UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA

GABRIELLY FREITAS FONSECA

DESVENDANDO O SISTEMA NERVOSO HUMANO: PROMOVENDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE MODELOS DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D

Belém - PA
2024

GABRIELLY FREITAS FONSECA

DESVENDANDO O SISTEMA NERVOSO HUMANO: PROMOVENDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE MODELOS DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D

Dissertação de mestrado e Produto Educacional apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Ensino de Ciências, sob orientação Prof. Dra. Sinaida Maria Vasconcelos.

Área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores de Ciências na Amazônia.

Linha de pesquisa: Estratégias Educativas para o Ensino de Ciências Naturais na Amazônia.

Belém - PA
2024

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca do CCSE/UEPA, Belém - PA

Fonseca, Gabrielly Freitas

Desvendando o sistema nervoso humano: promovendo a aprendizagem significativa no ensino fundamental através de modelos didáticos impressos em 3D/ Gabrielly Freitas Fonseca; orientadora: Sinaída Maria Vasconcelos - Belém, 2024.

Dissertação (Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências na Amazônia. Universidade do Estado do Pará. Belém, 2024.

1.Prática de ensino. 2.Modelos didáticos-Impressão 3d.3.Mapas conceituais. I. Vasconcelos, Sinaida Maria (orient.) II. Título.

CDD. 23º ed. 371.3

Regina Coeli A. Ribeiro – CRB-2/739

GABRIELLY FREITAS FONSECA

DESVENDANDO O SISTEMA NERVOSO HUMANO: PROMOVENDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE MODELOS DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D

Dissertação de mestrado e Produto Educacional apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Ensino de Ciências, sob orientação da Profa. Dra. Sinaida Maria Vasconcelos

Área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores de Ciências na Amazônia.

Linha de pesquisa: Estratégias Educativas para o Ensino de Ciências Naturais na Amazônia

BANCA EXAMINADORA

Data da Aprovação: 18 / 01 /2024

_____
Profa. Dra. Sinaida Maria Vasconcelos
Orientador(a) – Universidade do Estado do Pará - UEPA
Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências – PPGEECA

_____
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza
Membro Interno – Universidade do Estado do Pará - UEPA
Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências – PPGEECA

_____
Profa. Dra. Alice Melo Ribeiro
Membro Externo – Universidade de Brasília - UNB
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências

Belém - PA
2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que me deu forças e me amparou em todos os meus momentos de dificuldades. A minha amada família e ao meu namorado que sempre me incentivaram a trilhar este belo caminho que é a educação.

(Gabrielly Fonseca)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus que me deu forças e me amparou em todos os momentos de lutas e fraquezas, assim como também nos de bonança, permitindo que eu chegasse até aqui, nesses anos de muito esforço e realizações.

À minha família em especial a minha mãe Simone e aos meus pais e irmãos do coração Cristina, Sérgio, Raphaela e Jean e ao meu namorado que sempre me incentivaram e acreditam no meu potencial como profissional da educação, não medindo esforços para que eu realizasse o sonho de fazer um mestrado profissional e também os muitos outros sonhos que ainda almejo.

Agradeço também a Universidade do Estado do Pará, ao Centro de Ciências e Planetário do Pará e ao Programa de Pós Graduação em Educação e Ensino de Ciências da Amazônia pelo seu quadro de docentes, técnicos e colaboradores que se esmeram sempre em nos ajudar e tornar esse caminho um pouco mais fácil.

A minha orientadora, a Profª. Drª. Sinaida Maria Vasconcelos, a quem me acompanha desde a graduação e quem considero como minha mãe acadêmica, pois possui paciência e compreensão ímpar, além de ser um espelho para nós que ainda estamos nesse caminho de construção.

Agradeço a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela bolsa concedida que é tão importante para acadêmicos durante as execuções de sua pesquisa, sendo também de suma importância para a viabilização desta dissertação e produto educacional.

Aos meus amigos do mestrado que em seus momentos de descontração, mas também de muito aprendizado, tornaram esse processo ainda mais enriquecedor. Agradeço de forma especial a minha amiga de turma Letícia Amaro que esteve comigo em todos os processos fundamentais para a execução desta pesquisa, sempre acessível em ajudar.

Agradeço também aos meus amigos pessoais, Beatriz, Arão, Jorge e Josefferson que estão comigo em todos os momentos e são suportes essenciais para essa jornada que é a vida.

E por fim, agradeço a mim por acreditar sempre nos meus sonhos e nunca desistir, por acreditar que a educação ainda é o melhor caminho de transformação social.

Meus eternos agradecimentos!

EPÍGRAFE

"*Ensinar é um exercício de imortalidade. De alguma forma continuamos a viver naqueles cujos olhos aprenderam a ver o mundo pela magia da nossa palavra. O professor, assim, não morre jamais*." (Rubem Alves, 2000)

MEMORIAL DE FORMAÇÃO

Discorrer acerca de nossas vivências e fatos pessoais não é uma tarefa fácil, porém necessária, reviver os momentos que oportunizaram o meu ingresso ao mestrado, é revisitar momentos que transformaram a minha vida, a partir de tomadas de decisões que foram cruciais não somente para a minha carreira profissional, mas também rememorar histórias e vivências que contribuíram para a minha construção enquanto pessoa.

Voltar para carreira acadêmica no mestrado profissional no Planetário do Pará, para mim é voltar ao local onde tudo começou, pois em abril de 2018, um mês após o meu ingresso na graduação do curso em Licenciatura em Ciências Biológicas, iniciei como monitora voluntária de Biologia, sendo esta minha primeira experiência profissional no ensino de Ciências e Biologia, onde pude compreender toda a importância que o planetário exerce ao oferecer a comunidade a divulgação do conhecimento científico, sendo um espaço também que desenvolve pesquisas significativas quanto ao ensino e educação não formal. Foram 5 meses de aprendizado intenso superando medos como, o medo de explicar ao público algo errado e o próprio medo de falar em público, contudo este momento inicial foi de suma importância para a minha jornada acadêmica, abrindo assim o meu olhar para a pesquisa em torno do ensino de ciências.

Após a minha breve atuação como monitora de Biologia, consegui uma bolsa no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) no qual atuei nos períodos de junho de 2018 a novembro de 2019. O PIBID sem dúvidas foi vital para a consolidação de que eu havia escolhido o curso certo, pois neste projeto onde eu tive meu primeiro contato com a sala de aula de fato, onde pude ministrar aulas para o ensino fundamental e médio, com auxílio do professor supervisor e desenvolver projetos junto aos meus colegas, que nos possibilitou conhecer a realidade da educação e gestão do ensino público, passando por todas as dificuldades que já conhecemos, falta de recursos, turmas lotadas, diferentes realidades socioeconômicas, desvalorização da figura docente, dentre outras adversidades, mas ainda assim, aquele chamado, talvez a "vocação" do ser professor estava em mim, e ela se alegrava quando os alunos participavam e gostavam das atividades que eram propostas. Tais experiências renderam a construção de trabalhos para serem submetidos em eventos, construção de artigos e produtos educacionais doados a escola.

A vivência na iniciação à docência, juntamente com a reflexão sobre o processo do ensino de ciências me fizeram buscar experiências além, e com ela veio o convite e uma bolsa para o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), financiado pelo CNPq, no Programa Ciência na Escola no subprojeto "Ciência dentro e fora da escola: diálogos entre escola e espaços de educação não formal", onde fui bolsista no período de novembro de 2019 a junho de 2022, onde pude desenvolver minha pesquisa dentro do grupo de pesquisa Ciência, Tecnologia, Meio Ambiente e Educação Não Formal (CTENF), sob orientação da professora doutora Sinaida Maria Vasconcelos a qual eu tenho profundo respeito, admiração e gratidão ao ter me confiado essa responsabilidade.

