e outra baseada em abordagem convencional com *e-books* e imagens 2D não interativas. As intervenções ocorreram em duas aulas com 1h e 40 minutos de duração cada, permitindo a comparação dos resultados por meio do teste t de Student para amostras independentes, escolhido para analisar diferenças entre grupos distintos em relação à mesma variável dependente, o desempenho em questionários com questões de múltipla escolha sobre fundamentos de anatomia e fisiologia do sistema nervoso central.

O objetivo central foi investigar se a utilização de modelos 3D interativos melhoraria significativamente a retenção de informações sobre anatomia do sistema nervoso central comparada ao método tradicional baseado em ilustrações. Os resultados obtidos visam embasar decisões pedagógicas sobre recursos didáticos inovadores em contextos educacionais formais ou informais.

#### 4.3.1 Comparação dos Resultados de Q1 entre os Grupos 1 e 2

O teste t de Student comparando os desempenhos iniciais dos grupos G1 e G2 no Q1 aplicado após aula introdutória de nivelamento não revelou diferenças estatisticamente significativas ( $p = 0,423$ ). Esse resultado ( $p > 0,05$ ) confirma que ambos os grupos partiram de uma base conceitual equivalente antes da implementação das intervenções pedagógicas diferenciadas (modelo 3D para G1 vs. recursos digitais convencionais para G2), validando a eficácia do processo de nivelamento inicial.

A equivalência observada reforça a robustez do desenho experimental: a divisão aleatória dos participantes garantiu homogeneidade prévia entre os grupos, permitindo atribuir diferenças posteriores nos resultados exclusivamente às metodologias aplicadas e não a variáveis pré-existentes como disparidades no conhecimento inicial. Essa homogeneização é essencial para análises causais em estudos comparativos com intervenções pedagógicas distintas.

#### 4.3.2 Comparação dos Resultados de Q2 entre os Grupos 1 e 2

Após a primeira fase de intervenções pedagógicas e aplicação de Q2, o teste t de Student comparando as médias dos grupos G1 e G2 não revelou diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,213$ ). Embora as metodologias tenham sido distintas, onde G1 utilizou modelo 3D e G2 utilizou recursos convencionais (*e-book*), os desempenhos médios mantiveram-se próximos (G1 com 3,43 acertos e G2 com 3,86 acertos). Esse achado sugere que ambas as abordagens promoveram aprendizado imediato equivalente na fase inicial do estudo.

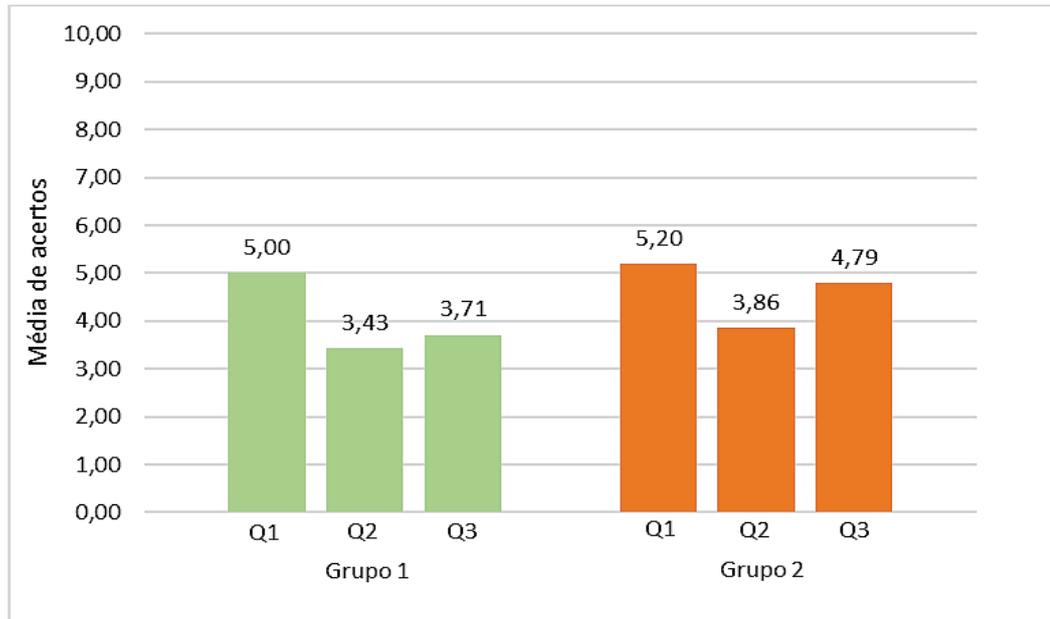
#### 4.3.3 Comparação dos Resultados de Q3 entre os Grupos 1 e 2

A análise dos resultados do Q3 revelou diferenças tanto nas médias quanto nos desvios-padrão. Enquanto G1 obteve média de 3,71 acertos e desvio-padrão de 1,90, G2 apresentou média superior de 4,79 acertos, mas com maior variabilidade nos resultados, refletida no desvio-padrão de 2,22.

Os dados sugerem que a G2, que utilizou o modelo 3D somente na etapa final, conseguiu maior retenção de conteúdo no teste final, superando G1 em desempenho médio. No entanto, o desvio-padrão mais elevado indica maior dispersão nos acertos, abrangendo estudantes com resultados altos (7-8 acertos) e outros com

desempenhos mais baixos (3 acertos). Por outro lado, G1 que usou o modelo 3D no início do processo, apresentou menor média geral, mas com desempenho mais homogêneo, sem grandes variações entre os alunos (Gráfico 1).

GRÁFICO 1 - COMPARAÇÃO DOS DESEMPENHOS NOS QUESTIONÁRIOS 1, 2 E 3 DOS GRUPOS 1 E 2.



Fonte: A autora (2025).

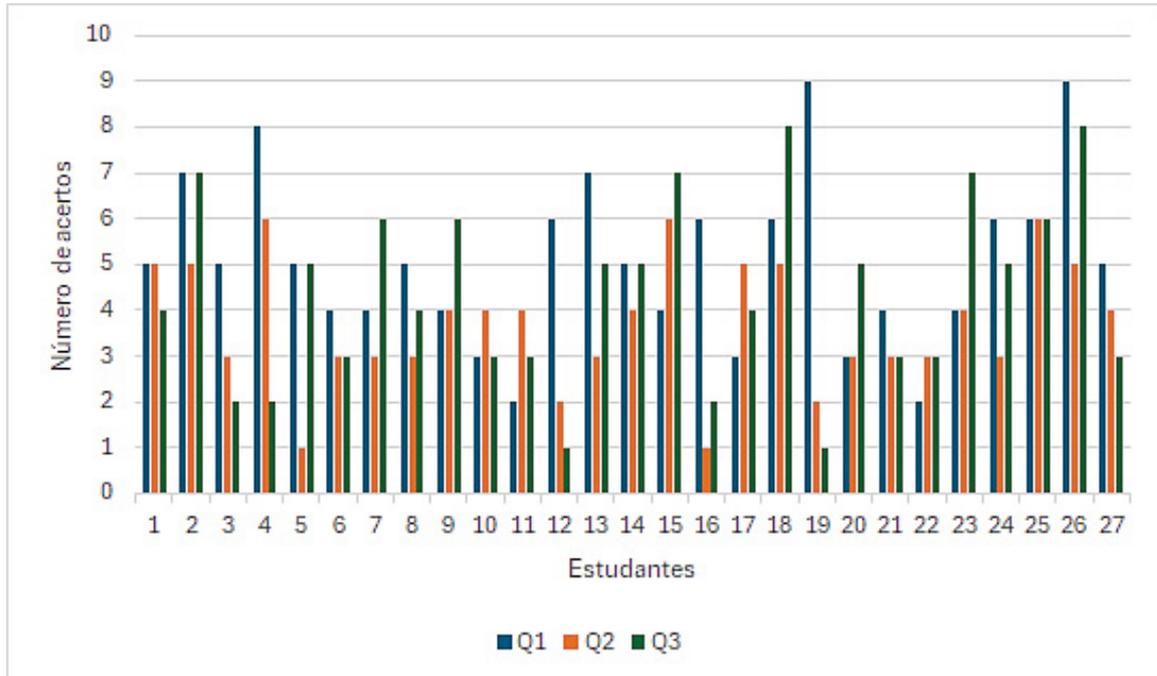
#### 4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS GRUPOS (G1 E G2)

O estudo comparou duas turmas que receberam recursos pedagógicos em sequências opostas:

- Grupo G1: Iniciou com modelos 3D e depois utilizou *e-books*.
- Grupo G2: Seguiu a ordem inversa recebendo *e-books* primeiro e depois modelos 3D.

Em relação ao desempenho verificado com base nos resultados dos questionários Q1, Q2 e Q3 em ambas as turmas (G1 e G2) foi possível observar tendências gerais e individuais em relação à evolução do desempenho ao longo das etapas (Gráfico 2).

GRÁFICO 2 - DEMONSTRATIVO DOS ACERTOS ENTRE OS QUESTIONÁRIOS PARA OS 27 ESTUDANTES.



Fonte: A autora (2025).

Ambas as turmas apresentaram padrões semelhantes de desempenho ao longo dos três questionários (Q1, Q2 e Q3), com quedas no Q2 e recuperação parcial no Q3, embora com nuances que diferenciam seus resultados. Em ambas as turmas foi observado declínio no índice de acertos entre Q1 e Q2 indicando heterogeneidade inicial no domínio do conteúdo. No Q3, ambas as turmas tiveram recuperação modesta sendo que a turma que teve acesso antes aos modelos 3D (G1) elevou a média de 3,6 acertos para 4 acertos, enquanto G2 que interagiu depois com os modelos registrou progressão. Contudo, em ambas persistiu um grupo com desempenho crítico (1 a 3 acertos). A média geral e o desvio padrão para os resultados obtidos em ambas as turmas estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: MÉDIA DE ACERTOS EM Q1, Q2 E Q3 PARA G1 E G2.

TABELA COMPARATIVA- MÉDIA DE ACERTOS						
	Q1		Q2		Q3	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
<b>G1 e G2</b>	5,07	1,86	3,67	1,39	4,25	2,1

Fonte: A autora (2024).

Os questionários aplicados em três momentos (Q1: início; Q2: após primeira intervenção; Q3: após crossover) revelaram padrões distintos de desempenho associados à ordem de uso dos recursos.

#### 4.4.1 Comparação entre Q1 e Q2

A comparação entre os momentos Q1 e Q2 evidenciou como cada turma reagiu à primeira intervenção metodológica. Na G1 houve uma queda significativa no desempenho após a introdução do modelo 3D (teste t:  $p = 0,0026$ ).

Já em G2, a diferença foi menos expressiva ( $p = 0,0443$ ), mas ainda significativa.

#### 4.4.2 Comparação entre Q1 e Q3

Essa comparação permitiu avaliar a consolidação do aprendizado após a realização do *crossover* e revelou padrões distintos de retenção do conhecimento. Em G1 observou-se recuperação parcial do desempenho em Q3 aproximando-se do nível inicial de Q1 ( $p = 0,0499$ ).

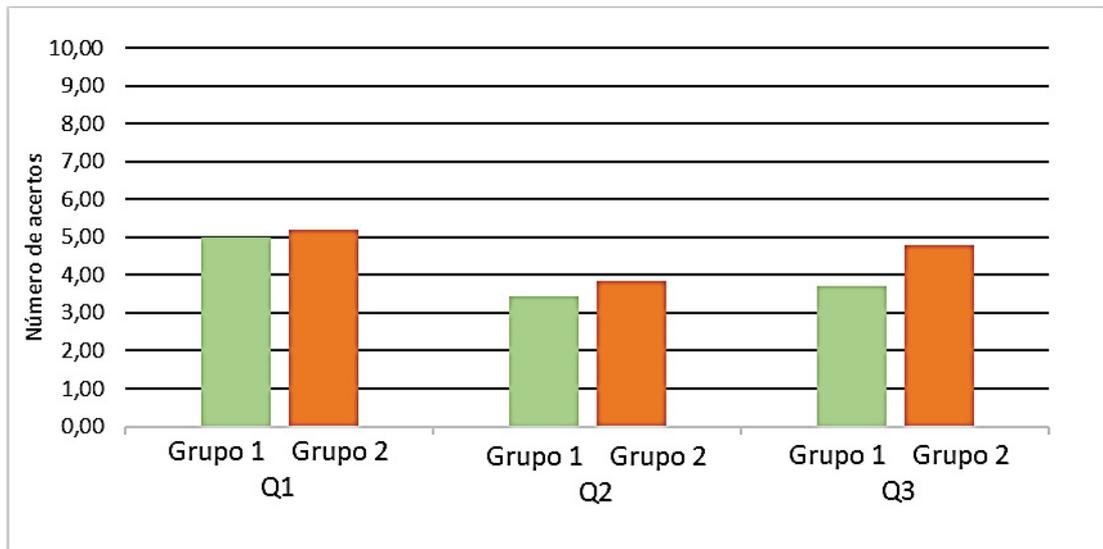
Por outro lado, em G2 não houve diferença significativa entre Q1 e Q3 ( $p = 0,3290$ ) indicando que a introdução tardia do modelo 3D não foi suficiente para gerar um impacto perceptível no desempenho final em relação ao início da atividade.

#### 4.4.3 Comparação entre Q2 e Q3

Essa comparação permitiu avaliar o efeito da troca de métodos na etapa final mediante uma análise comparativa entre os momentos posteriores ao *crossover* e revelou diferenças entre as turmas.

Já em G2 observou-se uma melhora significativa no desempenho após o *crossover* ( $p = 0,0183$ ). A introdução do modelo 3D na etapa final parece ter complementado as lacunas deixadas pelos recursos convencionais utilizados inicialmente (Gráfico 3).

GRÁFICO 3 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS QUESTIONÁRIOS 1, 2 E 3 PARA G1 E G2.



Fonte: A autora (2024).

Esse resultado parcial permite concluir que, enquanto a turma G1 manteve estabilidade após dominar o modelo 3D desde o início, o grupo G2 beneficiou-se da introdução tardia desse recurso para aprimorar sua compreensão de conteúdos complexos.

Os resultados reforçam a importância de planejar não apenas quais recursos utilizar, mas também quando utilizá-los para otimizar o engajamento e a retenção do conhecimento pelos estudantes.

Os resultados obtidos a partir da aplicação da sequência didática com modelos 3D nesta pesquisa serão divulgados em um artigo científico submetido à revista *Educação em Foco* da Universidade Estadual de Minas Gerais (Apêndice 10) e tem como objetivo a divulgação científica voltada aos docentes do ensino regular, auxiliando-os na reflexão e no planejamento das metodologias ativas.

#### 4.5 PERCEPÇÃO DE APRENDIZAGEM DOS ESTUDANTES

As percepções dos estudantes sobre as metodologias aplicadas foram analisadas por meio de questionário qualitativo que foi encaminhado pelo *Google Forms*, cujo link foi disponibilizado após a conclusão das atividades. As perguntas estão relacionadas na Tabela 2 sendo todas as perguntas objetivas em escala Likert. Os dados revelaram nuances importantes sobre engajamento, dificuldades e preferências pedagógicas.

A percepção dos estudantes sobre o uso de modelos impressos em 3D para o ensino da neuroanatomia, considerou aspectos como compreensão do conteúdo, engajamento, motivação, clareza do modelo e sua aplicabilidade educacional.

A maioria dos participantes concordou que a atividade contribuiu para um melhor entendimento do tema, sendo que 15 alunos concordaram parcialmente e 6 totalmente com essa afirmação. Além disso, o modelo foi considerado claro e fácil de montar, reforçando sua viabilidade como ferramenta didática. Também foi observado que a utilização do modelo proporcionou uma compreensão mais profunda do conteúdo abordado, o que reforça sua relevância pedagógica.

Em relação ao engajamento e à motivação, os resultados apontam que a atividade foi considerada envolvente e interessante, com respostas predominantemente positivas. A maioria dos alunos afirmou que a experiência aumentou seu interesse em aprender sobre neurociência, destacando o impacto positivo da metodologia na motivação dos estudantes.

Outro aspecto analisado foi a confiança dos alunos ao discutir sobre neuroanatomia após a atividade. Embora a maioria tenha se mantido neutra em relação a essa questão, uma parcela significativa concordou que a atividade os ajudou a se sentir mais confiantes no tema.

Por outro lado, algumas dificuldades foram apontadas pelos participantes. Uma parcela relevante dos alunos afirmou que o modelo impresso em 3D dificultou a visualização das diferentes partes do cérebro, embora a maioria tenha discordado dessa afirmação. Além disso, alguns estudantes relataram que a atividade prática não complementou adequadamente o conteúdo teórico.

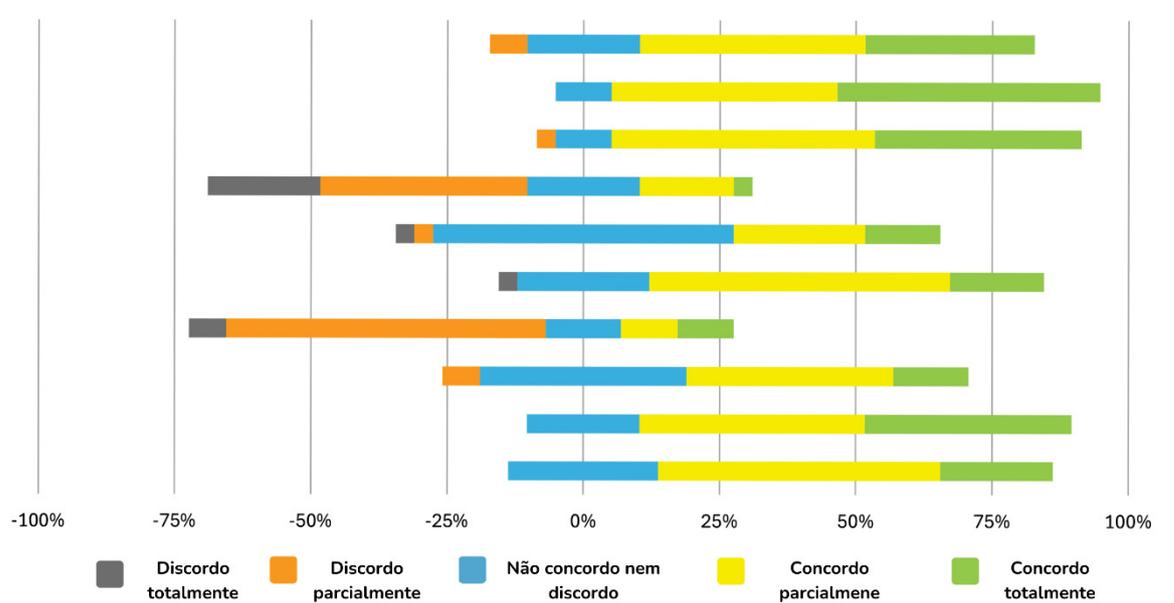
A aceitação da metodologia foi amplamente positiva. A maioria dos alunos manifestou interesse em participar de mais aulas que utilizam modelos 3D para o ensino de conceitos complexos.

O Gráfico 4 demonstra que de forma geral, verifica-se que as respostas positivas (verde e amarelo) predominam em grande parte das questões, indicando uma aceitação significativa do uso de modelos 3D. Em algumas perguntas, há um percentual expressivo de respostas neutras (azul), sugerindo que alguns participantes não tiveram uma opinião definida sobre o tema.

Além disso, em algumas questões observa-se uma presença relevante de respostas negativas (laranja e cinza), principalmente naquelas que tratam de

dificuldades na visualização do modelo ou sobre a integração da atividade prática com o conteúdo teórico.

GRÁFICO 4 - GRÁFICO DAS RESPOSTAS EM ESCALA LIKERT SOBRE A PERCEÇÃO DOS ESTUDANTES EM RELAÇÃO A APRENDIZAGEM COM MODELOS 3D.



Fonte: A autora (2024).

O Gráfico 4 reforça a análise quantitativa prévia, evidenciando que a experiência com modelos 3D foi majoritariamente bem avaliada.

## 5. DISCUSSÃO

No presente estudo, foi aplicada uma metodologia ativa baseada em problemas, que simulou cenários relacionados a condições que interferem no funcionamento do sistema nervoso central, que consiste em um tema de alta complexidade. Essa abordagem buscou situar os estudantes em contextos que favorecessem a resolução de problemas e a interpretação de situações reais, um modelo com forte embasamento na teoria freiriana, segundo a qual o conhecimento é construído pela atividade prática do indivíduo (Freire, 1967). A metodologia foi aplicada nos grupos experimentais (G1 e G2) com diferenças quanto aos materiais de apoio: enquanto os estudantes do G1 utilizaram modelos 3D e acesso à internet, os do G2 contaram com um e-book e acesso à internet como recursos principais. Estudos como o de (Straliozzo, Borge e Bonini, 2021) destacam que modelos 3D contribuem para o aprendizado ao proporcionar uma experiência interativa, que abrange diferentes estilos de aprendizagem, sejam eles visuais, táteis ou auditivos.

A utilização da gamificação no processo de ensino-aprendizagem também se destacou como uma estratégia relevante nesta pesquisa. Ao integrar elementos lúdicos, como o quebra-cabeça anatômico em 3D, a gamificação promoveu maior engajamento, motivação e participação ativa dos estudantes nas atividades didáticas. Esse tipo de abordagem contribui para tornar o conteúdo mais acessível e significativo, além de favorecer o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como a resolução de problemas, o raciocínio lógico e o trabalho em equipe. Conforme destacado por Torres, Penteado e Carvalho (2023), a aplicação de atividades gamificadas no ensino médio demonstrou impactos positivos na interação professor-aluno, na percepção do aprendizado como uma experiência prazerosa e na assimilação de informações, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico e complexo.

Os resultados indicam que a utilização do modelo 3D facilitou significativamente a compreensão da anatomia do encéfalo. A pesquisa evidencia a valorização das metodologias ativas, com destaque para o uso de modelos tridimensionais no ensino de neurociência. Grande parte dos estudantes reconheceu a eficácia dessas abordagens na contextualização e aplicação prática do conhecimento, alinhando-se à teoria freiriana da aprendizagem significativa (Freire, 1967). No entanto, a adaptação inicial ao modelo 3D apresentou desafios,

especialmente para aqueles menos familiarizados com ferramentas interativas, demonstrando a importância de uma transição gradual entre recursos didáticos.