Executando meu projeto de iniciação científica me deparei com as inúmeras possibilidades que a pesquisa voltada para a educação oferece embora por muitos desconhecida e por outros seja desvalorizada. Embora a minha sina seja a pesquisa em ensino e todas as oportunidades que tive ao longo da graduação sempre me levaram ao ensino, ainda assim tentei outros tipos de estágios, em áreas específicas da Biologia, acabei sendo selecionada para dois projetos de iniciação científico, um no Instituto Evandro Chagas e outro no Laboratório de

Dermatologia Imunologia da UFPA, o qual eu acabei optando e tentando conciliar com a minha iniciação científica do programa ciência na escola. De fato, ao longo do percurso, embora a experiência de trabalhar em laboratório tenha sido enriquecedora, a rotina do laboratório não combinava com a minha aptidão ao ensino, então voltei novamente a me dedicar a essa área.

Agradeço imensamente ao grupo CTENF, o qual é formado em grande parte por mulheres cientistas, por ter me possibilitado esse amadurecimento quanto pesquisadora, pois o professor não pode ser "apenas" professor, é necessário também que ele tenha esse viés de pesquisador ao avaliar sua prática docente, ao propor novas estratégias e metodologias que melhoram a qualidade do ensino. Realizei meu projeto durante a pandemia da COVID-19 e enfrentei inúmeras dificuldades para adaptar ao novo formato imposto por esse momento, contudo ao mudarmos algumas coisas conseguimos ainda assim produzir muitos recursos, projetos, trabalhos científicos e um deles culminou no meu trabalho de conclusão de curso, que buscou refletir e analisar como estava ocorrendo a formação de professores nos tempos de pandemia.

Um dos últimos projetos que participei já nos últimos anos da graduação foi o Programa Residência Pedagógica a qual fiz parte entre o período de dezembro de 2020 a junho de 2022, este momento também foi marcante pois me possibilitou a volta para a escola pública onde fiz meu ensino médio e nesse momento de retorno como professora, eu encarei como uma forma de devolver a comunidade e a escola as oportunidades que a mim também foram dadas, executando projetos interdisciplinares entre biologia e química, conhecendo melhor a prática da escola juntamente aos professores supervisores.

Embora as experiências acadêmicas sejam destaque no meu processo formativo, em paralelo a essas atividades nunca deixei de estar em sala de aula, pois pra mim, só conhecemos a realidade do ensino quando estamos inseridos diretamente, logo desde o primeiro semestre da graduação comecei a ministrar aula particular, aulas em instituições privadas e em projetos populares como o Cursinho Alternativo da UEPA onde fui, professora, coordenadora e diretora do projeto nos anos de 2019 a 2021, recebendo cerca de 300 alunos e participando da realização das tão sonhadas aprovações no vestibular.

Mediante as experiências e a incessante busca por novas experiências, contato com diferentes realidades, voltei para a pós-graduação com a necessidade de suprir lacunas formativas e solidificar ainda mais os conhecimentos que carrego ao longo desses anos realizando pesquisa na área de ensino.

A decisão de ingressar no Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA) da Universidade do Estado do Pará (UEPA) foi motivada pela busca de aprofundamento teórico e prático nas metodologias de ensino, especialmente em um contexto educacional que enfrenta desafios significativos, como a falta de recursos e a necessidade de inovações pedagógicas.

A experiência no mestrado foi enriquecedora, proporcionando um ambiente de aprendizado colaborativo e reflexivo. As disciplinas abordadas, aliadas à orientação da Profa. Dra. Sinaida Maria Vasconcelos, foram fundamentais para a construção de uma base teórica sólida, que permitiu compreender a importância da aprendizagem significativa e da utilização de tecnologias no ensino de Ciências. A elaboração do produto educacional "Desvendando o Sistema Nervoso com a Impressão 3D" foi um marco na formação, pois não apenas consolidou os conhecimentos adquiridos, mas também possibilitou a aplicação prática de metodologias inovadoras em sala de aula.

As perspectivas para a vida profissional a partir dessa formação são promissoras. O conhecimento adquirido no PPGEECA não apenas enriqueceu a prática docente, mas também despertou um desejo de continuar a pesquisa e a inovação no ensino de Ciências. A formação continuada é vista como um compromisso permanente, visando impactar significativamente o processo de ensino e aprendizagem no local de trabalho. A intenção é disseminar as metodologias aprendidas, contribuindo para a formação de outros educadores e para a melhoria da qualidade do ensino nas escolas da região.

Em suma, o mestrado profissional no PPGEECA/UEPA foi um divisor de águas na minha trajetória acadêmica e profissional, proporcionando ferramentas e conhecimentos que possibilitam uma prática educativa mais crítica, reflexiva e inovadora. A formação adquirida não apenas atende às demandas do ensino de Ciências, mas também fortalece o compromisso com a educação como um meio de transformação social.

RESUMO

FONSECA, Gabrielly Freitas. **Desvendando o sistema nervoso humano: Promovendo a aprendizagem significativa no ensino fundamental através de modelos didáticos impressos em 3D**. 2024. 101. Dissertação (Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia), Universidade do Estado do Pará, Belém-Pará, 2024.

A dissertação "Desvendando o Sistema Nervoso Humano: Promovendo a Aprendizagem Significativa no Ensino Fundamental através de Modelos Didáticos Impressos em 3D" aborda a complexidade do ensino do sistema nervoso humano no contexto da educação básica, destacando as dificuldades enfrentadas pelos alunos na compreensão desse tema. O problema central da pesquisa reside na lacuna formativa relacionada ao aprendizado do sistema nervoso, que é frequentemente abordado de maneira superficial e fragmentada e onde que usualmente utiliza a estratégia de confecção de modelos didáticos tridimensionais, geralmente de baixo custo, que são pouco duráveis e exploram apenas a percepção visual e muitas vezes não elucidam corretamente as estruturas que precisam ser estudadas. Essa combinação de fatores contribui para uma compreensão inadequada do sistema nervoso, evidenciando a necessidade de abordagens mais eficazes e recursos didáticos de melhor qualidade. O objetivo principal foi avaliar uma proposta pedagógica que utilizasse modelos didáticos impressos em 3D para promover uma aprendizagem significativa sobre o conteúdo do sistema nervoso humano. A metodologia adotada incluiu uma pesquisa-ação com uma abordagem qualitativa, envolvendo a aplicação de intervenções pedagógicas em uma turma de 8º ano do ensino fundamental. A intervenção foi estruturada em quatro etapas: diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos, aulas teóricas e práticas com modelos 3D, observação do processo de impressão 3D e avaliação da aprendizagem por meio da construção de mapas conceituais. Os resultados mostraram que a utilização de modelos tridimensionais facilitou a compreensão dos alunos sobre as estruturas e funções do sistema nervoso, promovendo um engajamento ativo e uma melhor retenção do conhecimento. A análise dos mapas conceituais indicou uma evolução significativa na organização e hierarquização dos conceitos pelos alunos, evidenciando a eficácia da proposta pedagógica. Conclui-se que a integração da tecnologia de impressão 3D no ensino de Ciências não apenas enriquece a experiência de aprendizagem, mas também contribui para a formação de um conhecimento mais duradouro e significativo, destacando a importância de metodologias inovadoras no contexto educacional. O produto educacional desenvolvido, intitulado "Desvendando o Sistema Nervoso com a Impressão 3D", é um guia didático digital que orienta professores sobre como utilizar a tecnologia de impressão 3D como uma ferramenta pedagógica, promovendo uma abordagem prática e interativa no ensino do sistema nervoso. Este guia foi aplicado e avaliado durante a pesquisa, demonstrando seu potencial para transformar o ensino de Ciências e Biologia, tornando-o mais dinâmico e acessível.

Palavras-chave: Impressão 3D. Mapas conceituais. Produto educacional.

ABSTRACT

FONSECA, Gabrielly Freitas. **Unveiling the Human Nervous System: Promoting Meaningful Learning in Elementary Education through 3D Printed Educational Models**. 2024. 101. Dissertation (Master of Science Education and Teaching in the Amazon), State University of Pará, Belém-PA, 2024.

The dissertation *"Unveiling the Human Nervous System: Promoting Meaningful Learning in Elementary Education through 3D-Printed Didactic Models"* addresses the complexity of teaching the human nervous system within the context of basic education, highlighting the challenges students face in understanding this topic. The central problem of the research lies in the educational gap related to the learning of the nervous system, which is often approached superficially and fragmentarily. Typically, this involves the use of low-cost three-dimensional didactic models that lack durability, rely primarily on visual perception, and frequently fail to properly elucidate the structures that need to be studied. This combination of factors contributes to an inadequate understanding of the nervous system, emphasizing the need for more effective approaches and higher-quality educational resources.

The main objective was to evaluate a pedagogical proposal that utilized 3D-printed didactic models to promote meaningful learning about the human nervous system. The adopted methodology included action research with a qualitative approach, involving the implementation of pedagogical interventions in an 8th-grade class. The intervention was structured into four stages: diagnosing students' prior knowledge, theoretical and practical lessons using 3D models, observing the 3D printing process, and assessing learning through the construction of conceptual maps.

The results showed that the use of three-dimensional models facilitated students' understanding of the structures and functions of the nervous system, fostering active engagement and better knowledge retention. The analysis of the conceptual maps indicated significant improvement in the organization and hierarchy of concepts by the students, demonstrating the effectiveness of the pedagogical proposal.

In conclusion, integrating 3D printing technology into science education not only enriches the learning experience but also contributes to the development of more enduring and meaningful knowledge, underscoring the importance of innovative methodologies in the educational context. The educational product developed, titled *"Unveiling the Nervous System with 3D Printing,"* is a digital didactic guide that instructs teachers on how to use 3D printing technology as a pedagogical tool, promoting a practical and interactive approach to teaching the nervous system. This guide was applied and evaluated during the research, demonstrating its potential to transform the teaching of Science and Biology, making it more dynamic and accessible.

Keywords: 3D printing. Concept maps. Educational product.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas da pesquisa.
Figura 2 – Alunos assistindo o vídeo na plataforma *Khan Academy*.
Figura 3 – Primeira produção de mapas conceituais.
Figura 4 – Alunos manipulando as peças em 3D.
Figura 5 – Alunos identificando as peças em 3D.
Figura 6 – Processo de impressão 3D realizada na escola.
Figura 7 – Alunos acompanhando o processo de impressão da peça.
Figura 8 – Peça impressa (neurônio).
Figura 9 – Última produção de mapas conceituais.
Figura 10 – Apresentação da proposta didática.
Figura 11 – Exemplo de mapa conceitual sobre sistema nervoso humano.
Figura 12 – Processo de modelagem 3D.
Figura 13 – Visualização dos órgãos no programa *UltimakerCura*.
Figura 14 – Parâmetros de impressão 3D.
Figura 15 – Modelos impressos em 3D.
Figura 16 – Etapas de uma impressão 3D.
Figura 17 – Mapa conceitual de referência sobre o sistema nervoso humano.
Figura 18 – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A.
Figura 19 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A.
Figura 20 – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A.
Figura 21 – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno F.
Figura 22 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno F.
Figura 23 – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno F.
Figura 24 – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno C.
Figura 25 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno C.
Figura 26 – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno C.
Figura 27 – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno D.
Figura 28 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno D.

Figura 29 – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno D.
Figura 30 – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno H.
Figura 31 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno H.
Figura 32 – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno H.
Figura 33 – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno E.
Figura 34 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno E.
Figura 35 – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno E.
Figura 36 – Capa do produto educacional.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM. Máquina aditiva

BNCC. Base Nacional Comum Curricular

CAD. Computer Aided Design

CEP. Comitê de Ética e Pesquisa

DCN. Diretrizes Curriculares Nacionais

FDM. Modelagem por fusão e deposição de material

LDB. Lei de Diretrizes e Bases da Educação

MC. Mapa conceitual.

PCN. Parâmetros Curriculares Nacionais

PE. Produto educacional

SNC. Sistema Nervoso Central

SNP. Sistema Nervoso Periférico

STL. STereoLithography

TASC. Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18

2 REFERENCIAL TEÓRICO 21

2.1 O ENSINO DOS SISTEMAS DO CORPO HUMANO: IMPORTÂNCIA E DIFICULDADES NO ENSINO DE CIÊNCIAS 21

2.2 MODELOS DIDÁTICOS COMO ALTERNATIVA PARA O ENSINO DOS SISTEMAS DO CORPO HUMANO 24

2.3 MODELOS DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D: UMA NOVA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DOS SISTEMAS HUMANOS 26

2.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE CIÊNCIAS E NO ENSINO DOS SISTEMAS DO CORPO HUMANO 30

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 34

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA 34

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA 34

3.3 LÓCUS E PÚBLICO PARTICIPANTE 35

3.4 PERCURSO METODOLÓGICO 36

3.4.1 Questões éticas e legais da pesquisa 36

3.4.2 Observação participante 36

3.4.3 Intervenção pedagógica baseada na impressão 3D e na aprendizagem significativa do ensino de sistema nervoso humano 37

3.4.4 Mapas conceituais como ferramenta avaliativa de aprendizagem significativa 43

3.4.5 Processo de modelagem e parâmetros de impressão dos órgãos em 3D 45

3.5. COLETA E ANÁLISE DE DADOS 50

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 51

4.1 OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE 51

4.2 ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS 52

4.2.1 Construção e análise geral 53

4.2.2 Análise na perspectiva da aprendizagem significativa 57

5 PRODUTO EDUCACIONAL 73

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 76

REFERÊNCIAS 80

ANEXO A- TERMO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO 86

ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP 87

ANEXO C – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 88

ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 90

ANEXO E - TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO E MANUSEIO DE DADOS 93

ANEXO F – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DO PESQUISADOR A 94

ANEXO G – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DO PESQUISADOR B 95

ANEXO H – CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS 96

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE 97

APÊNDICE B – ROTEIRO PARA ATIVIDADE DE PRODUÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS 98

APÊNDICE C – ROTEIRO PARA ATIVIDADE DE PRODUÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS APÓS O USO DAS PEÇAS IMPRESSAS EM 3D 101

APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL 104

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências e seu papel em preparar os cidadãos para a compreensão do mundo configura-se como uma área de conhecimento obrigatória no ensino fundamental e o aprendizado de seus conceitos e procedimentos contribuem o exercício de uma postura reflexiva e investigativa do que se vê e se ouve, para interpretar os fenômenos da natureza, para compreender como a sociedade nela intervém utilizando seus recursos criando um novo meio social e tecnológico, e confrontando até mesmo o próprio saber científico (BRASIL, 1998).

A BNCC define que a grande área das Ciências da Natureza engloba por meio de um olhar articulado, as disciplinas de Biologia, Física e Química, deliberando quais as competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no ensino fundamental, que competem a essa área, como os conhecimentos conceituais à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza, entretanto, ratifica que aprender Ciências vai além da aquisição dos conhecimentos conceituais (BRASIL, 2018).