Além disso, a interação entre os colegas foi favorecida pelo uso do modelo, o que indica que a abordagem prática pode contribuir para um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e colaborativo. A aceitação da metodologia foi amplamente positiva. A maioria dos alunos manifestou interesse em participar de mais aulas que utilizam modelos 3D para o ensino de conceitos complexos, o que demonstra que essa abordagem representa um recurso pedagógico promissor.

A análise dos resultados, a partir dos questionários Q1, Q2 e Q3, aponta que, inicialmente, ambas as turmas se beneficiaram igualmente da aula de nivelamento, com desempenhos semelhantes em Q1. O teste de Mann-Whitney foi aplicado para comparar os resultados dos grupos G1 e G2 e, embora as diferenças entre as turmas não tenham sido estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ), observou-se uma leve vantagem qualitativa para o G2 no desempenho final demonstrado pelos resultados de Q3. Resultados similares podem ser encontrados no estudo de Oliveira, Siqueira e Romão (2020), que comparou métodos expositivos e baseados em projetos no ensino de matemática, concluindo que não houve diferença estatisticamente significativa, mas apontando evidências qualitativas da eficácia de abordagens ativas.

A ausência de diferença significativa pode ser atribuída à natureza adaptativa do modelo 3D pois, ao mesmo tempo em que a sua interatividade e riqueza visual potencializam engajamento e favorecem a retenção espacial de estruturas anatômicas, a sua complexidade operacional inicial pode demandar tempo para assimilação cognitiva, levando ao equilíbrio com os resultados frente à familiaridade dos alunos com métodos convencionais. Assim, a equivalência imediata não invalida o potencial diferencial da ferramenta, mas ressalta que seus benefícios pedagógicos tendem a manifestar-se plenamente após superação da curva de aprendizagem tecnológica.

Um achado relevante foi que a sequência metodológica parece influenciar a retenção do conteúdo. O G2 iniciou os estudos com o e-book, um recurso mais familiar e acessível, e posteriormente utilizou os modelos 3D para consolidar os conceitos. Nesse contexto, a sequência e-book → modelo 3D mostrou-se mais eficaz para os estudantes do G2, pois permitiu uma base teórica antes da exploração do recurso 3D. Essa melhoria sugere que a ferramenta 3D atuou como um catalisador para aprofundar conceitos já explorados superficialmente no e-book.

Em contrapartida, o G1, que começou com os modelos 3D, apresentou uma retenção mais duradoura, ainda que tenha enfrentado uma queda no desempenho entre Q1 e Q2, possivelmente devido às dificuldades iniciais com um método menos convencional. Já no G1, apesar das dificuldades iniciais, os estudantes passaram a reconhecer o potencial do modelo 3D na fixação de conteúdos visuoespaciais complexos. Isso sugere que os recursos 3D demandaram um período de adaptação mais desafiador para os alunos. Apesar de seu potencial visual e interativo, a novidade da ferramenta pode ter gerado sobrecarga cognitiva inicial ou dificuldades técnicas que impactaram as respostas do Q2.

Ao considerar o desempenho dentro de cada grupo, a análise também revelou sutis diferenças na retenção e evolução do aprendizado. No G1, houve uma diminuição de acertos do Q1 para o Q2, sugerindo desafios em manter o ritmo de aprendizagem após a abordagem inicial com o modelo 3D. Essa queda pode estar relacionada a diferentes fatores, como a complexidade crescente do conteúdo abordado no segundo momento, a redução do tempo de manipulação prática dos modelos, ou mesmo a menor familiaridade dos estudantes com a aplicação dos conceitos em contextos mais abstratos. Entretanto, os resultados entre Q2 e Q3 apresentaram estabilidade, sinalizando a retenção de parte do conteúdo aprendido. Em G1 não houve mudança significativa ( $p = 0,3119$ ), indicando que a introdução posterior dos e-books não alterou substancialmente o desempenho já consolidado pelo uso inicial do modelo 3D. Isso reforça a ideia de que o recurso 3D ofereceu uma base para o aprendizado contínuo.

No G2, por outro lado, o desempenho entre Q2 e Q3 melhorou, sugerindo que a introdução posterior de um recurso interativo foi bem integrada ao aprendizado. O uso precoce do modelo 3D demonstrou vantagens na consolidação do aprendizado a longo prazo (G1), enquanto seu emprego tardio (G2) não compensou as limitações observadas nos estágios iniciais com materiais convencionais. Apesar da melhoria, ressalta-se que em ambos os grupos persistiu um grupo com desempenho crítico (1 a 3 acertos), evidenciando dificuldades não resolvidas após as intervenções pedagógicas.

Esses resultados apontam para um efeito distinto do momento de introdução do modelo 3D. A introdução inicial do recurso na G1 indica ter gerado uma base de conhecimento mais uniforme, embora menos efetiva na consolidação final de conceitos complexos. Já na G2, a aplicação do modelo 3D na etapa final funcionou

como um reforço visual e favoreceu a retenção de conhecimento para estudantes com maior adaptação ao método, no entanto, produziu maior discrepância nos resultados individuais.

Em resumo, a análise reforça que o momento de introdução de metodologias inovadoras pode impactar o desempenho final de forma significativa. A G2 obteve média superior ao utilizar o modelo no final do processo, mas apresentou maior heterogeneidade de acertos. Por outro lado, a G1 apresentou menor média, mas exibiu maior uniformidade nos desempenhos individuais. Esses achados destacam a necessidade de considerar tanto o perfil dos estudantes quanto a etapa de introdução dessas ferramentas para maximizar a aprendizagem e a equidade nos resultados.

Diesel, Baldez e Martins (2017) ressaltam que a eficácia de uma metodologia ativa não está somente na ferramenta ou sequência utilizada, mas na mediação realizada pelo professor, que precisa alinhar as estratégias pedagógicas às necessidades e perfil dos estudantes. Um ponto crítico identificado foi a necessidade de maior suporte docente na utilização dos modelos tridimensionais. Apesar de a professora ter disponibilizado um modelo ilustrativo na lousa, alguns estudantes relataram dificuldades na montagem dos quebra-cabeças, reforçando a importância da mediação pedagógica no uso de tecnologias educacionais. Esse achado dialoga com a literatura de Diesel, Baldez e Martins (2017), que enfatiza o papel central do professor na inclusão de estudantes com diferentes níveis de familiaridade com ferramentas tecnológicas.

Outro aspecto analisado foi a confiança dos alunos ao discutir sobre neuroanatomia após a atividade. Embora a maioria tenha se mantido neutra em relação a essa questão, uma parcela significativa concordou que a atividade os ajudou a se sentir mais confiantes no tema. Isso sugere que, embora a metodologia seja eficaz, pode ser interessante complementá-la com outras estratégias para reforçar o aprendizado teórico e prático. Algumas dificuldades foram apontadas pelos participantes. Uma parcela relevante dos alunos afirmou que o modelo impresso em 3D dificultou a visualização das diferentes partes do encéfalo, embora a maioria tenha discordado dessa afirmação. Além disso, alguns estudantes relataram que a atividade prática não complementou adequadamente o conteúdo teórico, o que pode indicar a necessidade de um alinhamento mais estruturado entre os momentos teóricos e experimentais da aula.

Além dos aspectos pedagógicos, os dados sociodemográficos revelaram informações importantes sobre o contexto dos estudantes. Em relação ao uso de substâncias psicoativas, embora os dados obtidos sejam relevantes, eles não permitem estabelecer uma correlação direta entre esses hábitos e o desempenho acadêmico no contexto das atividades didáticas. No entanto, tais informações são fundamentais para compreender o comportamento dos estudantes e refletir sobre possíveis impactos no engajamento e na saúde no ambiente escolar (Cardoso & Malbergier, 2014)

O consumo frequente ou excessivo de álcool está associado a problemas no rendimento escolar, como aumento de atrasos, absenteísmo e comprometimento da memória de curto prazo (Giacomozzi et al., 2012). Além disso, o uso do vape se destaca com frequência elevada em ambos os grupos, sendo citado por sete adolescentes do gênero masculino e oito do gênero feminino, revelando um hábito crescente que pode afetar negativamente a saúde mental e a capacidade de concentração (Eltorai et al., 2019).

As combinações de uso múltiplo de substâncias também são motivo de preocupação. Estudos, como o de Cardoso & Malbergier (2014), indicam que estudantes que fazem uso de duas ou mais substâncias psicoativas relatam dificuldades escolares mais intensas, como falta de motivação, problemas de concentração e maior incidência de faltas ou atrasos. Embora menos prevalentes, esses casos refletem comportamentos de risco que podem comprometer significativamente o processo de ensino e aprendizagem, além de apontar para possíveis problemas relacionados à saúde física e mental.

Os dados sugerem que o impacto do uso de entorpecentes vai além do consumo individual, influenciando também o engajamento dos estudantes nas atividades escolares. Substâncias como álcool, vape e maconha podem prejudicar o desempenho acadêmico dos adolescentes, estando associadas à redução da capacidade cognitiva, à perda de foco e à menor motivação para a realização de tarefas (Eltorai et al., 2019; Giacomozzi et al., 2012). Ainda que a amostra analisada seja limitada, os resultados reforçam a importância de ações preventivas e educativas no ambiente escolar.

O uso de metodologias híbridas combina efetivamente abordagens convencionais e recursos inovadores, promovendo benefícios particularmente relevantes em disciplinas complexas como neuroanatomia. A manipulação de

modelos tridimensionais facilita a visualização espacial e funcional do sistema nervoso central, auxiliando na compreensão de conceitos abstratos (Straliozzo, Borges e Bonini, 2021). Por outro lado, o e-book proporciona uma base textual que também é essencial em momentos de consolidação de conteúdo. Uma abordagem híbrida, bem planejada, parece ser o caminho mais efetivo para combinar benefícios de ambas as estratégias. Estratégias como tutorias focais e adaptações didáticas alinhadas à visão de Diesel, Baldez e Martins (2017) sobre mediação docente podem mitigar disparidades e garantir equidade no processo de aprendizagem.

Os resultados sugerem uma correlação positiva entre interatividade e retenção de conteúdo, destacando o impacto do aprendizado ativo na fixação dos conceitos. Entretanto, mesmo com o entusiasmo pelo uso dos modelos 3D, muitos estudantes demonstraram preferência por um equilíbrio entre inovação e métodos convencionais, como e-books, garantindo flexibilidade pedagógica. Dessa forma, os achados reforçam a necessidade de um ensino híbrido, que combine inovação tecnológica com suporte docente estruturado, promovendo uma transição acessível e eficaz para todos os estudantes.

Diante dos achados, os resultados obtidos por meio dos questionários destacam três pontos críticos:

1. **Adaptação Inicial:** Recursos inovadores como modelos 3D exigem estratégias específicas para reduzir barreiras técnicas e cognitivas no início da aprendizagem.
2. **Ordem Cronológica:** A sequência de uso dos métodos pedagógicos é decisiva, pois modelos visuais interativos são mais eficazes quando introduzidos precocemente para consolidar conhecimentos complexos ao longo do tempo. Esse ponto foi observado pelos resultados de G1.
3. **Complementaridade:** A combinação equilibrada de métodos convencionais e inovadores pode maximizar os resultados educacionais, especialmente quando recursos como modelos 3D são usados para corrigir lacunas deixadas por abordagens convencionais, situação sugerida pelos resultados de G2.

Por fim, é importante destacar que o sucesso de metodologias ativas e recursos tecnológicos depende da capacitação docente. O planejamento pedagógico deve focar em favorecer um equilíbrio crítico entre inovação, praticidade e inclusão. Valente, Freire e Arantes (2018) apontam que o impacto de metodologias é ampliado quando os professores são treinados para utilizá-las de forma estratégica, garantindo

que todos os estudantes – independentemente de suas dificuldades iniciais – consigam se beneficiar igualmente do processo. Conscientizar os adolescentes sobre os efeitos nocivos do uso combinado de substâncias psicoativas é essencial para a promoção de um ambiente de aprendizagem mais saudável. Além disso, intervenções voltadas ao suporte emocional e psicológico podem contribuir para mitigar os efeitos negativos desses hábitos no desempenho escolar.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciaram desafios críticos para a consolidação do conhecimento em razão da queda em 25% entre Q1 e Q2 dos dois grupos e a apresentação da teoria antes da prática interativa com modelos 3D promoveu engajamento progressivo observado pelo aumento em 9% dos acertos em Q3.

Os recursos didáticos produzidos por impressão 3D e utilizados na sequência didática com abordagem investigativa favoreceram o processo de ensino-aprendizagem de anatomia e fisiologia para estudantes do ensino médio. O *e-book* e os cenários elaborados como materiais de apoio para embasar o estudo e estimular o debate também foram adequados.

A combinação entre modelos 3D interativos e *e-book* demonstrou ser eficiente no processo de ensino e aprendizagem do sistema nervoso, tema que exige uma compreensão espacial de estruturas anatômicas consideradas abstratas.

Este estudo demonstrou que o sucesso das tecnologias inovadoras está condicionado à capacidade de adaptação às realidades locais e às mediações docentes qualificadas para que exista orientação passo a passo para uso dos modelos 3D. Apesar da melhor visualização espacial relatada por 67% dos estudantes, a implementação desequilibrada pode ampliar desigualdades socio educacionais pré-existentes, especialmente em escolas com acesso limitado à infraestrutura digital.

Em conclusão, os resultados deste estudo reforçam que o hibridismo exige flexibilidade pedagógica e não há uma "ordem universal", mas sim adaptações baseadas no perfil discente e infraestrutura disponível.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO JUNIOR J.P.; GALVÃO, G. A. S.; MAREGA, P.; BAPTISTA, J. S.; BEBER, E. H.; SEIFERT, C. E. **Desafio anatômico: uma metodologia capaz de auxiliar no aprendizado de anatomia humana**. Medicina (Ribeirão Preto), v. 47, n. 1, p. 62–70, 2014.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1a edição ed. Plátano Edições Técnicas, 2000.
- BIZZO, N. Ciências Biológicas. **Orientações curriculares do ensino médio**. Brasília, DF, 2004.
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências\***. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 9–31, 2002. Porto Alegre.
- BRASIL, Ministério da educação e cultura. **Base Nacional Comum Curricular**. 2018. Disponível em: < <https://bit.ly/4i5RCLq> >. Acesso em: 14/3/2023.
- CAPECCHI, M. C. V. DE M. **Problematização no Ensino de Ciências**. In: A. M. P. de, Carvalho (Org.); **ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO**. Org. ed., v. 1, 2013. São Paulo.
- CARDOSO, L. R. D.; MALBERGIER, A. **Problemas escolares e o consumo de álcool e outras drogas entre adolescentes**. Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional, SP, v. 18, n. 1, p. 27–34, 2014.
- CARVALHO, A. M. P. DE. Ensino de Ciências por investigação - **Condições para implementação em sala de aula**. 1o ed. São Paulo, 2013.
- DIESEL, A.; BALDEZ, A.; MARTINS, S.. **Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica**. Revista Thema, v. 14, n. 1, p. 268–288, 2017. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense.
- ELTORAI, Adam E. M.; CHOI, Ariel R.; ELTORAI, Ashley S. **Impacto f Eletronic Cigarettes on Various Organ Systems**. Respiratory Care. 64(3), 325-336, março 2019.
- FRACALANZA, H.; A. I. A.; G. M. S. F. O. **Ensino de ciências no primeiro grau**. 1987.
- FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 55o ed. Rio de Janeiro, 1967.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Esperança: Um reencontro com a pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro, 1992.
- GIACOMOZZI, A. I.; ITOKASU, M. C.; LUZARDO, A. R.; FIGUEIREDO, C. D. S. de.; VIEIRA, M.. **Levantamento sobre o Uso de álcool de outras drogas e vulnerabilidade relacionadas de estudantes de escolas públicas participantes do programa saúde o escolar/saúde e prevenção nas escolas no município de Florianópolis**. Saúde e Soc. São Paulo, v. 21. N. 3. P. 612-622, 2012,

GUENTHER, C.; HAYES, M.; DAVIS, A.; STERN, M. **Building Confidence: Engaging Students Through 3D Printing in Biology Courses**. Institute of Education Sciences, v. 47, n. 1, p. 40–58, 2021.

KRASILCHIK, M.. **Prática de Ensino de Biologia**. 4a edição ed. São Paulo, 2004.

MARTINS, T. O.; EICHLER, M. L.. **Neurociências cognitivas no estudo do sistema nervoso: um olhar crítico por meio do livro didático de educação básica**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 25, n. 2, p. 272–292, 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física.

MIRANDA, S. DE. **No fascínio do jogo, a alegria de aprender**. Linhas Críticas, v. 8, n. 14, p. 64–66, 2002.

MORAES, V. R. A. DE; GUIZZETTI, R. A. **Percepções de alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre o corpo humano**. Ciência & Educação (Bauru), v. 22, n. 1, p. 253–270, 2016. FapUNIFESP (SciELO).

MORÁN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas**. Coleção Mídias Contemporâneas, v. II, p. 15–33, 2015.

OLIVEIRA, S. L. DE; SIQUEIRA, A. F.; ROMÃO, E. C. **Aprendizagem baseada em projetos no ensino médio: estudo comparativo entre métodos de ensino**. Bolema - Rio Claro (SP), v. 34, n. 67, p. 764–785, ago. 2020.

ONISAKI, H.H. C.; VIEIRA, R. M. B. **Impressão 3D e o desenvolvimento de produtos educacionais**. Educitec 05, 128-137, 2019.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. **Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná**. Curitiba, SEED/PR 2021. Disponível: < <https://bit.ly/4ihFXbQ> > Acesso: 15 jun 2023.

PARANÁ, Secretaria de estado da educação. **Caderno de itinerários formativos do novo ensino médio**. Curitiba, SEED/PR 2023. Disponível: < <https://bit.ly/3R1ZRMF> > Acesso: 02 nov 2024.

PAVANELO, E.; LIMA, R. **Sala de aula invertida: A análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I**. Bolema - Mathematics Education Bulletin – Rio Claro (SP), v. 31, n. 58, p. 739–759, 2017.

PIAGET, J. **Fazer e compreender**. 1o ed. 1978.

RONCAGLIO, V.; CRISOSTIMO, A. L.; BITTENCOURT STANGE, C. E. **Construção de modelos didáticos em 3D: Um relato de experiência junto a alunos do ensino médio**. Ensino & Pesquisa, v. 18, n. 3, p. 150–163, 2020. Universidade Estadual do Paraná - Unespar.

SILVA, A. A.; SILVA FILHA, R. T.; FREITAS, S. R. S. **Utilização de Modelo Didático como Metodologia Complementar ao Ensino da Anatomia Celular**. Biota Amazônia, v. 6, n. 3, p. 17–21, 2016. Revista Biota Amazonia.

STRALIOTTO, J. C. A.; BORGES, M. E. T.; BONINI, J. S. **Impressora 3D como ferramenta pedagógica: confecção e aplicação das peças neuroanatômicas.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 7, p. 65360–65372, 2021.

TORRES, L. R. N., PENTEADO, C. de F. de O.; CARVALHO, L. A. de. **Gamificação como ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem: uma revisão integrativa.** Perspectivas em diálogo: Revista de Educação e Sociedade. V. 10, n. 22, 313-327, jan./mar. 2023.

VALENTE, J. A.; FREIRE, F. M. P.; ARANTES, F. L. **Tecnologia e Educação: passado, presente e o que está por vir.** NIED – UNICAMP, 2018.

WINNE, B C. C.B.; BRITO, Leandro T. S.; SALES, Eliemerson de S. **Ensino por investigação: uma abordagem didática no ensino de Ciências e Biologia.** Revista Vivências em Ensino de Ciências 2a Edição Especial. 2018.

Clique ou toque aqui para inserir o texto.

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

(Maiores de 12 anos e menores de 18 anos)

Título do Projeto: **Ensino de anatomofisiologia do sistema nervoso com modelos didáticos impressos em 3D para o ensino médio**

Pesquisador Responsável: Professora Maria Fernanda Pioli Torres

Local da Pesquisa: Colégio Estadual Lincoln Setembrino Coimbra

Endereço: Rua Bico-de-Lacre, nº 825

---

#### O que significa assentimento?

- a) Assentimento é um termo que nós, pesquisadores, utilizamos quando convidamos uma pessoa da sua idade (adolescente) para participar de uma pesquisa.
- b) Depois de compreender do que se trata o estudo e se concordar em participar dele você pode assinar este documento.
- c) Nós te asseguramos que você terá todos os seus direitos respeitados e receberá todas as informações sobre o estudo, por mais simples que possam parecer.
- d) Pode ser que este documento denominado TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO contenha palavras que você não entende. Por favor, peça ao responsável pela pesquisa ou à equipe de estudo para explicar qualquer palavra ou informação que você não entenda claramente.