Embora já reconhecidas as grandes e rápidas mudanças ocorridas na sociedade em torno do desenvolvimento da ciência e da tecnologia, estas se dão a passos lentos quando falamos de educação, em especial ao ensino de Ciências, e mesmo diante das tendências de ensino que emergem após a década de 60 e que provocaram algumas modificações no "fazer e ensinar Ciências". Ainda hoje vemos que essa área do conhecimento é pautada no modelo tradicional de ensino, conferindo muitas vezes aos alunos como uma disciplina não atrativa e que não despertam o seu interesse. Tal problemática exige do professor o uso de diversas estratégias e recursos de ensino para promover a construção de conhecimentos relacionados à área (NICOLA; PANIZ, 2016).

Essa dificuldade é observada principalmente no aprendizado de assuntos que se referem ao corpo humano, sobretudo o Sistema Nervoso Humano, que por apresentar um mecanismo fisiológico complexo, muitas vezes não é ministrado pelos professores em suas aulas, ou quando ministrados não são facilmente compreendidos pelos alunos, devido à falta de estratégias ou recursos de ensino que abordem a temática, gerando uma lacuna formativa em torno do aprendizado deste componente curricular.

A neurociência, que é a área que se ocupa em estudar o sistema nervoso, visando desvendar seu funcionamento, estrutura, desenvolvimento e eventuais alterações que sofra. O sistema

nervoso é responsável por coordenar todas as atividades do nosso corpo, e é de extrema importância para o seu funcionamento como um todo, tanto nas atividades voluntárias, quanto nas involuntárias, sendo constituído principalmente por três elementos: o cérebro, a medula espinhal e os nervos periféricos. São estudados nesse sistema os processos a nível cognitivo, principalmente no que se refere à decodificação e transmissão de informação pelos neurônios, bem como suas respectivas funções e comportamentos. Portanto, o objeto de estudo dessa ciência é complexo, por isso faz-se necessário entender tanto sua neurofisiologia (que estuda as funções do sistema nervoso) para que assim se possa melhorar o processo de aprendizagem dos educandos.

Dessa forma, para dirimir as dificuldades do processo de ensino-aprendizagem de Sistema Nervoso Humano, uma das alternativas, é a elaboração de estratégias didáticas que se pautem na utilização de modelos didáticos tridimensionais, usualmente utilizados como ferramenta de representação para o aprendizado dos sistemas biológicos. Entretanto, os materiais comumente utilizados na confecção desses modelos, geralmente de baixo custo, são pouco duráveis, exploram apenas a percepção visual, e nem sempre elucidam de forma correta as estruturas que devem ser estudadas.

Nesse sentido, a utilização da tecnologia de impressão 3D, por ser um processo que cria objetos partir de projetos digitais, em programas computacionais, desenhados camadas por camadas a partir de materiais como resina, plástico ou metal proporciona a produção de materiais de acordo as especificidades e necessidades desejadas, configura-se, portanto como uma ferramenta em potencial para a criação de peças anatômicas, pois são uma opção mais durável e com redução de erros, produzindo objetos de geometria complexas e personalizáveis.

No entanto, seu uso ainda é pouco divulgado pela comunidade científica, em que pese a existência de estudos e revisões bibliográficas apontando para a eficácia dessa metodologia no ensino de Ciências. Mediante a isso, Nemorin e Selwyn (2017) sugerem que o uso pedagógico da impressão 3D pode mudar com o tempo, depois que mais professores e alunos se familiarizarem com a cultura do *makerspace*, nome em inglês dado a espaços de fabricação digitais.

Considera-se, portanto, a importância da elaboração de uma estratégia didática que possa ser capaz de minimizar os problemas em torno do estudo deste objeto do conhecimento possibilite uma melhor condição de aprendizagem. Dessa forma, o presente estudo visa atender a seguinte pergunta: Como o desenvolvimento de uma intervenção pedagógica fundamentada na utilização de modelos didáticos associado a tecnologia de impressão 3D poderá contribuir

para a aprendizagem significativa do conteúdo de Sistema Nervoso Humano para alunos do ensino fundamental inseridos no contexto amazônico?

Norteados pela referida questão, a pesquisa teve como objetivo avaliar uma proposta de ensino utilizando modelos didáticos impressos em 3D para promover uma aprendizagem significativa em torno do conteúdo do Sistema Nervoso Humano, bem como, investigar as concepções prévias e as dificuldades dos alunos acerca do conteúdo, elaborar modelos didáticos de órgãos do Sistema Nervoso Central utilizando a tecnologia de impressão 3D e desenvolver um produto educacional do tipo guia didático instrucional, no formato digital, voltado para alunos do ensino fundamental.

A seguir, apresenta-se o referencial teórico desta pesquisa, que se estrutura em quatro principais eixos: 1) O ensino dos sistemas do corpo humano: importância e dificuldades no ensino de ciências; 2) Modelos didáticos como alternativa para o ensino dos sistemas do corpo humano; 3) Modelos didáticos impressos em 3D: uma nova perspectiva para o ensino dos sistemas humanos e 4) Aprendizagem significativa no ensino de ciências e no ensino dos sistemas do corpo humano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ENSINO DOS SISTEMAS DO CORPO HUMANO: IMPORTÂNCIA E DIFICULDADES NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Conforme a Base Nacional Comum Curricular ressalta, a área de Ciências da Natureza tem como compromisso o letramento científico que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo, em suas várias esferas: natural, social e tecnológica, mas também de transformá-lo com base nos pressupostos teóricos e processuais das Ciências. Considerando isso, o ensino de Ciências não tem como finalidade única o letramento científico, mas, sim, o desenvolvimento pleno da cidadania, a partir da formação de um cidadão crítico (BRASIL, 2018).

A Biologia, como parte dessa grande área é de fundamental importância para a compreensão do funcionamento dos seres vivos, logo, também, deve promover este olhar crítico aos educandos, por isso deve ir além do aprendizado de seus conteúdos conceituais. No entanto, a forma como é trabalhado esse conhecimento, nas salas de aula, ainda está muito pautada no ensino tradicional, acarretando dificuldades na assimilação dos conteúdos dessa disciplina, onde o aprendizado se pauta em decorar conceitos científicos (FIALHO, 2013).

Essa dificuldade enfrentada no processo de ensino e aprendizagem se deve, principalmente, à complexidade dos conceitos abordados, como também à forma de organizar e trabalhar os conteúdos. Pois, muitas vezes os alunos possuem ideias prévias, oriundas de outras experiências e determinadas situações biológicas, mas lhes falta uma rede conceitual que lhes possibilitem reunir as informações que possuem para favorecer uma aprendizagem mais significativa e duradoura (PEREIRA et al., 2020).

O ensino de Ciências tem a finalidade de promover essa aprendizagem mais significativa, através das conexões entre a ciência, a natureza, a tecnologia e a sociedade, o que significa colocar em prática o conhecimento científico e tecnológico para compreender os fenômenos da natureza. Além disso, é necessário reforçar o papel destes educandos como protagonistas na tomada de decisões a partir de escolhas que valorizem as experiências individuais e em grupo, e representem o autoconhecimento e autocuidado com seu corpo e o respeito com o do outro, na perspectiva do cuidado integral à saúde física, mental, sexual e reprodutiva (BRASIL, 2018).

Partindo da perspectiva do autoconhecimento e autocuidado com o corpo como forma de promoção da saúde em suas múltiplas esferas, o entendimento do funcionamento da maquinaria básica da vida, especificamente a vida humana, do nível celular ao nível sistêmico é imprescindível para o conhecimento do corpo humano, configurando-se, portanto, como um dos objetivos do ensino de Ciências na educação básica (LIMA et al., 2020).