---

#### Informação ao participante

Olá! Nós, Dayane de Lima da Silveira e Maria Fernanda Pioli Torres, somos pesquisadoras do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), estamos desenvolvendo uma pesquisa com o título “**Ensino de anatomofisiologia do sistema nervoso com modelos didáticos impressos em 3D para o ensino médio**” e, para isso, vamos produzir material por impressão 3D e precisamos avaliar o material para saber se ele é útil para as aulas de Biologia.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal  
 Pesquisadora Responsável ou quem aplicou o TCLE  
 Orientadora

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- a. Nós gostaríamos de te convidar a participar deste estudo que tem por objetivo produzir modelos anatômicos do sistema nervoso em impressora 3D com a finalidade de analisar o impacto no processo de ensino-aprendizagem nos estudantes do ensino médio. No total serão quatro aulas de 45 minutos para a realização dessa pesquisa.
- b. Caso você concorde em participar da pesquisa, será necessário responder um questionário com perguntas objetivas sobre sua vida sem qualquer identificação, ou seja, todos os questionários serão anônimos e não terão nota. Depois disso, você terá uma aula sobre forma e função do sistema nervoso e ao final dessa aula será aplicado o primeiro questionário para verificar o que você entendeu sobre o conteúdo. Esse questionário não vale nota, ele será usado apenas para os resultados da nossa pesquisa.
- c. Na próxima aula você será direcionado por sorteio ao grupo que terá a primeira aula com material convencional (livros e figuras) ou com modelos anatômicos em 3D, e terá que concluir uma tarefa sobre o sistema nervoso onde serão apresentados cenários fictícios (inventados) e, após essa atividade, será aplicado o segundo questionário com questões objetivas. Esse questionário também será anônimo, não vai valer nota e os resultados serão usados apenas nesta pesquisa.
- d. Na última ou terceira? aula os grupos irão se inverter, ou seja, você irá participar do grupo que vai utilizar os modelos 3D ou, caso tenha começado estudando com eles, vai participar do grupo que vai estudar os mesmos cenários fictícios com livros e figuras. Após essa nova experiência, o mesmo questionário será aplicado para que as pesquisadoras possam saber se você aprendeu mais ou menos depois da inversão dos grupos. O questionário terá questões objetivas e uma questão aberta, também será anônimo e seu resultado não vai afetar a sua nota.
- e. Por que estamos propondo este estudo? Porque vimos a necessidade de avaliar se materiais didáticos produzidos por impressão 3D terão impacto na sua aprendizagem e quais serão esses impactos.
- f. Os benefícios da pesquisa são a observação e manipulação de um modelo de quebra-cabeça das regiões do encéfalo e de um neurônio em escala aumentada produzidos por impressão 3D com filamento plástico. Você terá a oportunidade de utilizar um recurso didático para facilitar a compreensão sobre as regiões e células do sistema nervoso entendendo como as áreas funcionam e como são afetadas pelo uso de medicamentos e drogas.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal  
Pesquisadora Responsável ou quem aplicou o TCLE  
Orientadora

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- g. Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser desconforto, medo de errar as respostas do questionário, vergonha de participar das atividades em grupo, medo

de responder ao questionário e achar que vai ser identificado, ou que haverá quebra do sigilo e anonimato. Alterações na autoestima decorrentes do conteúdo trabalhado ou até mesmo por recordar de situações do passado que foram indesejáveis. Apesar do risco mínimo, a sua participação não é obrigatória e não implica em aumento ou redução da sua nota no processo avaliativo da disciplina.

- h) O estudo será desenvolvido em sala de aula em dia e horário a ser avisado pela professora. Ao total serão quatro aulas para o desenvolvimento das atividades em sala de aula. Algumas imagens fotográficas e vídeos serão realizadas pela professora durante as aulas, para serem usadas na pesquisa, porém, todas as imagens terão a sua identidade preservada por meio de tarjas na face e todo o material obtido durante a pesquisa como questionários, imagens ou vídeos, ficará em arquivo pessoal para uso exclusivo de divulgação científica do projeto pelo período de 5 anos. (Resol. 441/2011, 466/2012 e 510/2016.

**O que devo fazer se eu concordar voluntariamente em participar da pesquisa?**

- a. Caso você aceite participar deste estudo, será necessário participar das quatro aulas (teóricas e práticas) que serão previamente avisadas pela professora e serão ministradas nas dependências do colégio. Também será necessário responder aos questionários solicitados antes, durante e depois da sua participação na aula. Os riscos que você poderá enfrentar estão descritos no item “e” desse documento e que consistem, basicamente, em vergonha das atividades em grupo, medo de errar as respostas dos questionários e de quebra do sigilo.
- b. A sua participação é voluntária. Caso você opte por não participar não terá nenhum prejuízo na sua nota. Da mesma forma, caso você participe, os resultados dos questionários não serão usados para aumentar ou diminuir sua nota na disciplina porque as atividades não valem nota e também porque os questionários serão anônimos.
- c. Contudo, para participar, há necessidade de autorização dos seus pais/responsável legal autorizando a sua participação. Mas a decisão final é sua, OK?
- d. Você ou sua família não terão nenhum gasto com a sua participação no estudo e nem receberão nenhuma forma de pagamento.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal  
Pesquisadora Responsável ou quem aplicou o TCLE  
Orientadora

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- e. E não se preocupe, sua identidade não será revelada em nenhum momento, nem quando publicarmos os resultados da pesquisa.
- f. Você também pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:
- ( ) quero receber os resultados da pesquisa (e-mail para envio: \_\_\_\_\_)
- ( ) não quero receber os resultados da pesquisa.

Se você ou os responsáveis por você tiverem dúvidas com relação ao estudo ou aos riscos relacionados a ele, você deve contatar o pesquisador principal ou membro de sua equipe pelo e-mail [profedayane@gmail.com](mailto:profedayane@gmail.com), pelo telefone (41) 99896-5959 ou no próprio estabelecimento escolar.

Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo e-mail [cometica.saude@ufpr.br](mailto:cometica.saude@ufpr.br) e/ou telefone 41 – 3360-7259 das 08:30h às 11:00 e das 14:00h às 16:00h. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde). Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você deve contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná.

### **DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO PARTICIPANTE**

Eu li e discuti com o pesquisador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados exclusivamente para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma via assinada e datada deste documento.

Araucária, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

[Assinatura do Adolescente]

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

---

Dayane de Lima da Silveira

## APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Eu, Maria Fernanda Pioli Torres, pesquisadora principal, e a mestranda Dayane de Lima da Silveira, matriculada no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), convidamos o(a) seu(sua) filho(a), estudante matriculado no Colégio Estadual Lincoln Setembrino Coimbra, a participar do estudo intitulado **Ensino de anatomofisiologia do sistema nervoso com modelos didáticos impressos em 3D para o ensino médio**.

a) E gostaria de convidar o/a adolescente, sob sua responsabilidade, a participar desse estudo.

b) O objetivo desta pesquisa é produzir modelos anatômicos de sistema nervoso por impressão 3D com a finalidade de analisar o impacto desses recursos didáticos no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes do ensino médio.

c) Caso o(a) senhor(a) autorize a participação do(a) adolescente nesta pesquisa, será necessário que ele(a) responda de forma totalmente anônima um questionário sociodemográfico e três questionários sobre o conteúdo abordado em sala de aula sobre fundamentos de anatomia e fisiologia do sistema nervoso. Todos os questionários serão anônimos e, portanto, não serão avaliativos e terão o objetivo de coletar dados para que a equipe de pesquisadores possa avaliar os modelos didáticos impressos em 3D.

d) Serão dois encontros de duas aulas geminadas totalizando quatro aulas de 45 minutos cada. Ao final da primeira aula serão distribuídos o questionário sociodemográfico e o primeiro questionário sobre o conteúdo. Na segunda aula os estudantes serão divididos por sorteio em dois grupos que receberão materiais didáticos diferentes, um dos grupos receberá modelos didáticos convencionais (livros), enquanto o outro receberá os modelos didáticos feitos por impressão 3D. Os dois grupos receberão a mesma atividade sobre cenários fictícios envolvendo sistema nervoso e, no final da primeira aula, será aplicado o segundo questionário. Na terceira aula, será apresentada nova atividade e os materiais didáticos serão trocados para que todos os estudantes tenham a mesma oportunidade de aprendizado e contato com os modelos 3D. Ao final da terceira aula será aplicado o último questionário sobre o assunto abordado.

d) Para participar desta pesquisa, o(a) adolescente deverá assistir a quatro aulas que ocorrerão nas dependências do Colégio Estadual Lincoln Setembrino Coimbra, localizado a rua Bico de Lacre, 825 bairro Jardim Califórnia no município de Araucária – PR. Serão dois encontros de duas aulas em cada dia e todos os(as) estudantes serão avisados com antecedência assim que o horário do colégio estiver pronto e regularizado.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal  
 Pesquisadora Responsável ou quem aplicou o TCLE  
 Orientadora

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- e) É possível que o(a) adolescente experimente algum desconforto, principalmente relacionado ao medo de errar as respostas ou constrangimento, caso não goste do modelo 3D e da dinâmica proposta pela docente. Vale dizer que o(a) estudante será informado(a) de que os questionários serão anônimos e não serão pontuados para compor a nota.
- f) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser desconforto, medo de errar as respostas do questionário e o constrangimento ou vergonha de expor sua opinião no grupo do qual participará. Também pode haver medo da quebra de sigilo e anonimato, alterações na autoestima decorrentes do desconhecimento do conteúdo ou até mesmo pela evocação de memórias indesejáveis. Apesar do risco mínimo, a sua participação não é obrigatória e não implica em aumento ou redução da sua nota ou conceito no processo avaliativo da disciplina.
- g) O(A) senhor(a), terá a garantia de que, se o(a) adolescente tiver dificuldade para participar das atividades ou desconfortos decorrentes do estudo, estes serão acolhidos pela professora pesquisadora juntamente com a sua orientadora. Neste caso, as professoras poderão propor atividade de reforço para assegurar a compreensão do conteúdo.
- i) Os benefícios esperados com essa pesquisa são diretos, pois os modelos utilizados durante as atividades práticas permitem a interação com materiais didáticos modernos que facilitam a percepção tridimensional da anatomia, sua relação com as diversas formas de percepção dos problemas relacionados ao sistema nervoso, assim, o interesse pelo tema.
- j) A pesquisadora Maria Fernanda Pioli Torres, responsável por este estudo poderá esclarecer eventuais dúvidas que o(a) senhor(a) possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo pelo telefone com WhatsApp (41) 99288-2988, pelo telefone da UFPR 3361-1688 ou através do e-mail [torres.fernanda88@gmail.com](mailto:torres.fernanda88@gmail.com). A mestranda colaboradora do projeto também estará à disposição pelo e-mail [profedayane@gmail.com](mailto:profedayane@gmail.com), pelo WhatsApp (41) 99896-5959 ou ainda no endereço do próprio colégio (citado no item d).
- k) A participação do(a) adolescente neste estudo é voluntária, portanto, é possível desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado. A participação do(a) adolescente em aulas teóricas e práticas está garantida e não será interrompida caso haja manifestação de desistência por parte do responsável ou do(a) estudante.
- l) O material obtido para este estudo será utilizado unicamente para essa pesquisa e será armazenado pelo período de cinco anos após o término do estudo. (Resol. 441/2011, 466/2012 e 510/2016).

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal  
Pesquisadora Responsável ou quem aplicou o TCLE  
Orientadora

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

m) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas pela docente pesquisadora, sob forma codificada, para que a identidade do/da adolescente seja preservada e mantida a confidencialidade.

n) O(A) senhor(a) terá a garantia de que, quando os resultados obtidos com este estudo forem publicados, estes estarão codificados de modo que o(a) adolescente não será identificado(a).

o) As despesas necessárias para a realização da pesquisa relacionadas à produção dos modelos 3D não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela participação do seu(sua) filho(a) no estudo.

p) Se o(a) senhor(a) tiver dúvidas sobre os direitos do(a) adolescente como participante de pesquisa, poderá contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo e-mail [cometica.saude@ufpr.br](mailto:cometica.saude@ufpr.br) e/ou telefone 41 – 3360-7259, das 08:30h às 11:00h e das 14:00h às 16:00h. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, \_\_\_\_\_, li este Termo de Consentimento compreendi a natureza, os objetivos do estudo, seus riscos e benefícios. Eu entendi que somos livres para solicitar que a participação do menor seja interrompida a qualquer momento sem justificar nossa decisão e sem qualquer prejuízo para mim e para o/a adolescente. Fui informado(a) que o/a adolescente, sob minha responsabilidade, será acolhido(a) sem custos caso o(a) adolescente experimente algum sentimento relacionado no item f.

Eu autorizo, de maneira voluntária, a participação do(a) adolescente  
\_\_\_\_\_  
sob minha responsabilidade no estudo proposto.

Araucária, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pai/Mãe ou Responsável Legal

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

\_\_\_\_\_  
Assinatura da Pesquisadora Responsável ou quem aplicou o TCLE

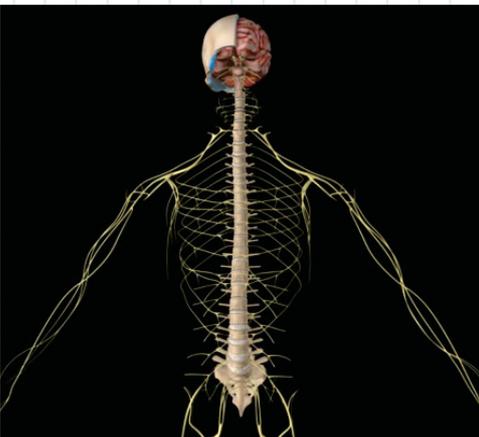
### APÊNDICE 3 - QUESTIONÁRIO SÓCIODEMOGRÁFICO

<p><b>1-)</b> Qual seu gênero?</p> <p><input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino</p> <p><b>2-)</b> Quantos anos você tem?</p> <p><input type="checkbox"/> 16 anos <input type="checkbox"/> 17 anos <input type="checkbox"/> 18 anos <input type="checkbox"/> 19 anos <input type="checkbox"/> 20 anos ou mais</p> <p><b>3-)</b> Com quem você mora?</p> <p><input type="checkbox"/> Com meus pais e irmãos <input type="checkbox"/> Com meus pais <input type="checkbox"/> Com minha mãe e irmãos <input type="checkbox"/> Com meu pai e irmãos <input type="checkbox"/> Com meus avós e outros parentes <input type="checkbox"/> Com minha mãe, avó e irmãos <input type="checkbox"/> Com parentes (tios, tias ou primos) <input type="checkbox"/> Sozinho (a)</p> <p><b>4-)</b> Você mora no bairro a quantos anos?</p> <p><input type="checkbox"/> Entre 1 a 5 anos <input type="checkbox"/> Entre 6 a 12 anos <input type="checkbox"/> Entre 13 a 18 anos <input type="checkbox"/> Mais de 18 anos</p> <p><b>5-)</b> Você já estudou em escola particular?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p><b>6-)</b> Quantas pessoas contribuem com a renda familiar na sua casa?</p> <p><input type="checkbox"/> 1 pessoa <input type="checkbox"/> 2 pessoas <input type="checkbox"/> 3 pessoas <input type="checkbox"/> 4 pessoas <input type="checkbox"/> Todos desempregados no momento</p>	<p><b>7-)</b> Qual é a renda da sua família?</p> <p><input type="checkbox"/> Um salário-mínimo (R\$ 1.420,00) <input type="checkbox"/> Dois salários-mínimos ( R\$ 2.640,00) <input type="checkbox"/> Três salários-mínimos (R\$ 3.960,00) <input type="checkbox"/> Mais de quatro salários-mínimos (acima de R\$ 5.280,00) <input type="checkbox"/> Não sei qual a renda da minha família.</p> <p><b>8-)</b> Você trabalha?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p><b>9-)</b> Caso a pergunta anterior a resposta seja SIM, seu emprego é formal (estágio, menor aprendiz ou carteira assinada) ou informal (bico):</p> <p><input type="checkbox"/> Formal <input type="checkbox"/> Informal</p> <p><b>10-)</b> Caso a resposta da questão 8 seja SIM, sua renda é para auxiliar na despesa familiar?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p><b>11-)</b> Sua família recebe algum auxílio do governo?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p><b>12-)</b> Você já fez ou faz uso de algum dos entorpecentes abaixo? Pode marcar mais de uma alternativa se for o caso.</p> <p><input type="checkbox"/> álcool <input type="checkbox"/> maconha <input type="checkbox"/> crack <input type="checkbox"/> cocaína <input type="checkbox"/> Bala (exctasy) <input type="checkbox"/> LSD <input type="checkbox"/> Vape (cigarro eletrônico) <input type="checkbox"/> Cigarro</p>
--	--

## APÊNDICE 4 - SLIDES DA AULA EXPOSITIVA DE NIVELAMENTO

**ANATOMIA E  
FISIOLOGIA**

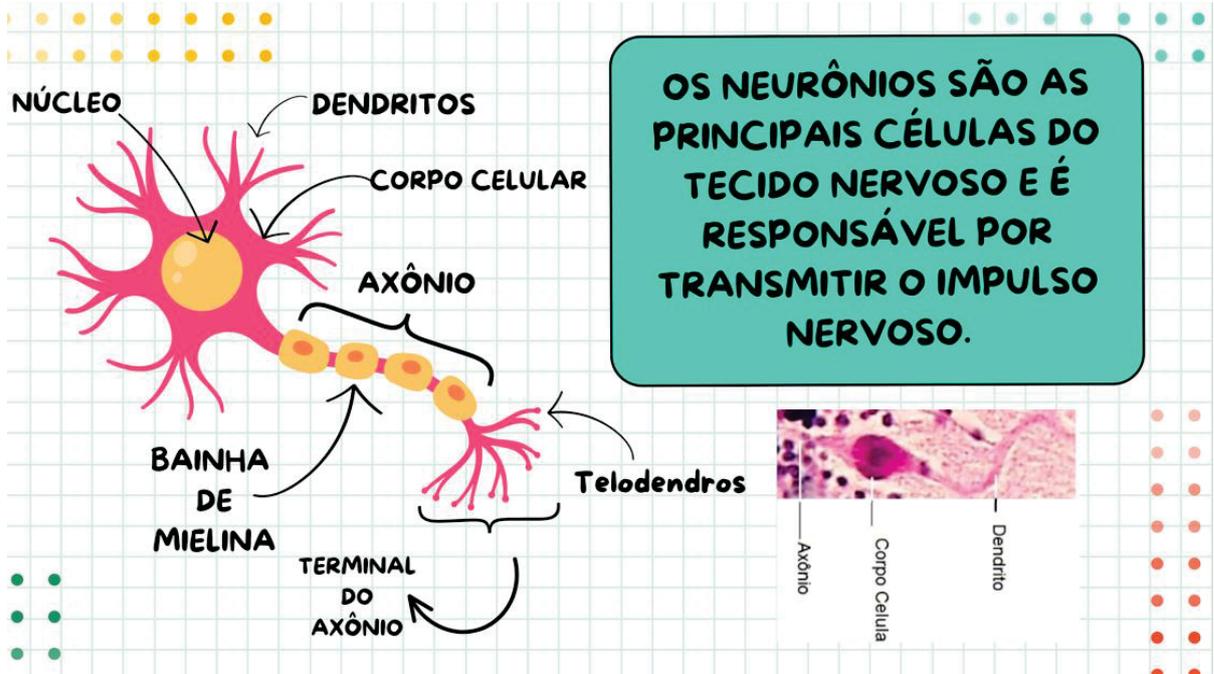
**SISTEMA  
NERVOSO**



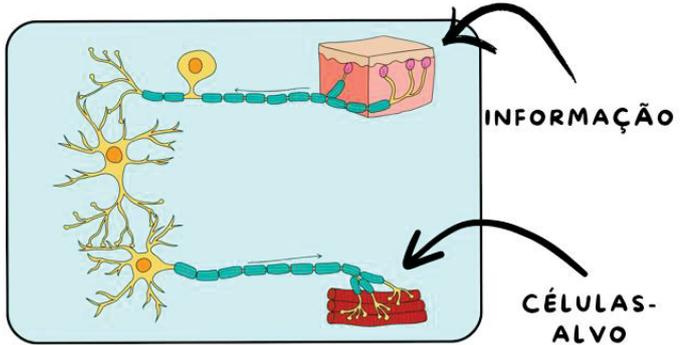
**PARA ESTUDARMOS O SISTEMA NERVOSO, PRECISAMOS SABER COMO ELE É FORMADO E SUAS CARACTERÍSTICAS A NÍVEL CELULAR**

Para estudarmos o sistema nervoso, precisamos saber como ele é formado e suas características a nível celular

O sistema nervoso é formado por tecido nervoso, que por sua vez é formado por células especiais chamadas de NEURÔNIOS.

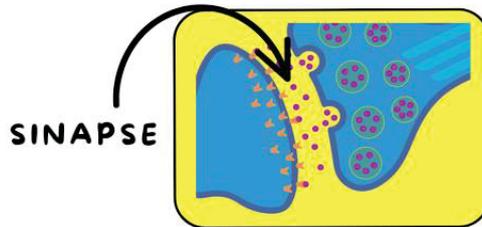


PARA QUE A INFORMAÇÃO SEJA TRANSMITIDA E CONSIGA CHEGAR NA CÉLULA ALVO, É NECESSÁRIO QUE OCORRA A SINAPSE, QUE PODEM SER QUÍMICA OU ELÉTRICA E PASSAM A INFORMAÇÃO DE UM NEURÔNIO A OUTRO.

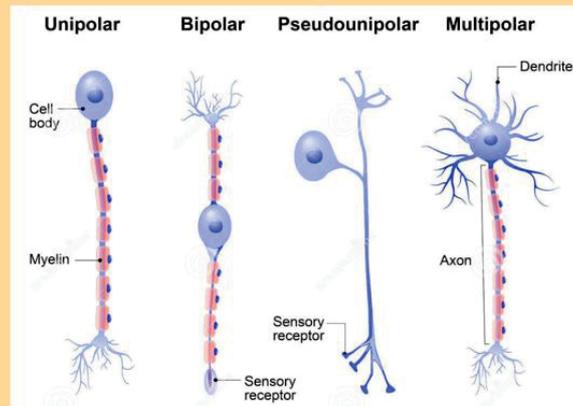


AS SINAPSES QUÍMICAS OCORREM POR MEIO DA AÇÃO DE NEUROTRANSMISSORES, QUE FAZEM A TRAVESSIA DA INFORMAÇÃO DE UM NEURÔNIO A OUTRO.  
EX.: DOPAMINA, NORADRENALINA E ENDORFINA

AS SINAPSES ELÉTRICAS SÃO REALIZADAS COM O FLUXO DIRETO DE ÍONS ENTRE AS CÉLULAS.



## ENTRE OS NEURÔNIOS EXISTEM BASICAMENTE QUATRO TIPOS:

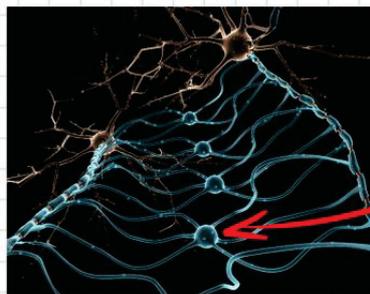


ALÉM DOS NEURÔNIOS, EXISTEM OUTRAS CÉLULAS CHAMADAS DE CÉLULAS DA GLIA E REALIZAM FUNÇÕES DE SUPORTE E NUTRIÇÃO DOS NEURÔNIOS. SÃO CLASSIFICADOS EM:

- ASTRÓCITOS
- OLIGODENDRÓCITOS
- CÉLULAS SATÉLITES
- CÉLULAS DE SCHWAN

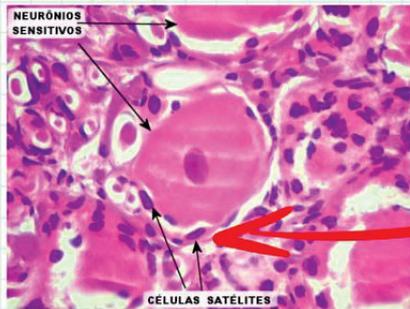
### ASTRÓCITO

Ligam neurônios aos vasos sanguíneos e criam barreiras contra agentes tóxicos encontrados no sangue



### OLIGODENDRÓCITO

Se ligam aos axônios produzindo a bainha de mielina.

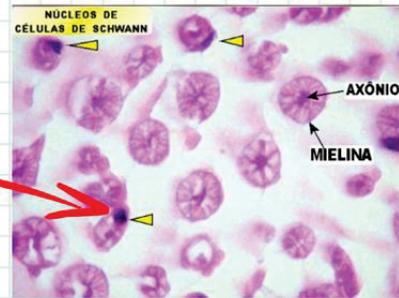


Estão ao redor dos corpos dos neurônios nos gânglios no SNP

### CÉLULAS SATÉLITES

### CÉLULAS DE SCHWANN

São responsáveis por produzir a bainha de mielina nos axônios do SNP



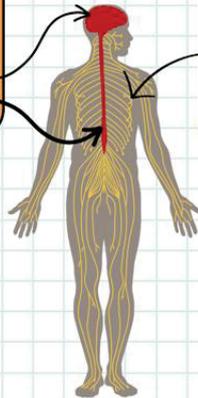
## O SISTEMA NERVOSO É FORMADO POR

### SISTEMA NERVOSO CENTRAL

- ENCÉFALO
- MEDULA

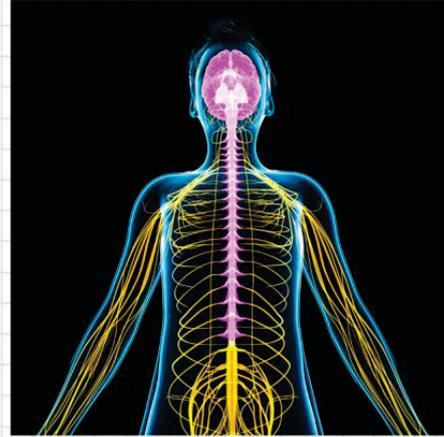
### SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO

- NERVOS
- GÂNGLIOS



## SISTEMA NERVOSO CENTRAL

- O sistema nervoso central é dividido em:
- **Encéfalo:** que é protegido pelo crânio
  - **Medula:** que é protegido pela coluna vertebral



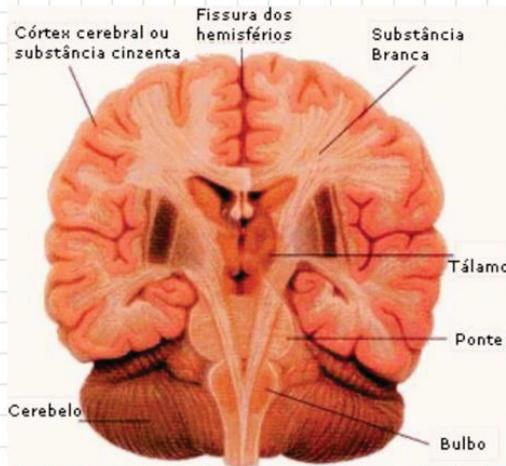
## ENCÉFALO

Hemisfério  
esquerdo

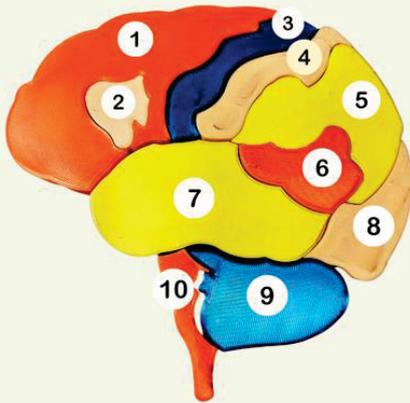


Hemisfério  
direito

## CORTE TRANSVERSAL



## PARTES DO ENCÉFALO



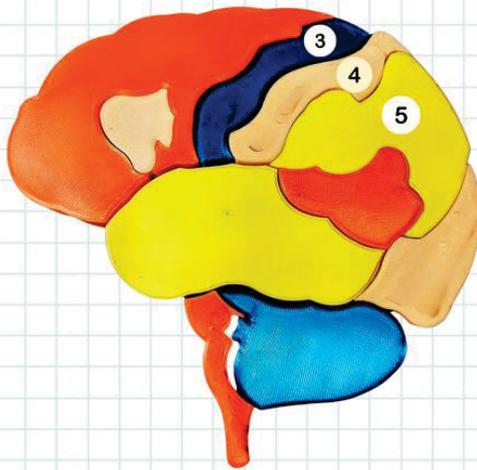
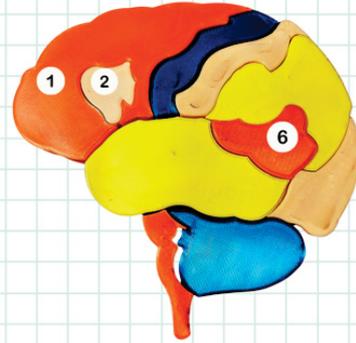
- |                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| 1 Lobo frontal     | 6 Área de Wernicke   |
| 2 Área de Broca    | 7 Lobo Temporal      |
| 3 Córtex motor     | 8 Lobo Occipital     |
| 4 Córtex sensorial | 9 Cerebelo           |
| 5 Lobo parietal    | 10 Tronco encefálico |

## LOBO FRONTAL

O **lobo frontal (1)** é responsável por:

- Controlar habilidades cognitivas como julgamento, fala, aprendizagem, raciocínio, resolução de problemas e memória.
- Cada lado do lobo frontal controla os movimentos musculares voluntários no lado oposto do corpo.

A **área de Broca (2)**, é responsável pela expressão da linguagem (fala) e se articula com a **Área de Wernicke (6)**, localizada entre o lobo parietal e temporal, sendo responsável pela compreensão da linguagem (fala). Ambas as áreas estão localizadas no **hemisfério esquerdo**.



## LOBO PARIETAL

O **lobo parietal (5)** é responsável por:

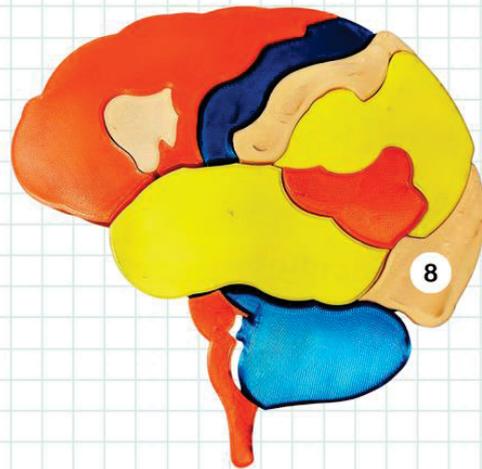
- Organizar informações sensoriais de várias partes do corpo.
- Permite-nos realizar movimentos precisos e controlados, como escrever, consciência da localização de objetos em relação a nós.

Entre os lobos frontal e parietal estão o **córtex motor (3)** e **córtex sensorial (4)**, sendo responsáveis pelo planejamento, controle e execução de atividades motoras voluntárias, informações de toque, pressão, temperatura e dor.

## LOBO OCCIPITAL

O **lobo occipital (8)** é responsável por:

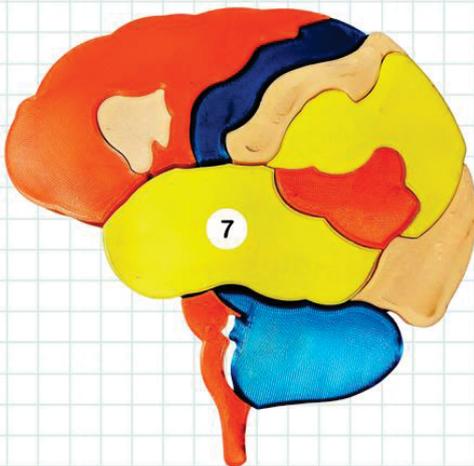
- Reconhecer e compreender informações visuais.
- Identificar formas, cores, movimentos, lugares e rostos.
- Percepção de profundidade e compreensão do espaço 3D.



## LOBO TEMPORAL

O **lobo temporal (7)** é responsável por:

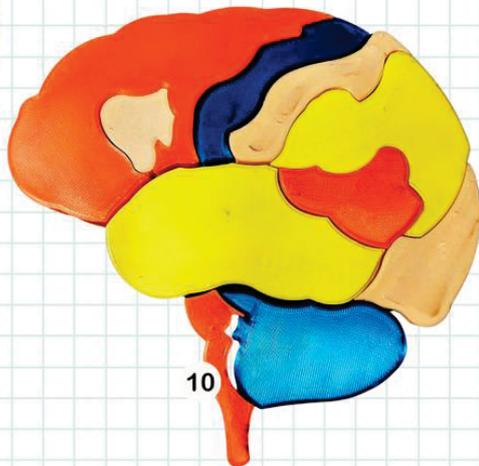
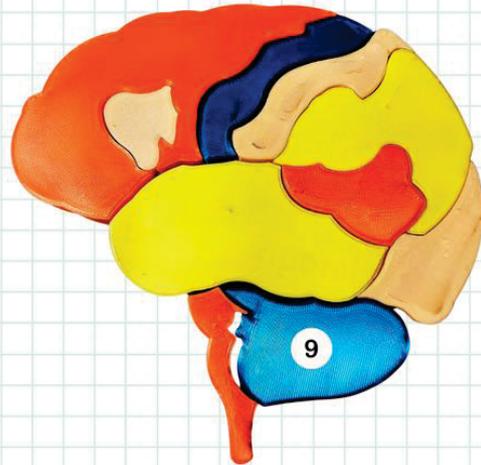
- Memória novas e antigas, compreensão das palavras e processamento das emoções.
- Córtex auditivo localiza-se nesse lobo e realiza o processamento de informações sonoras.
- Atrás do lobo temporal encontra-se o hipocampo, estrutura com a formação de novas memórias, aprendizado e emoções.



## CEREBELO

O **cerebelo (9)** é responsável por:

- Coordenar o movimento e manter o equilíbrio.
- Desempenha um papel fundamental nas ações musculares essenciais, assegurando que os movimentos sejam suaves e leves.



## TRONCO ENCEFÁLICO

O **tronco encefálico (10)** é responsável por:

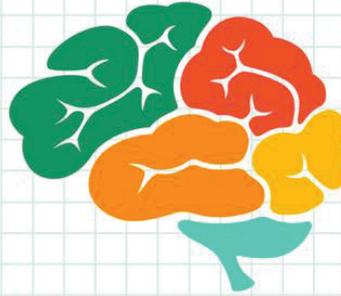
- Controlar a pressão arterial, a deglutição, a respiração e os batimentos cardíacos.

Possui três porções: o bulbo raquidiano, a ponte e o mesencéfalo.

## FATOS INTERESSANTES SOBRE O CÉREBRO

O cérebro triplica de tamanho durante o primeiro ano de vida e para de crescer aos 18 anos.

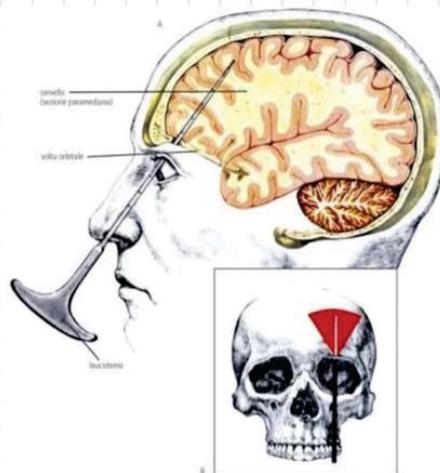
O maior cérebro da Terra pertence a um cachalote e pesa 9 quilos.



Um cérebro adulto produz energia suficiente para acender uma lâmpada de 25 watts

75% do cérebro são compostos de água.

Lobotomia, ou também leucotomia, é uma intervenção cirúrgica no cérebro em que são seccionadas as vias que ligam os lobos frontais ao tálamo e outras vias frontais associadas. Foi utilizada no passado em casos graves de esquizofrenia.



**APÊNDICE 5 – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE (Q1)****1) Qual é a principal função do sistema nervoso central?**

- Regular a digestão.
- Controlar os movimentos voluntários.
- Produzir hormônios.
- Fornecer suporte estrutural.

**2) Qual a unidade funcional básica do sistema nervoso?**

- Neurônio.
- Glândula .
- Músculo.
- Célula sanguínea.

**3) O encéfalo é dividido em:**

- Cérebro, troco encefálico e cerebelo.
- Cérebro, medula espinhal e nervos periféricos.
- Lobo frontal, lobo parietal e medula espinhal.
- Lobo occipital, lobo temporal e lobo frontal.

**4) Como se chama a região onde ocorre a transmissão química de impulsos elétricos entre os neurônios:**

- Axônio.
- Bainha de mielina.
- Sinapse.
- Neuroglia.

**5) O que é a mielina e qual é a sua função no SNC?**

- Um neurotransmissor que atua na comunicação entre neurônios.
- Uma proteína que fornece nutrição aos neurônios.
- Uma substância lipídica que isola os axônios dos neurônios e acelera a transmissão de impulsos nervosos.
- Uma enzima que degrada os resíduos no cérebro.

**6) Qual parte do SNC é responsável pelo processamento de informações sensoriais?**

- Cerebelo.
- Medula espinhal.
- Córtex cerebral.
- Hipotálamo.

**7) Como se chama a região de proteção dos impulsos elétricos no neurônio?**

- Axônio.
- Bainha de mielina.
- Sinapse.
- Neuroglia.

**8) Qual é a parte do lobo cerebral responsável pelo movimento, comportamento, emoções, decisões e humor?**

- Lobo parietal.
- Lobo occipital.
- Lobo temporal.
- Lobo frontal.

**9) A função da medula espinhal ou espinal é:**

- Conduzir o sangue através das veias.
- Conduzir impulsos de regiões do corpo até o encéfalo e coordenar atividades musculares e reflexos.
- Conduzir a contração e abdução de músculos esqueléticos.
- Atrair substâncias para dentro do canal e conduzir até o coração.

**10) O cerebelo está localizado anatomicamente:**

- Abaixo do lobo frontal.
- Abaixo do lobo temporal.
- No meio do lobo parietal.
- Atrás do lobo occipital.

**APÊNDICE 6 - QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE (Q2)****1-) O sistema nervoso central é composto por quais órgãos?**

- Nervos motores.
- Gânglios nervosos.
- Encéfalo e medula.
- Gânglio cervical médio.

**2-) Lobo occipital possui várias funções, entre elas:**

- Percepção motora.
- Percepção de fome.
- Percepção visual, cor, forma e movimento.
- Percepção de temperatura.

**3) Área de Broca é responsável pela:**

- Articulação da linguagem.
- Articulação dos membros inferiores.
- Pensamento abstrato.
- Emoção.

**4) Qual é a célula responsável pela condução dos impulsos nervosos no SNC?**

- Neurônio sensorial.
- Neurônio motor.
- Neurônio interno ou de associação.
- Células de Schwann.

**5) O que é a barreira hematoencefálica?**

- Uma parte do cérebro responsável pela produção de hormônios.
- Uma membrana que envolve o encéfalo.
- Uma barreira que impede a entrada de substâncias nocivas no cérebro.
- Um tipo de célula do SNC.

**6) O uso da maconha de modo regular, pode levar o indivíduo a ter alterações no encéfalo que podem ser permanentes. Uma das áreas mais atingidas é o córtex orbitofrontal, afetando seriamente uma região do cérebro. Assinale a alternativa cuja imagem relaciona o córtex frontal com atuações fisiológicas.**

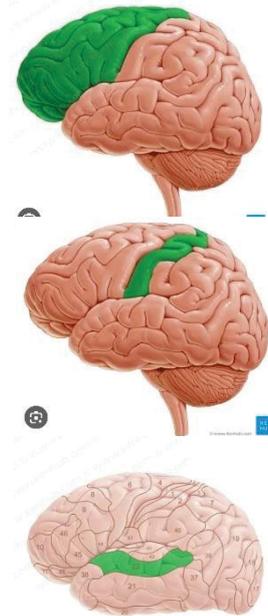
- a) Córtex orbitofrontal, responsável por processar emoções e tomar decisões que pode diminuir de tamanho com o passar do tempo com uso regular.



b) Córtex somatossensorial, responsável pelas experiências sensoriais e percepção do corpo. Essa área pode se tornar maior com tempo de uso, tornando o indivíduo com maior sensibilidade nos órgãos dos sentidos.

c) Córtex entorrinal, responsável pela memória de curto prazo. Indivíduos expostos ao uso da maconha reduzem drasticamente a área causando o esquecimento acontecimentos diários.

d) Córtex motor, responsável pelo planejamento e controle de ações involuntárias, podendo causar parada cardíaca, ou parada dos órgãos que realizam ações involuntárias no corpo.



Fonte: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/sistema-nervoso-central>

7) Durante o ato de fumar um cigarro, o indivíduo ativa áreas do cérebro que chamamos de sistema de recompensa, a nicotina atua imitando o papel de um neurotransmissor, aumentando os níveis de dopamina que são liberadas por várias vias causando a sensação de prazer. Assinale a alternativa que corresponde a área do encéfalo onde a dopamina é liberada em maior quantidade.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4



Fonte: Modificado de <https://maestrovirtuale.com/lobulos-funcoes-e-caracteristicas/>

cerebrais-

8) A depressão é uma doença que atinge mais de 300 milhões de pessoas de todas as idades no mundo. Ela é causada por alterações químicas no encéfalo, que diminuem neurotransmissores como serotonina, noradrenalina e dopamina que transmitem impulsos nervosos. O hipocampo é a região mais atingida em um encéfalo deprimido. O hipocampo faz parte do sistema \_\_\_\_\_ que está localizado bilateralmente no lobo \_\_\_\_\_ do encéfalo.

Assinale a alternativa que corresponde as palavras que completam a última frase.

- a) Sensorial – occipital
- b) Límbico – temporal
- c) Somatossensorial – temporal
- d) Neuronal – parietal

9) A perturbação da linguagem é uma condição que pode afetar a produção da fala, como formar frases completas e fluentes. Esse sintoma está relacionado a qual doença e qual região do encéfalo?

- a) Afasia de encéfalo e está relacionado à área de Wernicke.
- b) Agnosia de Wernicke e está relacionado a área de Broca.
- c) Afasia de Broca e está relacionado a área de Broca.
- d) Agnosia e está relacionado a área de Broca.

**10) O cerebelo é uma área importante do encéfalo e está relacionado a várias funções responsáveis pelo controle motor e coordenação dos movimentos. Uma doença que está relacionada ao cerebelo é:**

- a) Síndrome de Wernicke.
- b) Epilepsia.
- c) Síndrome de Korsakoff.
- d) Ataxia cerebelar.

**APÊNDICE 7 - QUESTIONÁRIO APÓS O CROSSOVER (Q3)**

**1) Qual é a célula responsável pela condução dos impulsos nervosos no SNC?**

- Neurônio interno ou de associação.
- Neurônio motor.
- Células de Schwann.
- Neurônio sensorial.

**2) A perturbação da linguagem é uma condição que pode afetar a produção da fala, como formar frases completas e fluentes. Esse sintoma está relacionado a qual doença e qual região do encéfalo?**

- a) Afasia de Broca e está relacionado a área de Broca.
- b) Agnosia de Wernicke e está relacionado a área de Broca.
- c) Afasia de encéfalo e está relacionado à área de Wernicke.
- d) Agnosia e está relacionado a área de Broca.

**3) Lobo occipital possui várias funções, entre elas:**

- Percepção de fome.
- Percepção motora.
- Percepção de temperatura.
- Percepção visual, cor, forma e movimento.

**4) A depressão é uma doença que atinge mais de 300 milhões de pessoas de todas as idades no mundo. Ela é causada por alterações químicas no encéfalo, que diminuem neurotransmissores como serotonina, noradrenalina e dopamina que transmitem impulsos nervosos. O hipocampo é a região mais atingida em um encéfalo deprimido. O hipocampo faz parte do sistema \_\_\_\_\_ que está localizado bilateralmente no lobo \_\_\_\_\_ do encéfalo.**

**Assinale a alternativa que corresponde as palavras que completam a última frase.**

- a) Neuronal – parietal.
- b) Sensorial – occipital.
- c) Somatossensorial – temporal.
- d) Límbico – temporal.

**5) O cerebelo é uma área importante do encéfalo e está relacionado a várias funções responsáveis pelo controle motor e coordenação dos movimentos. Uma doença que está relacionada ao cerebelo é:**

- a) Epilepsia.
- b) Ataxia cerebelar.
- c) Síndrome de Wernicke.
- d) Síndrome de Korsakoff.