Na educação infantil e nas séries iniciais do ensino fundamental, o principal objetivo é promover o entendimento do corpo das crianças, com foco em saúde e segurança. Neste processo, diversos aspectos como aparência física, peso, altura, identidade de gênero, reconhecimento de membros, rosto, sentidos, funções vitais, circulação, respiração, músculos, ossos, movimento e pele são abordados (MARTINS et al., 2012). Durante as séries finais do ensino fundamental o foco é aprofundar este conhecimento abordando temas como as funções vitais básicas e suas estruturas diversas, como órgãos e sistemas. Além disso, ao explorar esse assunto, é viável demonstrar como o ambiente e os hábitos influenciam na saúde individual (RAMOS; FONSECA; GALIETA, 2018).

Reforçando a importância do estudo do corpo humano, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) sugerem que o docente apresente, a nível teórico, aspectos relacionados à anatomia e a fisiologia do corpo humano, pois através da compreensão dos nomes das estruturas e das funções principais de cada sistema, o educando pode se enxergar em sua totalidade. Em suma, o entendimento destas informações configura-se como um período ideal de associação do discente com as suas próprias vivências, tornando o processo de ensino e aprendizagem mais significativos (BRASIL, 1998).

A Anatomia Humana, considerada uma das Ciências médicas mais antigas, estuda a morfologia (estrutura) dos seres vivos, em duas subdivisões: a anatomia macro e microscópica, e normalmente os sistemas estudados neste campo de estudo são o esquelético, muscular, nervoso, cardiovascular, tegumentar, respiratório, digestório, urinário, endócrino e reprodutor. A compreensão da anatomia e posteriormente da fisiologia humana é fundamental, pois estamos investigando o terreno da área onde atuamos. Portanto, é essencial possuir uma compreensão, mesmo que básica, da estrutura corpórea humana (DUARTE, 2014).

Para além do entendimento das estruturas do corpo humano, é necessário que o estudante consiga entender o seu próprio organismo como uma máquina integrada, onde cada peça (órgãos) que compõem os diferentes sistemas, com as suas respectivas funções, está integrada, e trabalham juntos em prol do bom funcionamento da máquina humana. Diante disso, reitera-se que o aprendizado desse eixo temático "ser humano e saúde" são importantes em

vários ciclos do ensino fundamental, pois devido ao nível de complexidade que esse tema envolve sua abordagem isolada não é suficiente para a compreensão da ideia do corpo como um sistema integrado (BRASIL, 1998).

O estudo do corpo humano é frequentemente percebido como um tema complexo, esta complexidade também está atrelada a dificuldade que as nomenclaturas, pouco usuais, apresentam o que torna o conteúdo de difícil assimilação. Somado a isso, a forma a qual o corpo humano vem sendo abordado na educação básica amplifica a problemática, pois o método expositivo ainda é o mais utilizado, e o livro didático é a ferramenta que por muita das vezes é a única e apresenta o conteúdo de forma fragmentada, limitando-se em apresentar imagens que destoam da compreensão dos alunos ou abordando apenas o conhecimento biológico sem contextualizar com a vivência do educando, resultando numa abordagem de maneira superficial (DE LIMA et al., 2019; REIS, 2017).

Observada as dificuldades em torno do ensino do corpo humano, estas são potencializadas em torno do aprendizado dos sistemas humano, em especial do "Sistema Nervoso Humano", objeto de estudo da neurociência que se divide morfologicamente em Sistema Nervoso Central (SNC), formado pelo encéfalo e medula espinhal e Sistema Nervoso Periférico (SNP), composto por nervos, gânglios e terminações nervosas, bem como suas respectivas funções e importância (BACCHI; RODRIGUES, 2021).

A neurociência estuda a influência do sistema nervoso no corpo humano e é considerado um conhecimento transdisciplinar por integrar diferentes áreas na composição de seu estudo, como pesquisas a níveis moleculares, celulares, de sistemas, comportamentais e cognitivas, logo, é preciso conhecê-lo e entender como ele se comporta (OLIVEIRA, 2021; SOUSA; ALVES, 2017).

O conteúdo de Sistema Nervoso Humano vem sendo apresentado aos alunos de forma segmentada, porém sempre tentando esclarecer seus mecanismos através de diagramas, esquemas e imagens; contudo, não atendendo seus objetivos de aprendizagem. Pois conforme Oliveira (2011) afirma o ensino do corpo humano, assim como outros conteúdos escolares, devem ser baseados no seguinte tripé: conhecimento específico, metodologias de ensino e a aprendizagem dos alunos.

Nesse ponto é crucial a utilização de recursos didáticos ou práticas alternativas diferenciadas pelos professores para chamar a atenção de seus alunos em suas práticas pedagógicas e assim fomentem uma projeção maior de particularidades do conteúdo abordado

principalmente os conteúdos que englobam a anatomia humana, para que a abstração de termos e conceitos seja reduzida e a percepção crítica dos estudantes seja despertada (CAVALCANTE et al., 2015).

2.2 MODELOS DIDÁTICOS COMO ALTERNATIVA PARA O ENSINO DOS SISTEMAS DO CORPO HUMANO

A BNCC recomenda em toda a educação básica a construção e a aplicação de práticas pedagógicas de acordo com cada nível de ensino como forma de atingir as habilidades propostas por este currículo, indo além da aprendizagem conceitual dos conhecimentos científicos. Esta recomendação se faz importante, em especial, quando falamos dos assuntos inerentes ao ensino de Ciências, como microrganismos, células, DNA, gene e órgãos e sistemas que compõem a fisiologia humana, cuja percepção não é tangível (BRASIL, 2018).

Assim, na área de Ciências naturais, é essencial contar com uma ampla gama de abordagens metodológicas para facilitar a compreensão dos conteúdos pelos alunos. Na sala de aula, os recursos didáticos são empregados de maneira inovadora, surpreendendo os alunos, já que o professor dispõe de diversas técnicas para o ensino desta disciplina, algumas dessas modalidades foram utilizadas ao longo da evolução do ensino de Ciências, como aulas em laboratório, demonstrações, aulas de campo, projetos e o uso de modelos representacionais (ROSSASI; POLINARSKI, 2011).

Os modelos didáticos funcionam como instrumentos capazes de representar uma estrutura ou processo biológico, facilitando a compreensão de fenômenos complexos e abstratos, o que contribui para tornar o aprendizado mais tangível (DANTAS et al., 2016). Em outras palavras, os modelos didáticos são representações esquematizadas tridimensionais que reproduzem a realidade com o objetivo de concretizar o abstrato, tornando um assunto abstrato, concreto.

A confecção e o uso de modelos didáticos ou anatômicos têm se mostrado uma ferramenta de ensino promissora para o ensino de estruturas, células e órgãos que formam os sistemas do corpo humano, pois se baseiam na construção de modelos representacionais, pois com ela, pretende-se ampliar a reflexão, o debate e a participação ativa dos estudantes no processo de sua aprendizagem (SILVA; SILVA; SILVA, 2021).

Em termos gerais, a modelização refere-se à construção ou à apropriação de modelos já elaborados e aceitos. O modelo representacional é caracterizado como sendo uma representação

tridimensional de algo. Nas Ciências é muito comum o uso de modelos, por exemplo, para representar o sistema solar, utilizados normalmente em museus ou escolas ou maquetes que representam cenários ou paisagens (SOUZA, 2019).

No Brasil os modelos didáticos representacionais passaram a ser incorporados entre as décadas de 50 a 80, com o objetivo de tornar o processo de ensino mais efetivo, pois através de práticas pedagógicas com o uso de modelos didáticos, o processo de ensino-aprendizagem tende a ser mais prazeroso e de fácil compreensão pelos alunos, principalmente quando abordam assuntos com maior complexidade (PEREIRA et al., 2015).