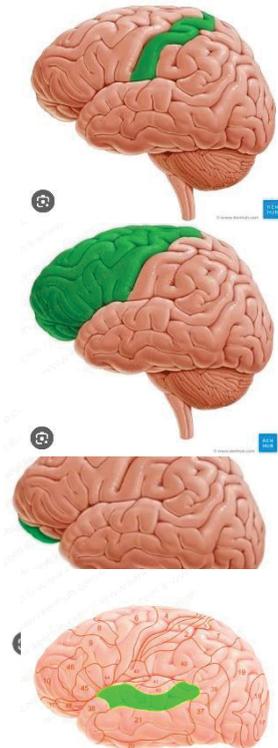
**6) O uso da maconha de modo regular, pode levar o indivíduo a ter alterações no encéfalo que podem ser permanentes. Uma das áreas mais atingidas é o córtex frontal, afetando seriamente uma região do cérebro. Assinale a alternativa cuja imagem relaciona o córtex frontal com atuações fisiológicas.**

a) Córtex entorrinal, responsável pela memória de curto prazo. Indivíduos expostos ao uso da maconha reduzem drasticamente a área causando o esquecimento de acontecimentos diários.

b) Córtex somatossensorial, responsável pelas experiências sensoriais e percepção do corpo. Essa área pode se tornar maior com o tempo de uso, tornando o indivíduo com maior sensibilidade nos órgãos dos sentidos.

c) Córtex frontal, responsável por processar emoções e tomar decisões que pode diminuir de tamanho com o passar do tempo com uso regular.

d) Córtex motor, responsável pelo planejamento e controle de ações involuntárias, podendo causar parada cardíaca, ou parada dos órgãos que realizam ações involuntárias no corpo.



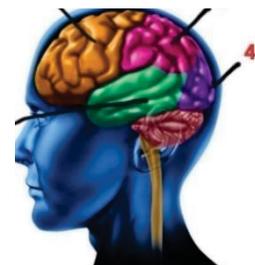
Fonte: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/sistema-nervoso-central>

**7) Área de Broca é responsável pela:**

- ( ) articulação da linguagem
- ( ) articulação dos membros inferiores
- ( ) pensamento abstrato
- ( ) emoção

**8) Ao fumar um cigarro, certas regiões do cérebro conhecido como sistema de recompensa são ativadas. A nicotina age imitando a função de um neurotransmissor, estimulando a liberação de dopamina por diversas vias, o que gera uma sensação de prazer. Assinale uma alternativa que indica a área principal do encéfalo onde ocorre uma maior liberação de dopamina.**

- a) 2
- b) 4
- c) 1
- d) 3



Fonte: Modificada de <https://maestrovirtuale.com/lobulos-cerebrais-funcoes-e-caracteristicas/>.

**9) O que é a barreira hematoencefálica?**

- Uma barreira que impede a entrada de substâncias nocivas no cérebro
- Um tipo de célula no SNC
- Uma parte do cérebro responsável pela produção de hormônios
- Uma membrana que envolve o encéfalo

**10) O sistema nervoso central é composto por quais órgãos?**

- Nervos motores
- Gânglios nervosos
- Encéfalo e medula
- Gânglio cervical médio

APÊNDICE 8 – E-BOOK: SISTEMA NERVOSO CENTRAL

**SISTEMA NERVOSO CENTRAL**

Prof.<sup>a</sup> Dayane Lima Silveira  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Fernanda Pioli Torres

O sistema nervoso é formado por tecido nervoso, que possui como célula principal formadora, o NEURÔNIO.

Os neurônios são células especializadas em transmitir impulsos nervosos através de sinais elétricos e químicos.

A BAINHA DE MIELINA atua como uma camada isolante composta por lipídios e proteínas e permite que os impulsos elétricos viagem mais rápido no axônio.

Eles se interconectam entre si através das SINAPSES, que é a aproximação da região dos DENDRITOS de um neurônio com a região do TERMINAL DOS AXÔNIOS de outro neurônio, formando uma rede de transmissão de "informações".

As sinapses podem ser elétricas ou químicas. Sendo as elétricas aquelas que permitem a passagem direta de correntes elétricas entre os neurônios e sua velocidade é alta. As sinapses químicas envolvem liberação de NEUROTRANSMISORES a partir do neurônio pré-sináptico para a fenda sináptica, onde eles se ligam a receptores no neurônio pós-sináptico.

Cada neurotransmissor pode ter funções diferentes dependendo do tipo de receptor ao qual se liga e da localização no sistema nervoso. Abaixo temos a tabela com os neurotransmissores e suas principais funções.

Neurotransmissor	Tipo/Categoria	Atuação Resumida
Glutamato	Aminoácido	Principal neurotransmissor excitador; envolvido em aprendizado e memória de longo prazo.
GABA	Aminoácido	Principal neurotransmissor inibidor; regula a excitabilidade neuronal.
Glicina	Aminoácido	Neurotransmissor inibidor; atua na medula espinhal e tronco cerebral.
Acetilcolina	Amina Biogénica	Envolvida na transmissão neuromuscular, memória e atenção.
Dopamina	Amina Biogénica	Controle motor, motivação, recompensa; desequilíbrios associados a Parkinson e esquizofrenia.
Noradrenalina	Amina Biogénica	Resposta ao estresse, atenção, estado de alerta; atua no SNC e periférico.

Epinefrina	Amina Biogénica	Resposta de "luta ou fuga"; mais proeminente no sistema periférico.
Serotonina	Amina Biogénica	Regulação do humor, sono, apetite; desequilíbrios associados a depressão e ansiedade.
Substância P	Neuropeptídeo	Transmissão da dor e processos inflamatórios.
Endorfinas	Neuropeptídeo	Analgésicos naturais; regulação do prazer e da dor.
Vasopressina	Neuropeptídeo	Comportamentos sociais, regulação da água e do sal no corpo.
Oxitocina	Neuropeptídeo	Comportamentos sociais, regulação da água e do sal no corpo.
ATP	Purina	Neurotransmissor em algumas sinapses; modulação da resposta nervosa.
Adenosina	Purina	Neuromodulador inibidor; controle do sono e vigília.
Óxido Nítrico (NO)	Gás	Neurotransmissor não convencional; difunde-se rapidamente.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás	Neurotransmissor gasoso similar ao NO.
Anandamida	Endocanabinoide	Modulação da dor, apetite, memória e humor.
2-AG (2-Araquidonoilglicerol)	Endocanabinoide	Modulação da dor, apetite, memória e humor.

Algumas informações importantes sobre alguns neurotransmissores:

- O **diazepam**, medicamento amplamente prescrito como calmante, e ajuda a aumentar o efeito do neurotransmissor GABA no cérebro. O GABA funciona como um "freio" para o cérebro, ajudando a diminuir a atividade excessiva dos neurônios.
- Drogas psicoativas como mescalina e LSD tem estrutura química parecida com neurotransmissores e se ligam a receptores nos neurônios que normalmente interagem com

a serotonina e dopamina, enganando os receptores podendo levar a pessoa a alucinações, estado de euforia, ansiedade e, pensamentos confusos.

- A dopamina é um neurotransmissor importante para ajudar a controlar os movimentos do corpo, na doença de Parkinson, as células que produzem a dopamina começam a morrer, e os níveis de dopamina caem, deixando assim os neurônios com dificuldade de enviar sinais para controlar os movimentos do corpo, causando tremores, rigidez muscular, movimentos lentos e problemas de equilíbrio.
- A fluoxetina é um medicamento usado para tratar pessoas com depressão e transtornos de humor. Ele funciona inibindo a recaptação da serotonina. Normalmente, depois que a célula libera a serotonina, ela é rapidamente reabsorvida (processo de recaptação), o que diminui a disponibilidade desse neurotransmissor. A fluoxetina impede essa recaptação rápida, permitindo que mais serotonina permaneça disponível no cérebro para melhorar o humor e os sintomas relacionados.
- Opióides, como heroína, codeína e morfina são substâncias derivadas do ópio, substância extraída da papoula. Essas substâncias se ligam aos receptores das endorfinas, resultando na redução da dor e na sensação intensa de prazer, euforia, sedação muitas vezes causando dependência e overdose.
- O THC (tetraidrocanabino) é uma substância presente na cannabis (popularmente conhecida como maconha), que se liga aos receptores endocanabinoide, principalmente ao receptor CB1 que modula a liberação de outros neurotransmissores como a dopamina, serotonina e glutamato.

O resultado é a euforia, alterações sensoriais, relaxamento muscular, aumento do apetite e alterações no tempo de reação, esse sistema endocanabinoide, com seus receptores CB1 e a influência do THC, desempenham os efeitos neuropsicológicos alucinógenos da maconha.

- A nicotina é uma substância encontrada no tabaco, usado para produzir o cigarro. A nicotina é altamente viciante, pois ela sozinha é capaz de afetar vários neurotransmissores como dopamina, acetilcolina, noradrenalina, serotonina, GABA e glutamato, atuando na estimulação e liberação de determinado neurotransmissor ou se ligando aos receptores desses neurotransmissores, dessa forma descompensando os sistema de prazer, recompensa, alerta, atenção, ansiedade e estresse.

Com relação a sua morfologia, existem três tipos básicos de neurônios:

- Neurônios multipolares: presentes no encéfalo e medula;



- Neurônios bipolares: transmitem as informações sensoriais no sistema nervoso central;



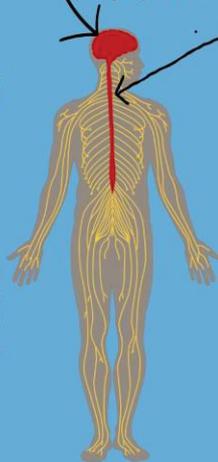
- Neurônio pseudounipolares: presentes em alguns gânglios e responsáveis por levar informações da pele ao sistema nervoso central;



As indicações em amarelo são do sistema nervoso periférico (SNP), onde são encontrados os nervos e gânglios.

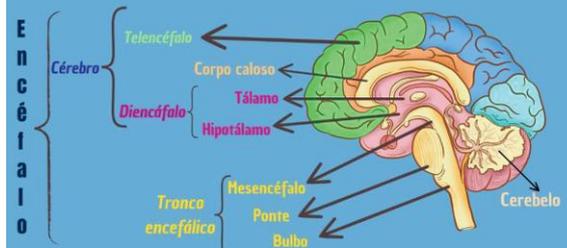
O sistema nervoso central (SNC) é formado por encéfalo e medula.

Encéfalo é toda estrutura neuronal que está protegida pelo crânio.

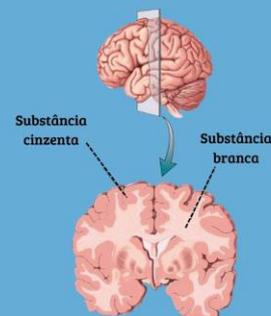


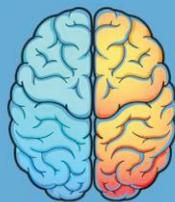
O Sistema Nervoso Periférico (SNP) transmite informações ao Sistema Nervoso Central (SNC), regulando assim os movimentos e o ambiente interno do corpo.

A divisão interna do encéfalo apresenta as seguintes estruturas:



Como se pode ver, o **CÉREBRO** é apenas uma parte do nosso encéfalo e onde podemos verificar também diferentes colorações quando observado sua estrutura interna anatômica. Vemos nitidamente a substância cinzenta e a substância branca.



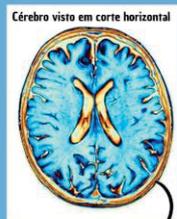


Hemisfério esquerdo      Hemisfério direito

O **hemisfério esquerdo** é responsável pela linguagem, lógica, matemática e raciocínio analítico. Ele controla o lado direito do corpo e é especializado em processamento sequencial e linear.

O **hemisfério direito** é responsável pela criatividade, imaginação, intuição e emoções. Ele controla o lado esquerdo do corpo e é especializado em processamento holístico e simultâneo.

O encéfalo possui algumas áreas que são responsáveis por funções diversas. O córtex cerebral é uma fina membrana composta por seis camadas que estão divididas da seguinte maneira:



Córtex cerebral

Os quatro lobos que são demonstrados na figura da página anterior possuem funções distintas e também podem apresentar funções diferentes no hemisfério direito e esquerdo.

#### LOBO FRONTAL

**Localização:** parte frontal do cérebro (atrás da testa).

**Funções:** envolvido no planejamento de ações, tomada de decisões, resolução de problemas.

A parte posterior do lobo frontal encontra-se o córtex motor que é responsável pelo controle dos movimentos voluntários dos músculos.

Nas funções executivas estão o pensamento abstrato, controle de impulsos e comportamento social.



#### ÁREA DE BROCA

Localizada no lobo frontal do hemisfério esquerdo, é responsável pela produção da fala articulada e fluente. Lesões nessa área podem causar afasia de Broca, caracterizada pela dificuldade em falar, mas com compreensão da linguagem preservada.

#### LOBO PARIETAL

**Localização:** parte superior e central do cérebro, atrás do lobo frontal.

**Funções:** envolvido na percepção do espaço e coordenação de movimentos. Ajuda a integrar informações sensoriais para formar uma percepção coerente do ambiente. Responsável pela orientação espacial e navegação, ajudando a perceber a localização dos objetos em relação ao corpo.

O **córtex sensorial** primário está presente nesse lobo e é responsável pelo processamento de informações táteis como toque, temperatura e dor.

O **córtex motor**, também presente nesse lobo, é responsável pelo planejamento, controle e execução de atividades motoras voluntárias.



#### ÁREA DE WERNICKE

Localizada no lobo temporal do hemisfério esquerdo, é responsável pela compreensão da fala e escrita. Lesões nessa área podem causar afasia de Wernicke, caracterizada pela produção de discurso fluente, mas sem sentido e dificuldades significativas na compreensão da linguagem.



#### LOBO OCCIPITAL

**Localização:** parte posterior do cérebro.

**Funções:** o córtex visual está localizado nessa área e é responsável por processar informações visuais recebidas dos olhos, envolvido na percepção da cor, forma e movimento.



#### CEREBELO

**Localização:** Na parte inferior e posterior do cérebro, abaixo dos lobos occipitais.

**Funções:** envolvido na coordenação motora, movimentos voluntários, equilíbrio e postura, aprendizagem e execução de movimentos complexos e adaptação motora. Assegura que os movimentos sejam suaves e coordenados.



#### LOBO TEMPORAL

**Localização:** nas laterais do cérebro.

**Funções:** o córtex auditivo está localizado nessa área e é responsável pelo processamento de informações sonoras. envolvido na formação de novas memórias e recuperação de memórias antigas. O hipocampo, uma estrutura importante para a memória fica localizada aqui.

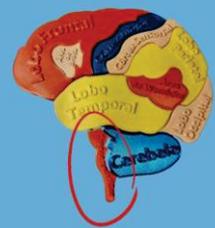


#### TRONCO ENCEFÁLICO

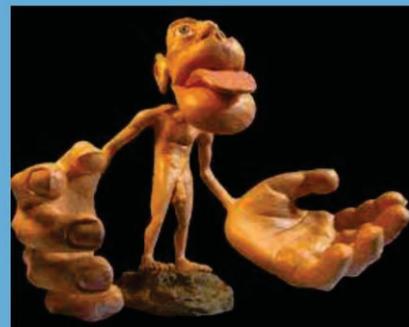
**Localização:** base do cérebro e conecta-se à medula espinhal.

**Funções:** Controla funções automáticas do corpo, como respiração, frequência cardíaca, pressão sanguínea e digestão.

É o local onde muitos nervos cranianos emergem ou terminam, transmitindo informações sensoriais e controlando funções como movimentos elétricos gustativos, incluindo reflexos básicos como tosse, vômito, deglutição e piscar dos olhos.



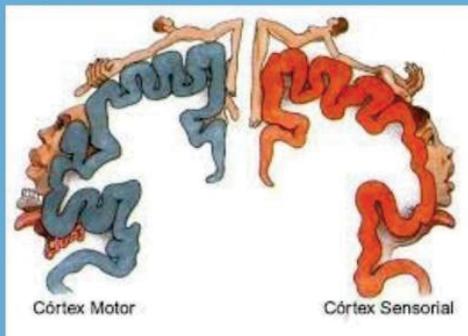
#### Homúnculo de Penfield



O homúnculo de Penfield ou também conhecido como homúnculo somatossensorial é uma representação visual da organização do córtex somatossensorial humano, uma área do cérebro localizada no lobo parietal responsável por processar informações sensoriais do corpo. O termo "homúnculo" significa "pequeno homem" em latim, e a representação é frequentemente ilustrada como uma figura humana distorcida, na qual cada parte do corpo é desenhada em proporção ao espaço cortical dedicado ao seu processamento sensorial.

O neurocirurgião Wilder Penfield foi pioneiro na criação do mapa do homúnculo somatossensorial através da estimulação elétrica direta do córtex em pacientes conscientes durante cirurgias diretamente, permitindo a identificação das áreas corticais responsáveis por diferentes sensações.

- O homúnculo é notavelmente desproporcional porque partes do corpo com maior sensibilidade tátil, como lábios, mãos e rosto, ocupam áreas maiores no córtex somatossensorial.
- Partes do corpo com menor sensibilidade, como tronco e pernas, ocupam áreas menores.



#### Função e Importância

- **Processamento Sensorial:** O córtex somatossensorial é crucial para a percepção sensorial consciente. Ele permite que percebamos e interpretemos sensações como toque, pressão, temperatura e dor.
- **Coordenação Motora:** Embora primariamente sensorial, o homúnculo somatossensorial também influencia a coordenação motora, pois a percepção sensorial precisa é vital para movimentos precisos e coordenados.
- **Diagnóstico Clínico:** O entendimento do homúnculo somatossensorial é útil em contextos clínicos para diagnosticar e tratar lesões ou condições neurológicas. Danos a partes específicas do córtex somatossensorial podem resultar em perda de sensação ou função em áreas correspondentes do corpo.

## APÊNDICE 9 - CENÁRIOS FICTÍCIOS

### CENÁRIO 1 – USO DE *Cannabis*

O personagem dessa estória, é um homem de 18 anos que chamaremos somente pelas iniciais C.R.. Esse rapaz teve seu primeiro contato com substâncias ilícitas aos 13 anos, e desde então faz uso regular de uma substância por inalação de cigarro.

C.R. nunca foi orientado ou mesmo nunca se interessou em saber sobre os danos que tal substância poderia causar em sua saúde. Em um momento rolando o feed de notícias do TikTok, viu um vídeo que mostrava, a longo prazo, os efeitos da substância ingerida através do uso do cigarro enrolado. C.R. reconheceu alguns sintomas ele já observada em seu dia a dia, e a curiosidade em saber mais o levou a estudar mais sobre o sistema nervoso e os efeitos psicotrópicos no organismo.

C.R. não sabia o que significava PSICOTRÓPICO.

**1-) Ajude C.R. a descobrir o que significa psicotrópico e a diferença de ação entre uma aspirina e o uso da substância que ele utiliza.**

Espera-se que os estudantes escrevam que psicotrópico é toda substância que atua no cérebro, e que altera o comportamento. A aspirina atua no cérebro regulando a dor, mas não modifica o comportamento, é uma droga analgésica, mas não é psicotrópica.

**2-) C.R. descobriu que a substância psicoativa da droga ilícita que ele faz uso chama-se tetra-hidrocarbinol (THC), essa substância aumenta os níveis de dopamina e é por isso que C.R. sente a sensação de prazer e recompensa.**

Agora ajude C.R. a descobrir o que é dopamina e indique no modelo impresso, qual a região essa substância é liberada. (Escreva em um papel e coloque em cima da estrutura e fotografe).

Espera-se que o estudante informe que a dopamina é um neurotransmissor que é produzido nos neurônios e liberados na fenda sináptica pelas vesículas sinápticas presentes nos telodendritos dos neurônios.

**3-) C.R. descobriu também que existem outras atividades no cérebro que também liberam dopamina, como o simples ato de beber água ao sentir sede.**

C.R. leu alguns artigos científicos e descobriu que temos um sistema endocanabinóide no cérebro, e o THC se liga a esses receptores quando ele usa da substância, essa ação causa delírios e alucinações. C.R. leu também que os efeitos psicóticos são diários e que, quanto mais precoce e maior a duração do uso, maior será o impacto cognitivo.

<https://www.scielo.br/j/rbp/a/Yq49JdvghXMvz6L6FXHgpMs/#:~:text=V%C3%A1rios%20estudos%20mostram%20que%20a,prazo%20aten%C3%A7%C3%A3o%20e%20fun%C3%A7%C3%B5es%20executivas.&text=O%20impacto%20cognitivo%20%C3%A9%20maior,maior%20a%20dura%C3%A7%C3%A3o%20do%20uso.>

**4-) Agora ajude C.R. a identificar em qual parte anatômica do encéfalo ocorrem as psicoses causadas pelo uso da substância. Escreva em um pedaço de papel “Psicose” e coloque na região do modelo 2D e fotografe.**

Espera-se que os estudantes escrevam lobo temporal direito.

## **CENÁRIO 2 - DOENÇA ESCLEROSE MÚLTIPLA**

Essa descrição é de uma mulher de 40 anos chamada de T.S., ela é advogada, tem dois filhos, um menino de 10 anos e uma menina de 14 anos. T.S. tem uma vida agitada, por conta da sua profissão pois tem que estar sempre em audiências e reuniões para defender seus clientes.

Durante uma audiência, T.S. começou a se sentir mal, sentiu um formigamento no braço esquerdo a ponto de solicitar uma pausa durante a sessão. Após o término da sessão, ela sentiu tontura, perdeu equilíbrio e quase caiu ao descer as escadas do fórum.

Os dias se passaram e T.S. não observou mais esse sintoma, ela até achou que poderia estar grávida, mas fez um teste de gravidez que deu negativo.

Depois de 15 dias desse ocorrido, T.S. começou a perceber um cansaço excessivo, e a sentir fortes dores nas pernas, o que a levou a marcar um médico, que solicitou exames, e disse que estava tudo bem e que poderia ser apenas o estresse da rotina exaustiva dela.

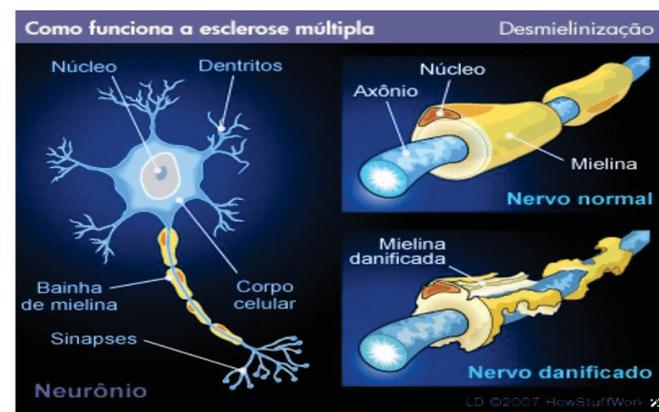
Uma semana se passou, e os formigamentos voltaram a aparecer com mais intensidade, até que um dia T.S. simplesmente parou de andar, sentiu dificuldade para falar e um dos olhos ficou paralisado. T.S. foi internada imediatamente e os médicos suspeitaram de um AVC (acidente vascular cerebral).