A construção e o uso de modelos didáticos possibilitam a aproximação do aluno com o objeto de estudo, pois, os alunos além de verem, conseguem também manipular os modelos (aprendizagem cinestésica), o que torna o conhecimento sistematizado e coerente. Cabe destacar que as modelagens podem ser introduzidas em vários componentes curriculares, como por exemplo: aulas de zoologia, na construção de células, órgãos, ou seja, tudo que possui alguma análise morfológica (BACK, 2019).

É frequente o emprego de modelos didáticos para elucidar os processos fisiológicos que envolvem o conteúdo de "anatomia e fisiologia humana", uma vez que estes recursos têm como objetivo tornar mais acessível a compreensão dos alunos, os quais tendem a considerar esses conceitos como de difícil assimilação (LIMA et al., 2019).

No ensino de sistema nervoso humano, são confeccionados modelos didáticos que elucidam algumas estruturas como cérebro e neurônio a partir de diversos materiais como massa de modelar, isopor e dentre outros (LUIZ et al., 2021). A utilização desses recursos torna o processo de ensino-aprendizagem da neurociência mais simples e criativo para os alunos, tornando o aprendizado também mais tátil e contribuindo para a popularização deste conhecimento (GONÇALVES et al., 2020).

A produção de modelos representacionais atrelados também a aulas práticas vem sendo apontada como uma alternativa educacional promissora para o ensino das Ciências morfológicas (como a neuroanatomia e a fisiologia humana). Com ela, pretende-se ampliar a reflexão, o debate e a participação ativa dos estudantes no processo de sua aprendizagem (SOUZA, 2019).

Comumente esses modelos representacionais são confeccionados a partir de materiais de baixo custo ou de objetos que iriam para o lixo, como papel, papelão, garrafas pet e dentre outros materiais que ao serem produzidos de maneira correta, estes modelos dinamizam o

conhecimento, tornando-se materiais educativos (PESSOA et al., 2019). Há uma diversidade de modelos didáticos acessíveis e disponíveis no mercado que podem ser comercializados ou adquiridos pelas escolas ou pelos professores, ou confeccionados a partir de diversos materiais, desde os mais baratos até os mais sofisticados (CECCANTINI, 2006).

Entretanto, a produção de um modelo didático próprio conforme a necessidade educacional de cada docente torna-se potencialmente mais significativo, pois ele consegue adaptar o recurso para as diferentes realidades de aprendizagem, moldando o conteúdo a ser estudado. Ademais se torna uma alternativa também para analisar e reduzir as lacunas que determinados modelos apresentam, que por muitas das vezes, não resolvem as dificuldades apresentadas no conteúdo. Sendo assim, o professor ao construir o seu próprio material pode procurar alternativo e tornar o ensino mais edificante (BORGES, 2000).

2.3 MODELOS DIDÁTICOS IMPRESSOS EM 3D: UMA NOVA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DOS SISTEMAS HUMANOS

A tecnologia conhecida como impressão 3D, também chamada de manufatura aditiva, abrange a produção de uma ampla variedade de itens ou produtos utilizando projetos digitais. Em síntese, essa técnica transforma um projeto tridimensional, em um objeto físico construído gradualmente camada por camada, por meio do uso de um computador e uma impressora específica para esse tipo de produção – impressora 3D (PAIVA; NOGUEIRA, 2021). Este método é diferente dos processos de usinagem, onde máquinas controladas pelo computador vão moldando e cortando blocos de matéria-prima como plásticos, madeiras e metais, até que seja formado o objeto. Por essa diferença, a manufatura aditiva propicia economia de material em relação à usinagem (AGUIAR, 2016).

A história da tecnologia de impressão 3D teve início com o trabalho pioneiro de Kodama (1981), que descreveu um método para produzir modelos plásticos por meio da solidificação de um fotopolímero com raios ultravioletas. Nesse contexto, Kodama enfatizou que essa técnica possibilitava a fabricação de formas complexas e a criação de objetos com sua estrutura interna de uma só vez, eliminando a necessidade da tradicional etapa de montagem. Poucos anos mais tarde, em 1984, Hull, um engenheiro físico, patenteou um dispositivo que utilizava um processo similar ao descrito por Kodama (1981) para construir objetos tridimensionais. Denominando o aparato e o método como estereolitografia (*stereolithography*), Hull fundou a empresa 3D Systems, pioneira na fabricação de impressoras 3D (AGUIAR, 2016).

O advento dessa tecnologia ganhou espaço em vários setores da sociedade como a indústria automobilística, aeroespacial, de alimentos entre outras, chegando a ser comercializada em grande escala. Entretanto, as suas diversas potencialidades e aplicabilidades têm ganhado mais força na área das Ciências médicas, sobretudo na criação de células, tecidos e órgãos a partir dessa invenção (MATOZINHOS, 2017).

A utilização da tecnologia de impressão 3D na área da medicina pode trazer uma série de vantagens, tais como a personalização e adaptação de produtos médicos, medicamentos e equipamentos, aprimorando a eficácia de procedimentos convencionais e promovendo a disseminação de técnicas inovadoras. Uma vertente importante dessa tecnologia é o *bioprinting*, um ramo da engenharia de tecidos que permite o desenvolvimento e produção de dispositivos biomédicos complexos. Em outras palavras, é viável reconstruir órgãos complexos usando a microarquitetura 3D e estruturas de suporte para a diferenciação de células-tronco. Essa abordagem é empregada, por exemplo, na correção de defeitos anatômicos, decorrentes de câncer, traumas ou anomalias congênitas. A restauração adequada desses defeitos demanda a integração funcional de nervos, vasos sanguíneos, músculos, ligamentos, cartilagem, osso, gânglios linfáticos e glândulas (MATOZINHOS, 2017).

O processo de modelização ou prototipagem dos objetos a serem impressos depende de softwares especializados em desenho tridimensional, empregados para a realização dessa função, trabalhando nos aspectos de altura, largura e profundidade para criar uma representação matemática da superfície do objeto, ou seja, a criação das “camadas” que compõem o desenho. Esses modelos são então utilizados para a fabricação do item por meio de uma impressora 3D, que, apesar de compartilhar o termo "impressora", difere bastante das impressoras convencionais, que usam o papel (PAIVA; NOGUEIRA, 2021).

No mercado, existem diversas variantes de máquinas de impressão 3D, geralmente mais robustas e distintas de uma impressora comum, já que não usam papel ou tinta para imprimir textos ou imagens, mas sim constroem objetos a partir de materiais como plástico, metal e outros, dependendo da tecnologia e modelo específico da impressora 3D (PAIVA; NOGUEIRA, 2021).

Figueiredo e Cesar (2022) esclarecem que o procedimento de impressão começa com a representação eletrônica em 3D da peça, que é então segmentada em camadas para determinar onde o material será adicionado ou não em cada uma delas. A peça física é construída através do empilhamento e adesão sucessiva dessas camadas, iniciando-se pela base até atingir o topo. De maneira geral e mais detalhada, as etapas do processo incluem:

a) a criação do modelo tridimensional, que envolve a geração de uma representação geométrica 3D da peça, geralmente por meio de um software de desenho assistido por computador CAD (*Computer Aided Design*);

b) a conversão do modelo geométrico 3D para um formato específico compatível com a máquina aditiva (AM), é frequentemente representado por uma malha de triângulos em um padrão apropriado, como STL (*STereoLithography*), AMF (*additive manufacturing format*) ou outro;

c) o planejamento do processo de fabricação por camadas, incluindo a segmentação da peça em fatias e a definição das estruturas de suporte e estratégias de deposição de material;

d) a fabricação da peça utilizando o equipamento de AM;

e) o pós-processamento, que varia conforme a tecnologia empregada e podem envolver atividades como limpeza, etapas adicionais de processamento e acabamento utilizando métodos tradicionais de usinagem por remoção.

Essa tecnologia está se tornando cada vez mais proeminente, em grande parte devido à cobertura midiática, ao desenvolvimento de novas técnicas e materiais, à introdução de novas tecnologias acessíveis e aos softwares de código aberto disponíveis no mercado. Além disso, tanto a obtenção de impressoras 3D quanto o domínio das habilidades e conhecimentos necessários para utilizar essas ferramentas estão se difundindo e tornando-se mais acessíveis (PIRES; JÚNIOR, 2022).

No âmbito educacional a evolução tecnológica que despontou na última década e que desperta atenção dos jovens, imersos nessa gama de variedades tecnológicas, deve ser usada em prol da educação. Nesse sentido, o uso das tecnologias no ambiente da sala de aula é uma forma de utilizar do fascínio que estas ferramentas detêm, auxiliando os professores a vislumbrar novas formas de aplicar os conteúdos em um formato mais lúdico, prático e divertido, estimulando a criatividade dos estudantes (NETO; LOUBET; ALBUQUERQUE, 2021).

Estudos têm demonstrado que a tecnologia de impressão 3D apresenta grande potencial no espaço educativo por favorecer a elaboração de objetos complexos, como formas geométricas, moléculas, células e outras estruturas que possibilitem o aprendizado de conteúdos relativos ao ensino de Ciências que ainda geram certo grau de abstração aos alunos (OLIVEIRA; FERREIRA; MARTINS, 2022).

As impressoras 3D possibilitam a rápida criação de protótipos de objetos personalizados. Com a disseminação da tecnologia nos dias de hoje, essa capacidade permite que educadores desenvolvam seus próprios recursos educacionais de maneira mais eficaz, respondendo de forma precisa às necessidades que identificam em seu trabalho em sala de aula (ONISAKI; VIEIRA, 2019). Apesar do custo mais elevado do equipamento, os materiais para a fabricação dos modelos, podem ser reutilizados e o material produzido possui uma duração de vida longa, podendo ser usado várias vezes pelo professor (AGUIAR, 2016).

Porém, há certa escassez de trabalhos que apontem estratégias que possam ser significativas a partir desta tecnologia. Pires e Júnior (2022) realizaram um levantamento de trabalhos que utilizaram a impressão 3D como instrumento de ensino de Ciências da Natureza no período de 2014 a 2019 com o objetivo de identificar as tendências que essas publicações utilizaram em suas propostas de aprendizagem de Ciências. O processo de busca revelou que a maioria dos documentos que abordam a impressão 3D, anteriores à 2014, era voltado para as Ciências médicas, como a construção de próteses, não sendo identificado nenhuma abordagem ao ensino de Ciências (PIRES; JÚNIOR, 2022).

Tal ideia é corroborada por Aguiar (2016), o qual aponta que a literatura que aborda o desenvolvimento de materiais didáticos por meio do uso da tecnologia 3D não expõe de forma objetiva e clara as orientações e desafios presentes em cada etapa para alcançar os resultados. A generalidade dos trabalhos presentes na literatura, pouco discorre sobre os impactos e consequências negativas do uso da tecnologia de impressão 3D na sociedade, o custo financeiro de impressora/impressão, do tempo de necessário para a conclusão de um projeto ou até mesmo a relação financeira entre o construir ou de manufaturar (AGUIAR, 2016).

O autor ainda acrescenta que os trabalhos que abordam a impressão 3D são pouco divulgados pela comunidade científica, portanto, carece de estudos e revisões bibliográficas apontando para a eficácia dessa metodologia no ensino de Ciências e Biologia (AGUIAR, 2016).

Entretanto alguns trabalhos já apontam a eficácia dessa metodologia em diferentes contextos de ensino como no trabalho de Oliveira, Ferreira e Martins (2022) com a aplicação de uma intervenção pedagógica a partir da elaboração de modelos didáticos impressos 3D para o aprendizado do Sistema Circulatório humano com alunos do 7º ano escola da rede pública municipal do município de Dom Pedrito/RS, aponta o potencial significativo dessa estratégia ao evidenciar que com o decorrer da implementação do material didático 3D e diante da diversidade de “atividades diferenciadas e muito interessantes”, os estudantes foram

experimentando o material e se envolvendo no processo com muito entusiasmo ao verem algo novo e diferente, instigante e desafiador.

Ademais a utilização de biomodelos anatômicos tridimensionais no trabalho de Neto e colaboradores (2022) mostrou-se como uma estratégia ativa e moderna, oferecendo uma solução eficiente para contornar a falta de peças anatômicas reais nos estudos de Anatomia Humana nos cursos de Farmácia e Enfermagem da Universidade Federal do Piauí (UFPI), pois a criação deste material revelou ser eficaz ao adotar uma abordagem dinâmica sobre um tema que tradicionalmente era ensinado de maneira convencional. Isso facilitou uma compreensão mais profunda do conteúdo e a retenção das informações, especialmente quando associadas a atividades lúdicas que se distinguem do padrão acadêmico.

2.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE CIÊNCIAS E NO ENSINO DOS SISTEMAS DO CORPO HUMANO

O ato de aprender deve ser aspirado por meio da compreensão de significados adquiridos ao longo da vida dos educandos, através de experiências anteriores e vivências pessoais, que constroem os conhecimentos prévios dos estudantes, incitando uma maior aprendizagem, que ao irem de encontro, com os conhecimentos que serão aprendidos na educação escolar, poderão desencadear modificações de comportamento e contribuir para a utilização do que é aprendida em diferentes situações, em outras palavras a promoção de uma aprendizagem significativa (BRUM, 2015).

A aprendizagem torna-se mais significativa, à medida que, os novos conhecimentos adquiridos são incorporados às estruturas cognitivas do aluno e adquire significado para ele a partir da relação direta com os saberes pré-existentes. Ao contrário, ela se torna mecânica ou repetitiva, uma vez que, não foram realizadas as ligações entre esses conhecimentos, tão pouco foi lhes atribuído significado, e o novo conteúdo passa a ser armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva (PELIZZARI et al., 2002).

A teoria da aprendizagem significativa foi formulada inicialmente pelo psicólogo norte americano David Paul Ausubel e apresentada em sua obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* de 1963 discorre acerca de uma teoria cognitivista que estava em contraposição a aprendizagem verbal por memorização. Sua teoria era fundamentada em como os professores poderiam ajudar seus alunos, em um aprendizado mais eficaz, conectando os conhecimentos que eles já sabem, com novas ideias promovendo a geração de modelos mentais (AUSUBEL, 2003). Posteriormente essa teoria recebeu colaboração, em 1980, de Joseph

Donald Novak e Helen Hanesian, acerca de fatores sociais, cognitivos e afetivos na aprendizagem (BRUM, 2015).

Como outros teóricos, Ausubel era adepto ao cognitivismo, e suas ideias eram baseadas no princípio de que existe uma estrutura na qual a organização e a integração do conhecimento caminham juntas e se processam. Ele concebia a estrutura cognitiva como a totalidade das ideias de um indivíduo em uma determinada área de conhecimento, incluindo sua organização interna. Essa estrutura é formada pelos processos cognitivos de aquisição e utilização do conhecimento (MOREIRA, 1999).