T.S. passou alguns dias internada e uma bateria de exames constataram que não eram AVC. Os médicos resolveram retirar uma amostra de líquido da medula espinhal para descartar a suspeita de meningite, mas os testes do líquido, exame de ressonância magnética entre outros exames laboratoriais, a equipe médica fechou o diagnóstico de esclerose múltipla (E.M.).

**1-) Vocês já identificaram no texto o diagnóstico de T.S., pesquise na internet os principais sintomas da esclerose múltipla e, utilizando os modelos impressos em 3D de encéfalo e neurônio, monte como seriam os neurônios de uma pessoa sem E.M. e os neurônios de uma pessoa com E.M. Em quais lobos podemos encontrar a substância branca, região mais afetada pela doença.**

Os estudantes do grupo deverão ser capazes de pesquisar na internet os principais sintomas da E.M. como: Fadiga, problemas de visão, dormência ou formigamento, fraqueza muscular, problemas de coordenação e equilíbrio: alterações cognitivas, dor, com pacientes relatando experimentar dor, que pode ser crônica e variar em intensidade e localização.

Deverão montar um neurônio de uma pessoa sem E.M. e um neurônio de uma pessoa com E.M. usando o modelo impresso 3D (que já deverá conter peças que se pode retirar para demonstrar a desmielinização da bainha do neurônio).



Fonte: <https://www.researchgate.net/profile/Vera-Paschon-2/publication/306067326/figure/fig1/AS:848379487731712@1579280840774/Figura-2-Processo-de-desmielinizacao-na-esclerose-multipla-Ilustracao-da-bainha-de.jpg>

**2-) Em qual lobo ou quais lobos no encéfalo podemos identificar a substância branca, área mais atingida pela esclerose múltipla. Indique no encéfalo montado com os palitinhos coloridos.**

Os estudantes deverão indicar com os palitinhos coloridos os lobos onde está presente a substância branca e, nesse caso, a substância branca não está demarcada no modelo, porém faz parte de todos os lobos, logo está presente nos lobos frontal, temporal, parietal e occipital.

**3-) Demonstre, com o modelo de neurônio 3D, como são as sinapses em neurônios saudáveis e como elas não conseguem ocorrer nos neurônios afetados pela E.M.**

Os estudantes devem ser capazes de montar as sinapses utilizando os neurônios impressos em 3D demonstrando como ocorre em neurônios saudáveis e como ocorrem em neurônios atingidos pela E.M. (Haverá neurônios com a mielina saudável para montar e neurônios com a mielina destruída para indicar como as informações não são capazes de passar por um neurônio desmielinizado).

### **CENÁRIO 3 – Estudante de Biologia e o homúnculo somatossensorial**

Uma estudante de biologia, que chamaremos aqui de P.R., escolheu esse curso por envolver todas as áreas que estudam a vida, tanto de animais, como vegetais e de outros seres vivos que habitam nosso planeta.

Em uma aula de anatomia humana, ouviu o professor falar sobre o homúnculo somatossensorial ou também conhecido como homúnculo de Penfield, e descobriu que se refere a um mapa cortical criado por um neurocirurgião, Wilder Penfield para demonstrar áreas do córtex cerebral que correspondem a diversas partes do corpo humano.

P.R. ficou extasiada em como nossas percepções são demonstradas de modo diferente pelo nosso cérebro, e o homúnculo de somatossensorial demonstra a representação distorcida do corpo humano, mostrando áreas que possuem maior sensibilidade em tamanhos maiores.

P.R. também descobriu que a área onde fica descrito o homúnculo de somatossensorial se chama área somestésica,

**1-) Pesquise na internet e indique no modelo impresso em 3D, em qual lobo se encontra a área somestésica e conseqüentemente as regiões do homúnculo somatossensorial.**

O estudante deverá ser capaz de indicar no modelo de encéfalo 3D a área sensorial e área motora que representam o córtex somatossensorial para indicar a presença da região somestésica.

**2-) Os órgãos dos sentidos são bem representados no homúnculo somatossensorial, um dos sentidos que faz parte de quase todos eles, é o tato. Pesquise na internet e depois indique no modelo de encéfalo 3D em quais lobos do encéfalo sentimos a percepção de dor.**

Os estudantes deverão responder e indicar as regiões do lobo frontal, lobo temporal e lobo parietal.

**3-) A sinestesia e a síndrome de Tourette são condições que afetam os córtex motor e sensorial. Indique no modelo do encéfalo 3D, qual é a condição que afeta o córtex motor e qual é a condição que afeta o córtex sensorial.**

Os estudantes devem ser capazes de indicar a sinestesia para o córtex sensorial e a síndrome de Tourette para o córtex motor.

#### **CENÁRIO 4 - DOENÇA DEPRESSÃO**

B.S. é uma mulher de 35 anos, casada e mãe de uma menina de 10 anos. Ela trabalha em uma empresa de cosméticos a mais de 10 anos. Em uma palestra com psicólogo e psiquiatra que aconteceu na semana da Semana Interna de Prevenção de Acidentes (SIPAT) na empresa, falando sobre saúde mental, B.S. prestando atenção ao que os profissionais falavam, percebeu ali que alguns comportamentos que ela vinha apresentando eram compatíveis com o que estava sendo explanado na palestra.

B.S. vinha sentindo falta de apetite, perdendo peso rapidamente, estava apresentando desânimo todos os dias, baixa autoestima principalmente relacionada

à sua aparência física, , falta de interesse em fazer atividades com sua filha e seu marido, saía de casa apenas para trabalhar e, mesmo assim, chegava atrasada ou faltava ao trabalho e seu desempenho no trabalho caiu absurdamente porque se sentia muito cansada. Essas sensações eram compatíveis com sintomas de depressão.

B.S. resolveu procurar um médico psiquiatra para saber se não era apenas uma tristeza momentânea e depois de relatar ao médico, ele solicitou alguns exames para descartar outros problemas de saúde. Em seguida constatou que realmente B.S. vinha apresentando sintomas de depressão pois, em determinados momentos, além dos sintomas relatados, ela paralisava em determinadas situações sem saber como agir ou sair da situação, a ponto de, por exemplo, largar o carro em um congestionamento e sair andando por não conseguir suportar a tensão do trânsito.

O psiquiatra também indicou terapia para B.S., porque somente a medicação não a ajudaria a entender a causa do problema para tratá-lo de modo eficaz. Além disso, é preciso trabalhar o autoconhecimento com terapia, para poder diminuir ou curar a depressão.

**1-) B.S. foi pesquisar em que locais do encéfalo ocorriam tais sintomas e queria entender melhor a sua condição de saúde mental. Descobriu que quem tem depressão tem várias áreas do cérebro afetadas, como a amígdala cerebral, hipocampo e córtex pré-frontal. Indique no modelo 3D de encéfalo, as regiões onde estão presentes essas áreas afetadas pelas crises de ansiedade.**

Os estudantes devem ser capazes de indicar lobo temporal para amígdala cerebral, hipocampo entre os lobos temporais direito e esquerdo (porção não visível no modelo), e córtex pré-frontal no lobo frontal.

**2-) O que acontece nessas áreas específicas para que desencadeie a depressão?**

Os estudantes devem indicar que a amígdala cerebral sofre um desequilíbrio de serotonina contribuindo para os sintomas de tristeza e desespero. O hipocampo, por sua vez, pode encolher de tamanho dificultando a regulação do humor, concentração e formação de novas memórias. O córtex pré-frontal também

tem sua função comprometida e, por consequência, há dificuldade em pensar com clareza e tomar decisões incapacitando a pessoa de lidar com a situação de forma racional.

**3-) No modelo de neurônio, demonstre com as bolinhas o que ocorre nas sinapses em indivíduos com depressão em relação aos neurotransmissores (serotonina, noradrenalina e dopamina). Tire fotos da sua demonstração com o modelo 3D. (Utilize uma cor de bolinha para cada neurotransmissor).**

Os estudantes deverão demonstrar através dos modelos 3D de neurônios a redução dos neurotransmissores usando o modelo de neurônios e bolinhas coloridas para demonstrar os neurotransmissores.

## **CENÁRIO 5 – USO DE CIGARRO**

M.T. é um homem de 50 anos que desde pequeno aprendeu na sua família que precisaria ajudar em casa no trabalho braçal e depois trabalhando fora para trazer dinheiro e complementar a renda da família.

Aos 12 anos M.T. começou a trabalhar fora, em uma borracharia próximo à sua casa. Como a borracharia ficava na estrada, por ela passavam muitos caminhões e o dono da borracharia sempre precisava de ajuda para consertar os pneus furados.

M.T. conviveu com muitos adultos que, na grande maioria, faziam uso de cigarros, o que despertou a sua curiosidade em experimentar para se sentir adulto. Logo M.T. estava viciado em nicotina e foi assim por toda a sua vida. Aos 50 anos, M.T. vinha tentando parar de fumar depois de se conscientizar sobre o mal que o cigarro poderia fazer em sua saúde. A nicotina é uma das substâncias presentes no cigarro e que é responsável pelo aumento momentâneo de níveis de dopamina, um hormônio que causa as sensações de prazer e recompensa.

**1-) Você leu que M.T. deu o primeiro passo para parar de fumar, mas que existe uma substância no cigarro que o faz ser viciado no cigarro, de modo que se torna mais difícil parar de fumar se o cérebro não for treinado a ficar sem a**

**nicotina. Agora pesquise rapidamente e mostre no modelo 3D quais regiões do encéfalo são afetadas pelo uso do cigarro.**

Os estudantes deverão ser capazes de indicar a região do córtex pré-frontal no lobo frontal, região do núcleo accumbens (não demonstrado no modelo 3D por estar localizado no cérebro basal, posição central no interior do cérebro), amígdala e hipocampo no lobo temporal.

**2-) M.T. descobriu que por causa da nicotina é que não consegue parar de fumar. A nicotina estimula a liberação de dopamina no núcleo accumbens que contribui para sensação de prazer e reforça o hábito de fumar. Como você pode perceber o cérebro é ensinado a ter um hábito por meio de uma substância química que libera a dopamina. Sabemos que existem outras formas de liberar dopamina sem o uso de substâncias como a nicotina. Quais seriam outras atividades que poderiam auxiliar M.T. a parar de fumar e que também estimulam a liberação de dopamina?**

Espera-se que os estudantes pesquisem e escrevam que a prática de atividades físicas, atividades criativas como música, pintura, atividades manuais podem aumentar os níveis de dopamina e proporcionar uma sensação de satisfação e recompensa.

**3-) M.T. descobriu que não é só a nicotina que pode causar efeitos nocivos ao cérebro quando inalado. Durante o uso do cigarro é liberado o monóxido de carbono, que tem afinidade com a hemoglobina, proteína dos glóbulos vermelhos responsáveis por carregar as moléculas de oxigênio. Essa reação da hemoglobina faz a quantidade de oxigênio diminuir no corpo e conseqüentemente no cérebro, causando déficit de memória, raciocínio e capacidade de concentração. Agora marque no modelo 3D quais regiões estão localizadas a memória, o raciocínio e concentração.**

Os estudantes devem ser capazes de indicar as regiões lobo frontal para raciocínio, lobo temporal, hipocampo (porção não visível no modelo) para a memória e hipotálamo (no meio do lobo temporal direito e esquerdo porção não visível no modelo).

## CENÁRIO 6 – AFASIA DE BROCA E AFASIA DE WERNICKE

P.R. é um jovem de 18 anos que sempre foi apaixonado por motos e dizia que, ao completar a maior idade, tiraria sua carteira para comprar sua tão sonhada moto. Assim que completou 18 anos, P.R. já deu entrada para tirar a carteira, mas não esperou e decidiu comprar a moto pagando um financiamento com o seu próprio salário. Mesmo sem carteira e sabendo dos riscos em que essa decisão implicava, inclusive na apreensão da moto pela polícia, ele resolveu pilotar sem carteira.

Certo dia, P.R. resolveu ir até a casa de um amigo para mostrar sua aquisição e foi atingido por um carro quando furou o sinal vermelho e foi jogado longe e, como tinha o hábito de colocar o capacete e não fechar a presilha, o capacete foi arremessado da sua cabeça e P.R. bateu a cabeça no chão.

Ele foi hospitalizado, sobreviveu ao acidente, porém ficou com sequelas definitivas na sua vida. P.R. apresentou afasia de recepção e afasia de expressiva, apresentando dificuldade na linguagem e comunicação falada e escrita.

**1-) Agora com o modelo em mãos, indique em quais regiões P.R. foi atingido que resultou nas afasias de recepção e afasia expressiva. Depois faça uma breve pesquisa sobre esse as duas afasias e escreva abaixo.**

Os estudantes deverão indicar a área de Wernicke e área de Broca no modelo e realizar uma breve pesquisa sobre os tipos de afasias mencionados

**2-) Quais sintomas uma pessoa com afasia nas áreas indicadas apresenta?**

Os estudantes devem escrever que os sintomas são confusão de palavras na afasia de Wernicke. Na afasia de Broca, compreendem e formam palavras, mas afeta a escrita, apresentando grafia não fluente

**3-) Quais outros tipos de acontecimentos podem gerar esse tipo de afasia como a de P.R.?**

Os estudantes deverão escrever AVC (acidente vascular cerebral), doenças degenerativas, aneurismas, infecções cerebrais, tumores e alguns tipos de demência.

**APÊNDICE 10 - ARTIGO PARA SUBMISSÃO À XI EREBIOSul – Vozes do Sul educador.**

**MODELOS DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE NEUROANATOMIA NO ENSINO MÉDIO**

**Dayane de Lima da Silveira**

Universidade Federal do Paraná - UFPR

E-mail do primeiro autor

**Edinalva Oliveira**

Universidade Federal do Paraná - UFPR

edinaoli@yahoo.com.br

**Janete Dubiaski da Silva**

Universidade Federal do Paraná - UFPR

[janete.dubiaski@ufpr.br](mailto:janete.dubiaski@ufpr.br)

**Saulo Henrique Weber**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC-PR

saulo.weber@pucpr.br

**Maria Fernanda Pioli Torres**

Universidade Federal do Paraná - UFPR

mariafernanda@ufpr.br

**Eixo temático:** Estratégias, materiais e recursos didáticos para o Ensino de Ciências e Biologia.

**Modalidade:** Materiais educacionais.

**RESUMO**

O Novo Ensino Médio reorganiza conteúdos e inovações para aprimorar a aprendizagem. No ensino de anatomia, modelos didáticos são essenciais, mas pouco acessíveis nas escolas públicas. Esta pesquisa desenvolveu e avaliou modelos 3D do sistema nervoso central aplicados em uma sequência didática (SD) investigativa para Biologia. Foram impressos modelos do encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial. Com 27 estudantes do 3º ano, a SD incluiu três encontros, adotando o método crossover. Grupos utilizaram modelos 3D e *e-books* em momentos distintos. Os resultados mostraram eficácia inicial similar, mas a ordem de uso dos recursos influenciou a consolidação do conhecimento, evidenciando a importância dos modelos 3D na aprendizagem.

**Palavras-chave:** Biologia, Sequência didática, Tecnologia educacional, Gamificação, Sistema Nervoso Central.

## **1. INTRODUÇÃO**

A disciplina de Biologia no Novo Ensino Médio, conforme a BNCC (2018), foi reorganizada para favorecer metodologias ativas e ensino por investigação, promovendo o protagonismo discente. No Paraná, essa reformulação foi implementada em 2022 com os Itinerários Formativos, permitindo aos estudantes aprofundarem conhecimentos na área de Ciências da Natureza (Paraná, 2023). O ensino investigativo estimula a argumentação, a autonomia e o pensamento crítico (Carvalho, 2013; Winne et al., 2018).

No ensino de anatomia humana, ainda prevalece uma abordagem teórica limitada por recursos didáticos. A BNCC e o referencial do Paraná preveem o estudo dos sistemas corporais com foco na compreensão da saúde. Frente à escassez de materiais, os modelos didáticos, especialmente os impressos em 3D, apresentam-se como alternativas viáveis para tornar as aulas mais interativas e eficazes, favorecendo a aprendizagem ativa e significativa (Silva et al., 2016; Capecchi, 2013; Borges, 2002).

## **2. O ENSINO DO CORPO HUMANO**

O ensino de Ciências deve promover o desenvolvimento do pensamento crítico e do método científico, capacitando os estudantes a observarem, refletirem e agirem (Fracalanza, 1987). No entanto, conteúdos sobre o corpo humano ainda são abordados de forma fragmentada e pouco prática (Moraes & Guizzetti, 2016), sendo que os livros didáticos, quando disponíveis, tratam temas como o sistema nervoso de forma simplificada (Martins & Eichler, 2020).

Nas disciplinas dos Itinerários Formativos, a ausência de livros didáticos específicos e a escassez de modelos anatômicos nas escolas públicas dificultam o ensino do corpo humano. A manipulação desses modelos, no entanto, favorece a percepção espacial e a compreensão das estruturas anatômicas, destacando a necessidade de ampliar o acesso a esses recursos pedagógicos.

### **2.1 A impressão 3d como fonte de material didático**

A impressão 3D aplicada à produção de modelos anatômicos constitui uma estratégia didática eficaz, permitindo a exploração investigativa de sistemas como o nervoso, inclusive em contextos de doenças comuns. Estudos indicam que esses recursos aumentam a confiança dos estudantes (Guenther et al., 2021) e favorecem a compreensão de estruturas e patologias neuroanatômicas (Stralio, Borges & Bonini, 2021).

Além de acessíveis e realistas, os modelos 3D estimulam a aprendizagem ativa e estão em consonância com as orientações da BNCC, que valoriza o uso de tecnologias no processo de ensino-aprendizagem.

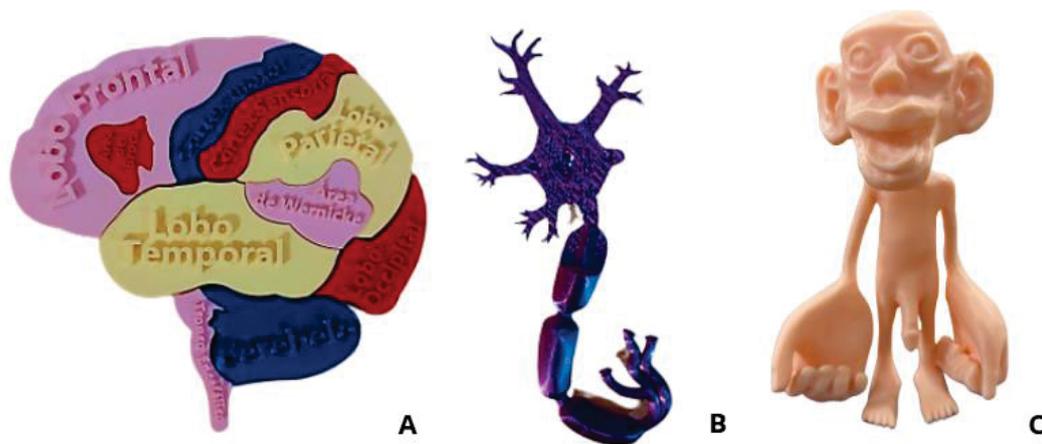
### 3. MÉTODO

A pesquisa foi experimental de caráter qualiquantitativa conduzida com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de um colégio público em Araucária, Paraná. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da UFPR (nº 75572323.4.0000.0102). Os participantes e seus responsáveis assinaram o TALE (menores) e o TCLE (responsáveis e maiores).

O estudo adotou desenho experimental tipo crossover para avaliar o impacto de modelos didáticos 3D no aprendizado de anatomia do sistema nervoso central. A pesquisa foi realizada entre março e outubro de 2023 com 27 estudantes da disciplina de Saúde e Bem-Estar, divididos em dois grupos (G1 e G2) por conveniência.

Foram criados três modelos principais: quebra-cabeça de encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial (Fig. 1). Os arquivos foram obtidos de repositórios online e adaptados no software *Meshmixer*. A impressão foi realizada com tecnologia de fusão de filamento termoplástico em impressoras *Creality* do Departamento de Anatomia da UFPR. Os modelos foram impressos em filamento de ácido polilático (PLA).

**Figura 1:** Modelos didáticos de (A) encéfalo, (B) neurônio, e (C) homúnculo somatossensorial impressos em PLA.

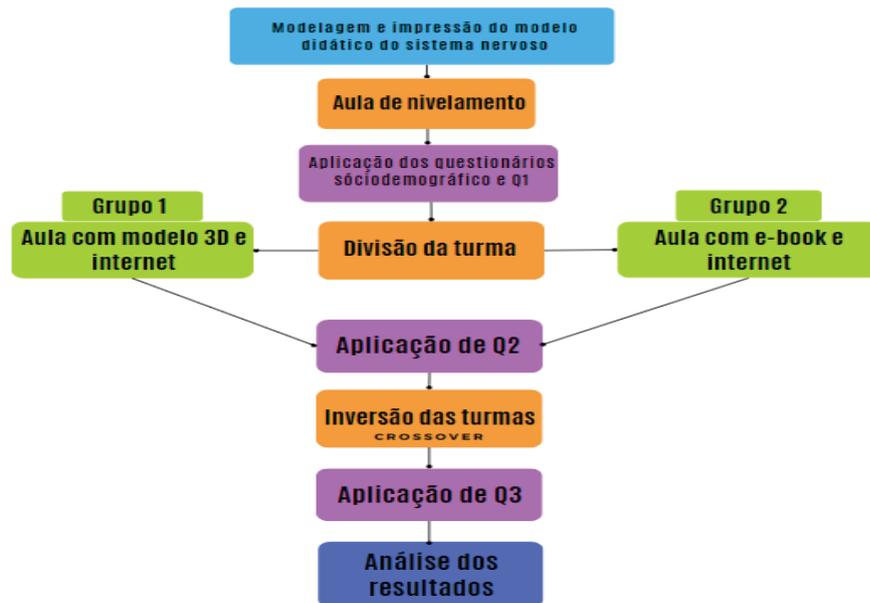


Fonte: os autores.

Além dos modelos 3D, foram utilizados *tablets* com acesso à internet e *e-book* ilustrado como recurso comparativo.

A coleta de dados foi realizada com três questionários: Q1 (pré-teste), Q2 (pós-teste após primeira intervenção) e Q3 (pós-crossover), cada um com 10 questões de múltipla escolha. No início foi aplicado questionário sociodemográfico e ao final um questionário sobre a percepção dos participantes quanto ao uso dos modelos 3D (Fig. 2).

**Figura 2:** Fluxograma do estudo.



Fonte: As autoras (2024).

A sequência didática foi organizada em três encontros de 1h40 cada. No primeiro encontro realizou-se aula introdutória expositiva sobre anatomia e fisiologia do sistema nervoso central, seguida pelo questionário Q1. No segundo encontro, G1 utilizou modelos 3D, enquanto G2 utilizou *e-books*, trabalhando com cenários sobre saúde mental, vícios e doenças neurológicas (Fig. 3). Após a atividade, responderam ao questionário Q2. No terceiro encontro os grupos trocaram de metodologia, seguido do questionário Q3.

**Figura 3:** Estudantes debatendo sobre os cenários em (a) grupo 1 com acesso aos modelos 3D e (b) grupo 2 com acesso ao *e-book* através de *tablets* e *smartphones*.



Fonte: As autoras (2024).

Os dados quantitativos foram analisados por testes estatísticos de *Wilcoxon* e *Mann-Whitney*, e a análise qualitativa baseou-se nas respostas ao questionário de percepção.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A investigação foi conduzida com 27 estudantes entre 16 e 18 anos, com o objetivo de verificar e analisar a aprendizagem por meio da manipulação de modelos 3D em comparação ao método convencional (*e-book* e internet).

##### 4.1 Análise do Perfil Sociodemográfico

Dos 27 estudantes, 17 eram do gênero masculino e 10 do feminino, com idades entre 16 e 18 anos, majoritariamente das classes D ou E. Treze residiam com pais e irmãos, cinco trabalhavam para contribuir com despesas domésticas, e 11 declararam que a família recebia auxílio governamental.

A análise dos resultados do comportamento em relação ao uso de substâncias psicoativas, revelou o álcool como a substância mais consumida entre os adolescentes de ambos os gêneros, seguido pelo uso de *vape*, e o uso combinado de substâncias como álcool, maconha, *vape* e cigarro. Segundo Cardoso e Malbergier (2014), pode comprometer o desempenho acadêmico.

#### 4.2 Análise dos Questionários

Para a análise dos questionários, recordamos que no primeiro momento houve o nivelamento, aplicação de Q1, segundo momento, G1 utilizou modelos 3D e acesso à internet enquanto G2 usou *e-book* e internet, aplicação do Q2 e no terceiro momento ocorreu o *crossover* e aplicação do Q3.

Os resultados apresentaram padrões semelhantes de desempenho, com quedas no Q2 e recuperação parcial no Q3. No Q3, G1 elevou a média de 3,6 para 4 acertos, enquanto G2, que interagiu posteriormente com os modelos 3D, registrou maior progressão. A média geral e desvio padrão para os resultados obtidos estão na Tabela 1.

**Tabela 1:** Média de acertos em Q1, Q2 e Q3 para G1 e G2.

TABELA COMPARATIVA - MÉDIA DE ACERTOS						
	Q1		Q2		Q3	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
<b>G1 e G2</b>	5,07	1,86	3,67	1,39	4,25	2,1

Fonte: As autoras (2024).

O teste t de *Student* não revelou diferenças estatisticamente significativas entre G1 e G2 no Q1 ( $p = 0,423$ ) e Q2 ( $p = 0,213$ ), confirmando base conceitual equivalente e desempenho médio próximo após a primeira intervenção.

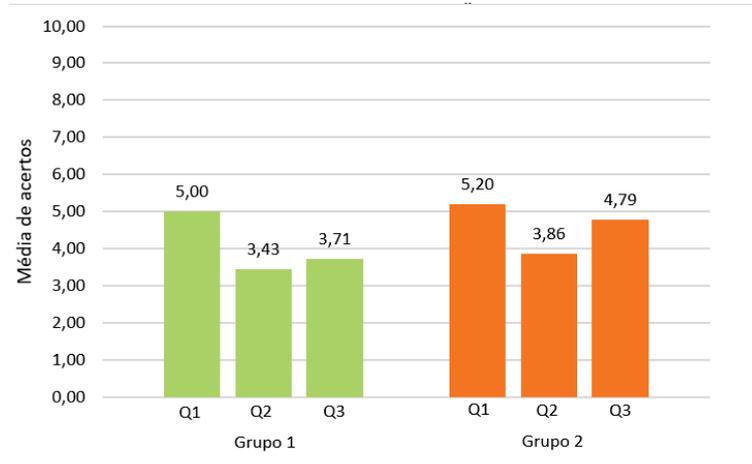
No Q3, G1 obteve média de 3,71 (desvio-padrão 1,90) e G2 média de 4,79 (desvio-padrão 2,22), sugerindo que a introdução tardia do modelo 3D em G2 favoreceu a retenção de conteúdo, mas com maior dispersão nos resultados individuais.

O teste de *Mann-Whitney* não mostrou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, mas observou-se vantagem qualitativa para G2 no desempenho final (Q3).

Um achado relevante foi que a sequência metodológica influenciou a retenção do conteúdo. G2 iniciou com *e-book*, recurso mais familiar, e posteriormente utilizou o modelo

3D, consolidando os conceitos. G1, que começou com o modelo tridimensional, apresentou retenção mais duradoura, ainda que tenha enfrentado queda no desempenho entre Q1 e Q2 (Gráfico 1).

**Gráfico 1:** Comparação dos desempenhos nos questionários 1, 2 e 3 dos grupos 1 e 2.



Fonte: As autoras (2024).

A sequência metodológica influenciou o desempenho dos grupos, com G2 demonstrando melhor compreensão após iniciar com base teórica antes do modelo 3D. O desafio identificado foi a necessidade de maior suporte docente na utilização dos modelos 3D, com alguns alunos demonstrando dificuldades na montagem dos quebra-cabeças.

A combinação de abordagens convencionais e recursos inovadores mostrou-se particularmente eficaz em disciplinas complexas como neuroanatomia. Straliozzo, Borges e Bonini (2021) destacam que modelos tridimensionais proporcionam experiência interativa que abrange diferentes estilos de aprendizagem, sendo que a manipulação de modelos tridimensionais facilita a visualização espacial e funcional do sistema nervoso central, enquanto o *e-book* proporciona base textual essencial para consolidação do conteúdo.

### 4.3 Percepção de Aprendizagem dos Estudantes

A maioria dos alunos considerou o uso de modelos 3D eficaz para compreensão da anatomia do encéfalo, descrevendo a atividade como envolvente e interessante. Alguns relataram dificuldades na visualização das diferentes partes do encéfalo e na integração entre atividade prática e conteúdo teórico.

A metodologia foi majoritariamente bem recebida, com alunos demonstrando interesse nas aulas com modelos 3D. Algumas dificuldades pontuais foram apontadas, a visualização dos modelos e articulação entre prática e teoria sugerindo necessidade de ajustes.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciaram desafios no desempenho do Q2, com queda média de 25% nas duas turmas, indicando lacunas na compreensão de conteúdos intermediários de neuroanatomia. Recomenda-se revisão do módulo, com ênfase em atividades práticas de reforço e acompanhamento individualizado.

A combinação de modelos 3D interativos e recursos convencionais mostrou-se eficiente no ensino de conteúdos que exigem compreensão visual detalhada. A sequência metodológica ideal depende do contexto: iniciar com modelo 3D favoreceu retenção tardia em G1, enquanto a sequência teoria→prática em G2 promoveu engajamento progressivo.

Este estudo demonstra que tecnologias inovadoras não são soluções universais, dependendo da adaptação às realidades locais e da mediação docente qualificada. Apesar dos benefícios comprovados (67% dos alunos relataram melhor visualização espacial), a implementação desequilibrada pode ampliar desigualdades socioeducacionais.

### Agradecimentos

Agradecimentos a Prof. Dra. Maria Fernanda Pioli Torres e equipe do laboratório Life3D do Departamento de Anatomia da UFPR pelas contribuições e produção das peças em 3D.

Agradecimentos à CAPES pela bolsa concedida durante o período de 2023 a 2025 para a conclusão do mestrado no Ensino de Biologia, promovido pelo ProfBio – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – UFPR, obtendo como resultado esse artigo.

## REFERÊNCIAS

- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 9-31, 2002.
- BRASIL, Ministério da educação e cultura. **Base Nacional Comum Curricular**. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/4i5RCLq>. Acesso em: 14/3/2023.
- CAPECCHI, Maria C. V. de M. **Problematização no Ensino de Ciências**. In: A. M. P. de, Carvalho (Org.); **ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO**. Org. ed., v. 1, 2013.
- CARDOSO, Luciana. R. D.; MALBERGIER, André. **Problemas escolares e o consumo de álcool e outras drogas entre adolescentes**. Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional, v. 18, n. 1, p. 27-34, 2014.
- CARVALHO, Anna Maria P. DE. **Ensino de Ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula**. 1º ed. São Paulo, 2013.
- FRACALANZA, Hilário; AMARAL. Ivan A.; GOUVEIA. Mariley S. F. **O Ensino de ciências no primeiro grau**. 1987.

GUENTHER, Courtney; HAYES, Matthew; DAVIS, Andrew; STERN, Matthew. **Building Confidence: Engaging Students Through 3D Printing in Biology Courses**. Institute of Education Sciences, v. 47, n. 1, p. 40-58, 2021.

MARTINS, Taís O.; EICHLER, Marcelo L. **Neurociências cognitivas no estudo do sistema nervoso: um olhar crítico por meio do livro didático de educação básica**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 25, n. 2, p. 272-292, 2020.

MORAES, Viviane R. A. DE; GUIZZETTI, Renata A. **Percepções de alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre o corpo humano**. Ciência & Educação (Bauru), v. 22, n. 1, p. 253-270, 2016.

PARANÁ, Secretaria de estado da educação. **Caderno de itinerários formativos do novo ensino médio**. Curitiba, SEED/PR 2023. Disponível: <https://bit.ly/3R1ZRMF> Acesso: 02 nov 2024.

SILVA, Artemisa A.; SILVA FILHA, Raimunda T.; FREITAS, Silvia R. S. **Utilização de Modelo Didático como Metodologia Complementar ao Ensino da Anatomia Celular**. Biota Amazônia, v. 6, n. 3, p. 17-21, 2016.

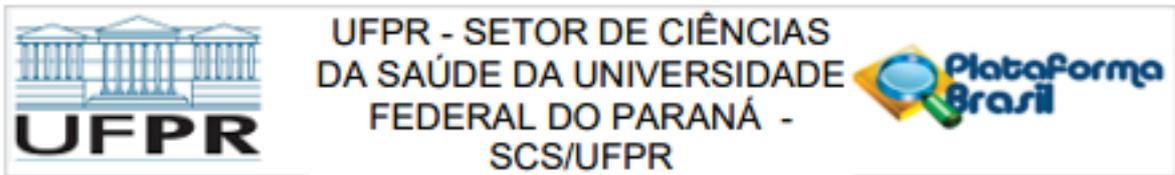
STRALIOTTO, Joyce C. A.; BORGES, Maria E. T.; BONINI, Juliana S. **Impressora 3D como ferramenta pedagógica: confecção e aplicação das peças neuroanatômicas**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 7, p. 65360-65372, 2021.

WINNE, Brenda C. C. B.; BRITO, Leandro T. S.; SALES, Eliemerson de S. **Ensino por investigação: uma abordagem didática no ensino de Ciências e Biologia**. Revista Vivências em Ensino de Ciências. 2ª Edição especial, 2018.

## ANEXO 1

## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP/SCS - UFPR

	<p align="center"><b>UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - SCS/UFPR</b></p>									
<b>PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP</b>										
<b>DADOS DO PROJETO DE PESQUISA</b>										
<b>Título da Pesquisa:</b> ENSINO DE ANATOMOFISIOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO COM MODELOS DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D PARA O ENSINO MÉDIO										
<b>Pesquisador:</b> MARIA FERNANDA PIOLI TORRES										
<b>Área Temática:</b>										
<b>Versão:</b> 5										
<b>CAAE:</b> 75572323.4.0000.0102										
<b>Instituição Proponente:</b> Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - ProfBio										
<b>Patrocinador Principal:</b> Capes Coordenação Aperf Pessoal Nível Superior										
<b>DADOS DO PARECER</b>										
<b>Número do Parecer:</b> 6.688.266										
<b>Apresentação do Projeto:</b>										
O projeto é da prof. Maria Fernanda Pioli Torres, com colaboração de Dayane de Lima da Silveira.										
Local de realização: Departamento de Anatomia - Setor de Ciências Biológicas - Universidade Federal do Paraná e Colégio Estadual Lincoln Setembrino Coimbra (Araucária – PR).										
- Período de realização: janeiro de 2024 a março de 2025.										
- A Secretaria de Educação do Paraná e centro coparticipante.										
<p>As pesquisadoras argumentam que apesar do grande potencial dos modelos 3D obtidos a partir de digitalização de peças anatómicas ou de imagens tomográficas obtidas de órgãos reais, a avaliação da sua eficácia no processo de ensino/aprendizagem e para o desenvolvimento de habilidades é complexa pois envolve fatores como interesse, afinidade e conhecimento prévio. Estudos indicam que abordagens multimodais para o ensino de anatomia apresentam vantagens e que a inclusão de ferramentas 3D pode melhorar a retenção do conteúdo de anatomia. Nesse cenário, serão testadas as hipóteses de que as tecnologias de modelagem e impressão 3D para a produção de modelos didáticos nas escolas estaduais são acessíveis, viáveis e vantajosas do ponto de vista pedagógico.</p>										
Participarão da pesquisa uma turma com aproximadamente 80 estudantes do ensino básico										
<table border="0"> <tr> <td><b>Endereço:</b> Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar</td> <td><b>CEP:</b> 80.060-240</td> </tr> <tr> <td><b>Bairro:</b> Alto da Glória</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>UF:</b> PR</td> <td><b>Município:</b> CURITIBA</td> </tr> <tr> <td><b>Telefone:</b> (41)3360-7259</td> <td><b>E-mail:</b> cometica.saude@ufpr.br</td> </tr> </table>			<b>Endereço:</b> Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar	<b>CEP:</b> 80.060-240	<b>Bairro:</b> Alto da Glória		<b>UF:</b> PR	<b>Município:</b> CURITIBA	<b>Telefone:</b> (41)3360-7259	<b>E-mail:</b> cometica.saude@ufpr.br
<b>Endereço:</b> Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar	<b>CEP:</b> 80.060-240									
<b>Bairro:</b> Alto da Glória										
<b>UF:</b> PR	<b>Município:</b> CURITIBA									
<b>Telefone:</b> (41)3360-7259	<b>E-mail:</b> cometica.saude@ufpr.br									
Página 01 de 08										



Continuação do Parecer: 6.688.266

regular da 3ª série do ensino médio do Colégio Estadual Lincoln Setembrino Coimbra, município de Araucária/PR. Aos estudantes serão detalhados os objetivos e a dinâmica da pesquisa, riscos e benefícios. A explicação inicial também incluirá informações a respeito do sigilo e da confidencialidade dos dados, da participação voluntária do estudante, da não atribuição de notas a essa atividade e da possibilidade de recusa em participar sem nenhum prejuízo ao estudante.

Aos estudantes de menor idade será encaminhado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para obtenção da assinatura dos pais ou responsáveis. Os estudantes de menor idade cujos pais ou responsáveis tenham consentido com a sua participação do estudo serão convidados a assinar o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE).

Após a devida obtenção dos consentimentos dos pais e assentimentos dos estudantes, a dinâmica que ocorrerá em dois encontros de 1 hora e 40 minutos será iniciada com a apresentação da dinâmica da pesquisa e aplicação de um questionário sociodemográfico (Anexo 1) com duração de 10 minutos.

Em seguida, será realizada uma aula de nivelamento para todos os estudantes onde será apresentado o referencial teórico introdutório sobre Sistema Nervoso durante 40 minutos e os estudantes responderão, individualmente em até 15 minutos, o questionário (Q1) composto por sete questões objetivas sobre o conteúdo apresentado na aula teórica (Anexo 2). Em seguida, os estudantes serão divididos de forma aleatória e igualitária em termos de número e gênero em dois grupos de, aproximadamente, 20 participantes. Um grupo terá acesso ao material convencionalmente utilizado nas aulas que consiste em livros e slides elaborados pela professora (GL), e o outro grupo terá acesso aos mesmos recursos, porém, enriquecidos com os modelos 3D de encefalo, neurônio e sinapse (G3D). A ambos os grupos serão apresentados cenários fictícios sobre doenças e efeitos de medicamentos e drogas sobre o sistema nervoso e, após um período de 20 minutos para estudo em equipe, será apresentado o segundo questionário (Q2) com sete questões objetivas sobre o conteúdo (Anexo 3) para ser respondido em 15 minutos.

No segundo encontro haverá inversão dos grupos num delineamento conhecido como crossover em que o grupo que estudou pelas ilustrações passa a utilizar os modelos 3D e vice-versa. A todos os estudantes serão apresentados novos cenários fictícios para investigação e, após 20 minutos para estudo, será aplicado o terceiro questionário (Q3) com as mesmas questões de Q2 com ordem alterada para ser respondido, também individualmente e em 15 minutos. Em seguida, haverá a aplicação de duas questões abertas para que o estudante possa manifestar a sua opinião sobre os modelos propriamente ditos e sobre a sua experiência de aprendizagem e, para isso, será dado o tempo de 10 minutos (Anexo 4).

**Endereço:** Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

**Bairro:** Alto da Glória

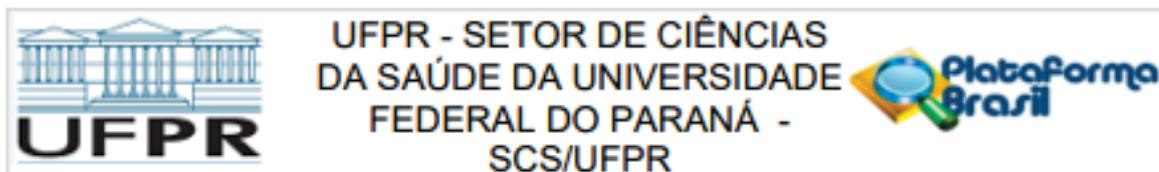
**CEP:** 80.060-240

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3360-7259

**E-mail:** cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 6.688.266

Ao final das atividades haverá a explicação das respostas dos questionários e o esclarecimento de dúvidas e essa etapa que corresponde ao fechamento da dinâmica terá a duração de 50 minutos. Vale ressaltar que todos os estudantes terão a mesma oportunidade de aprendizado com os modelos 3D, inclusive aqueles que não apresentaram TCLE e/ou TALE assinados, ou que não participaram de uma das atividades propostas. O fluxograma do estudo é apresentado na Figura 3.

A participação em todas as etapas do estudo será voluntária e as notas obtidas pelos estudantes nos questionários não serão consideradas para a composição da nota bimestral. Serão excluídos os estudantes ausentes na aula teórica. Finalizado o processo, todos os estudantes, participantes ou não da pesquisa, terão acesso aos modelos produzidos e, assim, terão a mesma oportunidade de aprendizado. Os estudantes terão direito de vistas aos resultados dos questionários Q1 e Q2 para que possam conferir erros e acertos obtidos antes e após a intervenção.

Para o recrutamento dos participantes, as pesquisadoras informam que:

"O recrutamento dos estudantes ocorrerá em sala de aula mediante apresentação da proposta pela professora responsável pela turma. Os modelos serão apresentados como ferramentas complementares ao material tradicionalmente utilizado para o ensino do tema. Também será apresentada a dinâmica para a utilização dos modelos em sala de aula ressaltando-se que ao término da dinâmica e aplicação do questionário 3, os modelos serão disponibilizados para que todos os estudantes tenham a mesma oportunidade de aprendizado.

Durante a apresentação da proposta pela professora responsável, os estudantes serão esclarecidos que a participação não implicará em bonus ou onus e que, portanto, será totalmente voluntária e que, se for do seu interesse, terá acesso aos modelos da mesma forma que os participantes da pesquisa."

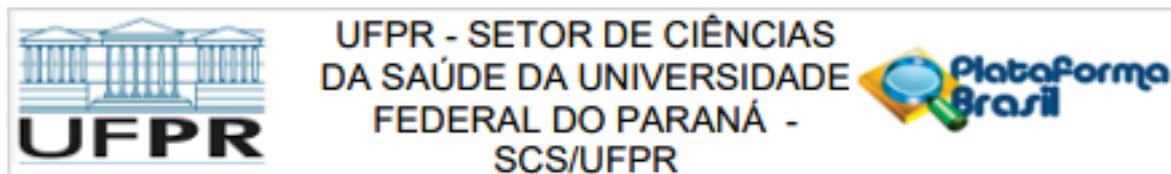
#### **Objetivo da Pesquisa:**

De acordo com as pesquisadoras:

#### **Objetivo Geral:**

Este projeto terá como objetivo principal produzir, doar e avaliar modelos didáticos impressos em 3D sobre sistema nervoso no contexto de uma sequência didática com viés investigativo sobre anatomofisiologia do sistema nervoso onde os modelos 3D serão utilizados como instrumentos

**Endereço:** Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar  
**Bairro:** Alto da Glória **CEP:** 80.060-240  
**UF:** PR **Município:** CURITIBA  
**Telefone:** (41)3360-7259 **E-mail:** cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 6.688.266

facilitadores do processo de ensino-aprendizagem no terceiro ano do ensino medio.

#### Objetivos Especificos

- Selecionar, modelar e imprimir em 3D modelos didaticos de encefalo, neuronio e sinapse;
- Elaborar uma sequencia didatica com abordagem investigativa para a utilizacao dos modelos 3D;
- Avaliar se os modelos impressos em 3D influenciaram positivamente a aprendizagem mediante a aplicacao de questionarios;
- Comparar o resultado da aprendizagem pela metodologia convencional com a pratica pedagogica enriquecida com modelos 3D;
- Analisar a percepcao dos estudantes sobre a utilizacao de material 3D por meio de questionarios.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com as pesquisadoras:

Quais os beneficios, diretos ou indiretos, para a populacao e a sociedade?

Os beneficios para os participantes desta pesquisa serao diretos, visto que os modelos utilizados durante as atividades descritas permitem maior engajamento e interacao dos estudantes o que pode manter os estudantes mais focados no topico estudado. Somado a isso, supoe-se que os estudantes ampliem a sua percepcao sobre a utilizacao de materiais 3D em outros contextos e se interessem pelas tecnologias de modelagem e impressao 3D.

Entre os beneficios indiretos aos estudantes destaca-se que as informacoes coletadas fornecerao subsidios para a avaliacao de modelos didaticos 3D empregados no ensino/aprendizagem no ensino medio aprimorando as atividades didaticas na rede publica de ensino.

Quais os riscos inerentes ou decorrentes da pesquisa?

A aplicacao dos questionarios implica em riscos minimos de ordem psicologica representados por desconforto, medo, vergonha, quebra de sigilo e anonimato, cansaco, alteracoes na autoestima decorrentes do desconhecimento do conteudo ou ate mesmo pela evocacao de memorias indesejaveis. Pensando nessas possibilidades, os pesquisadores farao uma explicacao pormenorizada dos objetivos da pesquisa, seus beneficios e riscos. Todas essas informacoes

**Endereço:** Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

**Bairro:** Alto da Glória

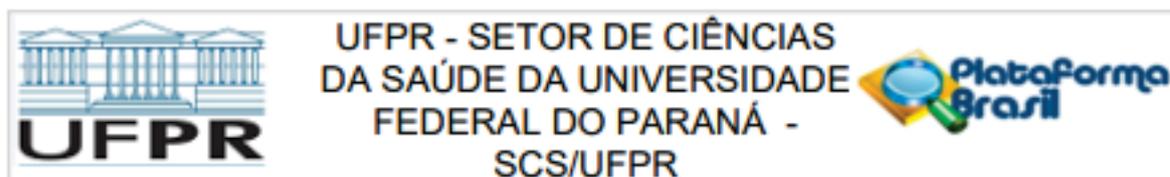
**CEP:** 80.060-240

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3360-7259

**E-mail:** cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 6.688.266

estarão no TCLE e no TALE que serão encaminhados aos pais e disponibilizado ao participante, respectivamente. Como medidas de mitigação e proteção dos participantes, elencamos abaixo as principais.

- Garantia de privacidade, conforto e abordagem humanizada do participante durante a coleta de dados.
- Garantia de exclusão do participante da pesquisa caso o participante assim deseje, sem nenhuma penalização ao mesmo.

Além disso, tanto no TCLE, no TALE quanto na aula teórica que antecede a aplicação dos modelos, será assegurada a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo dos estudantes. As informações e as imagens obtidas serão utilizadas estritamente para divulgação científica em periódicos e eventos das áreas afins.

Qual a possibilidade da ocorrência dos possíveis riscos apontados?

A possibilidade é mínima considerando que os participantes serão estudantes do 3º ano do ensino médio familiarizados com a professora e habituados com a sua metodologia de ensino e a realização de atividades em sala de aula.

Quais as medidas para sua minimização e proteção do participante da pesquisa?

Serão asseguradas a confidencialidade, a privacidade, a não estigmatização e a proteção da imagem quando houver registro fotográfico durante a etapa de avaliação dos modelos pelos estudantes. Além disso, será assegurado que os dados obtidos nos questionários serão digitados em planilhas digitais sem a identificação do participante.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Não há.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos foram apresentados.

**Recomendações:**

Não há.

**Endereço:** Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

**Bairro:** Alto da Glória

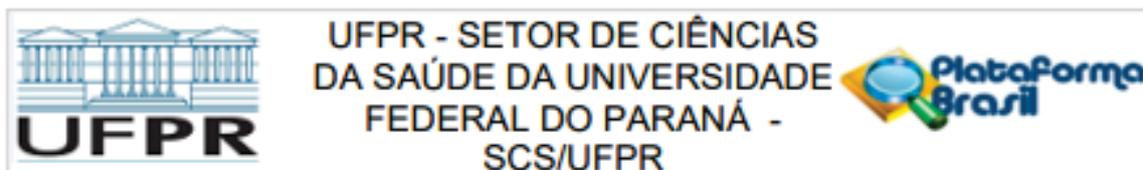
**UF:** PR

**Telefone:** (41)3360-7259

**CEP:** 80.060-240

**Município:** CURITIBA

**E-mail:** cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 6.688.266

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

A pendência apontada no parecer anterior foi corrigida.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

01 - Solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios semestrais(a cada seis meses de seu parecer de aprovado) e final, sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos, através da Plataforma Brasil - no modo: NOTIFICAÇÃO. Para o próximo relatório, favor utilizar o modelo atualizado, (abril/22), de relatório parcial.

02 - Demais alterações e prorrogação de prazo devem ser enviadas no modo EMENDA. Lembrando que o cronograma de execução da pesquisa deve ser atualizado no sistema Plataforma Brasil antes de enviar solicitação de prorrogação de prazo. Emenda – ver modelo de carta em nossa página: [www.cometica.ufpr.br](http://www.cometica.ufpr.br) (obrigatório envio).

03 - Importante:(Caso se aplique): Pendências de Coparticipante devem ser respondidas pelo acesso do Pesquisador principal. Para projetos com coparticipante que também solicitam relatórios semestrais, estes relatórios devem ser enviados por Notificação, pelo login e senha do pesquisador principal no CAAE correspondente a este coparticipante, após o envio do relatório à instituição proponente.

04 – Inserir nos TCLE e TALE o número do CAAE e o número do parecer consubstanciado aprovado, para aplicação dos termos.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2241282.pdf	19/02/2024 16:10:48		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	13_TCLE_alunos_adultos_corrigido_3.docx	19/02/2024 16:10:17	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Outros	3_Resposta_sobre_pendencia.pdf	19/02/2024 16:07:28	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Outros	3_Resposta_sobre_pendencia.docx	08/02/2024	MARIA FERNANDA	Aceito

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

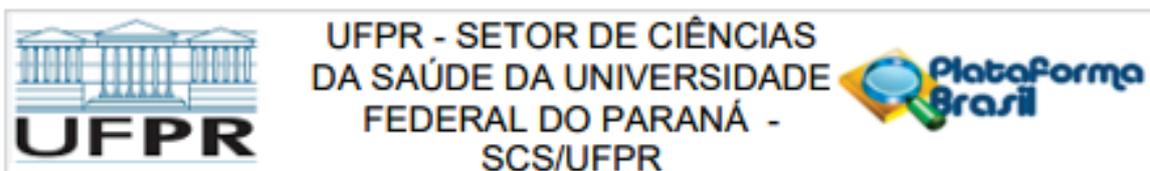
CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: [cometica.saude@ufpr.br](mailto:cometica.saude@ufpr.br)



UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS  
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PARANÁ -  
SCS/UFPR

Continuação do Parecer: 6.688.266

Outros	3_Resposta_sobre_pendencia.docx	13:27:04	PIOLI TORRES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	13_TCLE_alunos_adultos_corrigido.docx	08/02/2024 13:26:07	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Outros	15_Termo_de_uso_de_imagem_voz_corrigido_2.docx	27/12/2023 18:30:11	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	13_TCLE_pais_responsaveis_corrigido_2.docx	27/12/2023 18:27:47	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Outros	2_Respostas_sobre_pendencias.pdf	27/12/2023 18:27:25	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Outros	Respostas_sobre_pendencias.pdf	04/12/2023 19:44:30	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	13_TCLE_alunos_adultos.docx	04/12/2023 19:42:12	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Outros	15_Termo_de_uso_de_imagem_voz_corrigido.docx	04/12/2023 18:26:08	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	14_TALE_adolescente_corrigido.docx	04/12/2023 18:25:10	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	13_TCLE_pais_responsaveis_corrigido.docx	04/12/2023 18:24:51	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_pesquisa_corrigido.docx	04/12/2023 18:24:16	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Outros	02_Ata_aprovacao_com_titulo.pdf	07/11/2023 19:41:37	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Outros	04_Concordancia_servicos_envolvidos.pdf	07/11/2023 19:39:12	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_corrigida.pdf	07/11/2023 19:34:07	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Outros	Check_list_documental.pdf	06/11/2023 20:21:41	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Declaração de Pesquisadores	08_Declaracao_de_compromisso_da_equipe.pdf	06/11/2023 20:16:00	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Declaração de concordância	04_Concordancia_SEED.pdf	06/11/2023 20:15:49	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
Declaração de Pesquisadores	03_Analise_do_merito_cientifico.pdf	06/11/2023 20:15:33	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

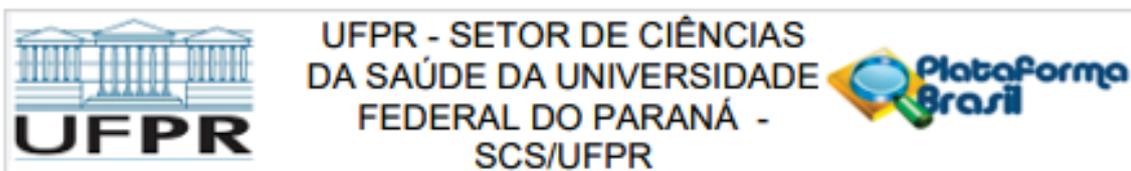
CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br



UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS  
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PARANÁ -  
SCS/UFPR

Continuação do Parecer: 6.688.266

Outros	01_Carta_de_encaminhamento.pdf	06/11/2023 20:14:41	MARIA FERNANDA PIOLI TORRES	Aceito
--------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------	--------

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CURITIBA, 06 de Março de 2024

---

**Assinado por:**  
**IDA CRISTINA GUBERT**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

**Bairro:** Alto da Glória

**CEP:** 80.060-240

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

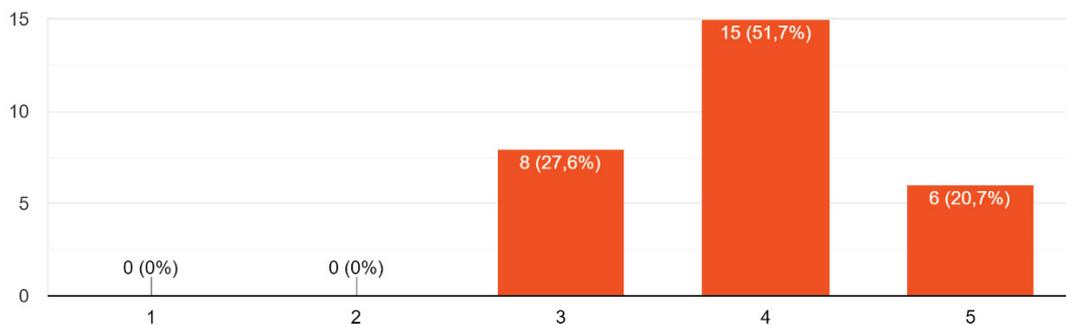
**Telefone:** (41)3360-7259

**E-mail:** cometica.saude@ufpr.br

## ANEXO 2 – GRÁFICOS COM AS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO SOBRE A PERCEPÇÃO DE APRENDIZAGEM DOS ESTUDANTES

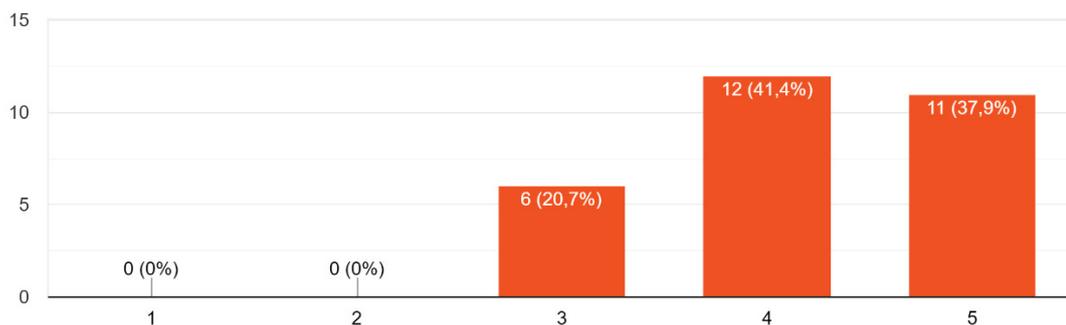
1. A utilização do modelo de quebra-cabeça do encéfalo impresso em 3D facilitou o meu entendimento sobre a anatomia do encéfalo.

29 respostas



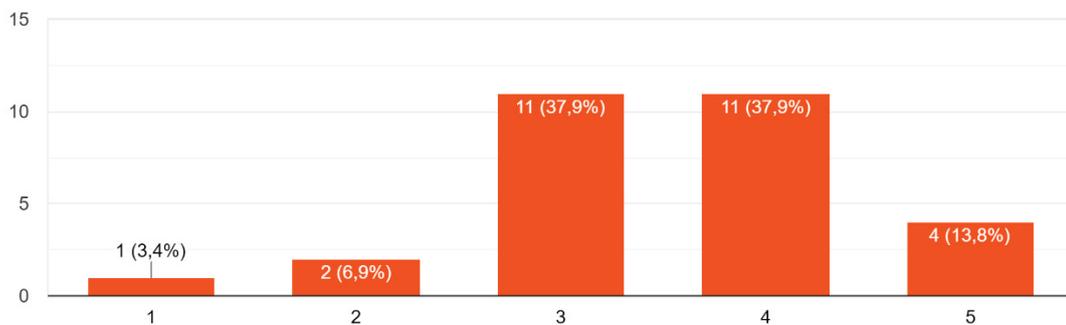
2. Eu achei a atividade com o modelo impresso em 3D do encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial envolvente e interessante.

29 respostas



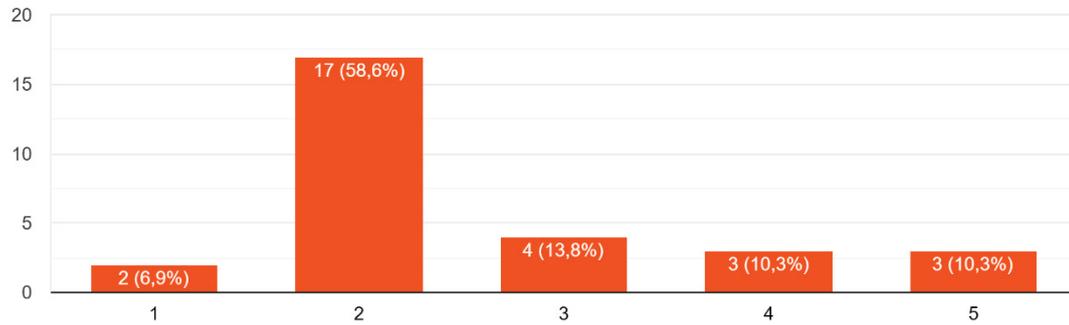
3. A experiência prática com o modelo de quebra-cabeça impresso em 3D de encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial aumentou a minha motivação para aprender sobre neurociência.

29 respostas



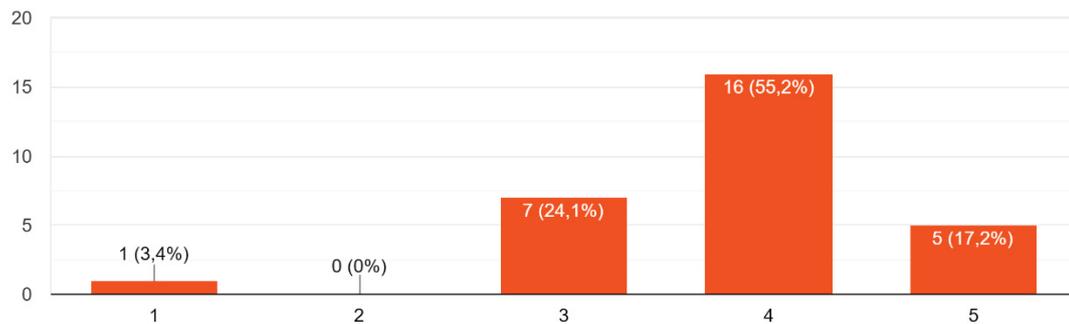
4. A atividade com o modelo impresso em 3D do encéfalo dificultou a visualização das diferentes partes do encéfalo.

29 respostas



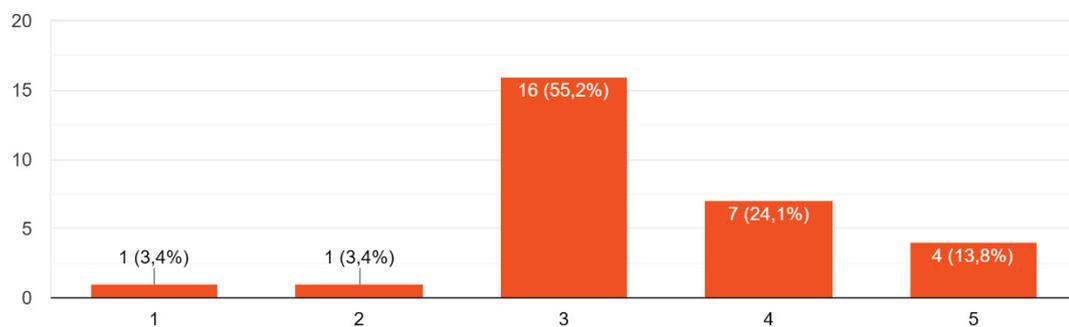
5. O uso do modelo de quebra-cabeça de encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial impresso em 3D promoveu uma melhor interação entre os colegas durante a aula.

29 respostas



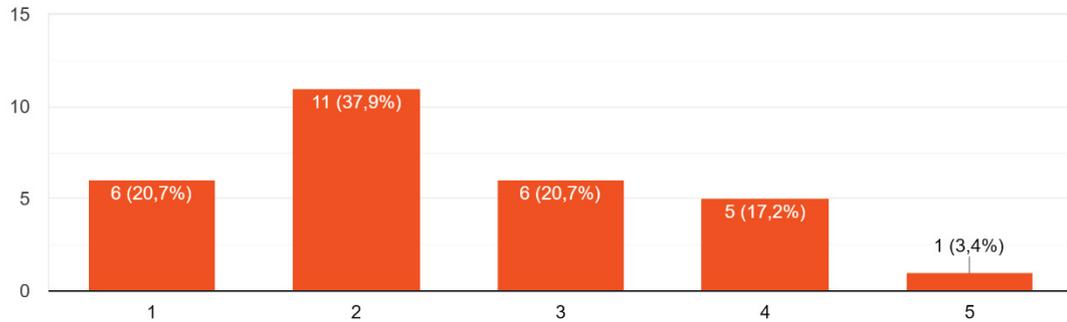
6. Eu me senti mais confiante em discutir sobre a anatomia do encéfalo, neurônio e homúnculo somatossensorial após a atividade com o modelo impresso em 3D.

29 respostas



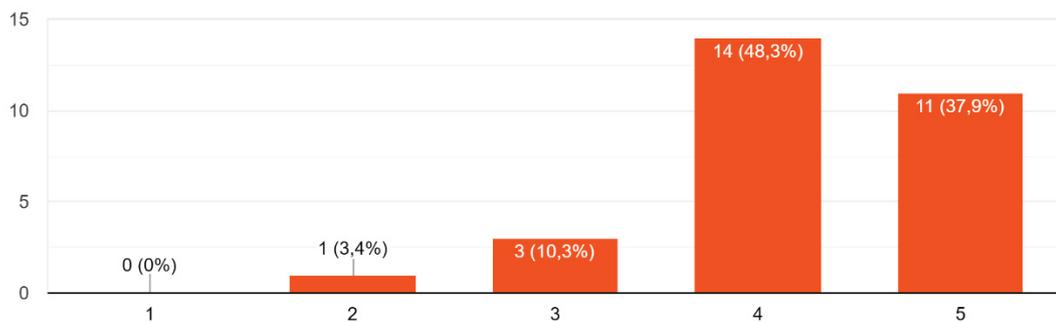
7. A atividade prática com o modelo de quebra-cabeça de encéfalo, neurônio e homuncúlo somatossensorial não foram complementar ao conteúdo teórico da aula.

29 respostas



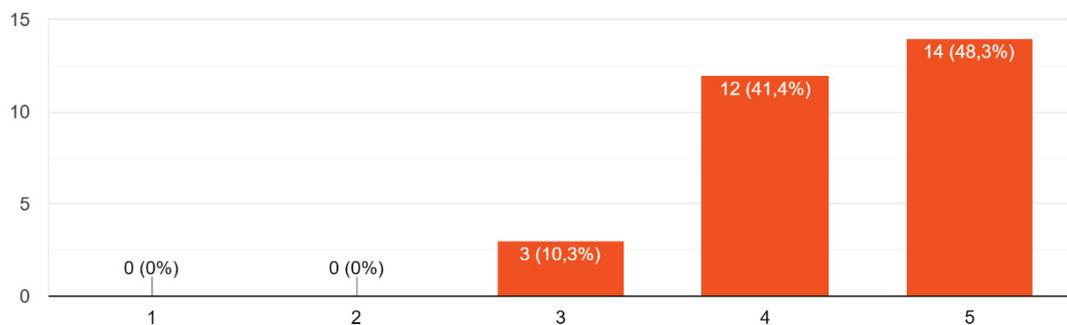
8. O modelo de quebra-cabeça de encéfalo em 3D foi claro e fácil de montar.

29 respostas



9. Eu gostaria de participar de mais aulas que utilizam modelos 3D para ensino de conceitos complexos.

29 respostas



10. A utilização do modelo de quebra-cabeça do encéfalo, neurônio e homuncúlo somatossensorial impressos em 3D contribuiu para uma compreensão mais profunda do tema abordado.

29 respostas