Ademais, a base da teoria de Ausubel está fundamentada na aprendizagem real, aquela que acontece na sala de aula, no dia a dia das escolas. O autor reforça a valorização dos conhecimentos que o educando já traz na sua estrutura cognitiva (memória), e acrescenta que é papel do professor é identificar esses conhecimentos e direcionar os alunos de acordo com esses conhecimentos pré-existentes, pois a aquisição de novas ideias e informações também pode ser integrada com esses conhecimentos prévios na medida em que esses conceitos sejam relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na memória do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem de novas ideias e conceitos. Contudo, ele ressalta que essa experiência cognitiva não se limita àquilo que já foi aprendido sobre componentes de uma nova aprendizagem, mas também abrange modificações relevantes na estrutura pela influência de um novo material (MOREIRA, 1999).

Portanto, embora o conhecimento prévio seja considerado como a principal influência na aprendizagem significativa de acordo com a teoria de Ausubel, sua presença não necessariamente garante que facilite a aquisição do conhecimento escolar. Na verdade, pode se tornar um obstáculo se os significados dos conhecimentos prévios estiverem firmemente ancorados em concepções derivadas do senso comum, por exemplo. A partir da análise da estrutura cognitiva, Ausubel estabeleceu as seguintes condições para a ocorrência da aprendizagem significativa: o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo; e o aprendiz deve ter predisposição para aprender (AUSUBEL, 2003).

No Brasil, essa teoria foi difundida pelo físico Marco Antônio Moreira que trouxe em suas obras, importantes aportes teóricos para o ensino de Física e Ciências. Para, além disso, ampliou seus limites e desenvolveu a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) em que apresenta os princípios facilitadores para potencializar a aprendizagem significativa em situações de ensino (DE PAULO, 2018).

Entende-se por aprendizagem significativa de acordo com Moreira (2012) quando ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendente já sabe. O autor esclarece que substantiva significa não literal e que não arbitrária indica um conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, denominado por Ausubel, como subsunçor ou ideia-âncora.

Esse conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do sujeito, o permite dar significado a um novo conhecimento, seja de forma mediada, seja pela própria inferência do sujeito. Somado a isso, as condições para que ocorra a aprendizagem significativa é a adoção de materiais e estratégias potencialmente criativas, por parte do docente, e a predisposição para aprender, por parte do estudante (PELIZZARI, 2002).

Portanto, o subsunçor representa um conhecimento incorporado à estrutura cognitiva do aprendiz, capacitando-o a conferir significado a outros conhecimentos por meio da interação. É inadequado transformá-lo em algo concreto, como um conceito. O subsunçor pode se apresentar de várias formas, como uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação ou um modelo, sendo um conhecimento prévio de importância particular para a assimilação significativa de novos conhecimentos específicos (MOREIRA, 2012).

Em suma, reforça-se a ideia de que aprendizagem significativa não é aquela que o indivíduo nunca esquece, o esquecimento de alguns conceitos é uma continuidade natural da aprendizagem significativa, porém não é um esquecimento total. É uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não uma perda de significados. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido certo conteúdo é provável que a aprendizagem tenha sido mecânica, não significativa (MOREIRA, 2012).

O uso da aprendizagem significativa no ambiente da sala de aula possibilita a conexão e interpretação de informações relevantes para experiências cotidianas dos alunos. Tal condição ocorre quando as pessoas criam conexões entre as novas informações ou materiais que estudam e os conhecimentos prévios já bem estabelecidos em sua memória de longo prazo. Na escola, isso significa oportunizar aos alunos essas conexões significativas por meio da experiência e da reflexão sobre o que já sabem. Os educadores devem oferecer aos alunos oportunidades de se envolver ativamente com seu material de uma forma que os ajude a fazer conexões da vida real e a construir uma compreensão profunda do conhecimento que aprenderam (JÚNIOR et al., 2023).

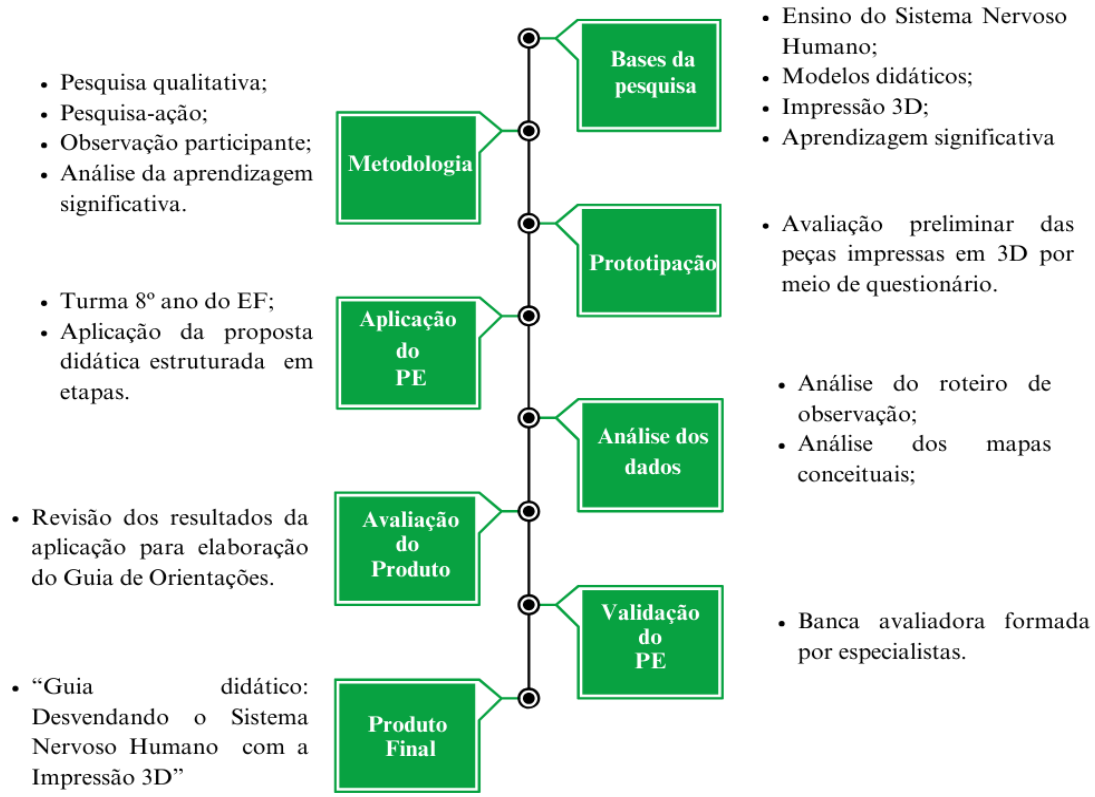
A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB – Lei 9.394 / 1996), as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN – 1997 e 1998), ressaltam a importância da apropriação do conhecimento de Ciências como ferramenta para à obtenção de uma melhor qualidade da vida. Estes documentos enfatizam a aquisição de um conjunto de saberes socialmente relevante (BRASIL, 1996). Nesta perspectiva, entendemos que o entendimento do corpo humano reduzido a um aprendizado fragmentado de informações não permite que este seja olhado como um sistema vivo. Logo, é necessário repensar o estudo do corpo humano, ultrapassando a visão mecanicista e aplicando estratégias de ensino potencialmente significativas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A figura 1 ilustra o planejamento deste estudo, visando oferecer uma compreensão completa do método utilizado para desenvolver o Produto Educacional.

Figura 1: Etapas da pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2024).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo se fundamenta na abordagem qualitativa, muito utilizada em pesquisas em Ciências humanas, como uma abordagem onde se busca compreender a complexidade e a subjetividade dos fenômenos sociais, priorizando a interpretação e o significado atribuído pelos sujeitos envolvidos. Ademais, este tipo de pesquisa visa também explorar a experiência humana, os processos sociais, as emoções e os significados culturais. Minayo e Deslandes (2007) define que o ciclo da pesquisa qualitativa ocorre em três etapas: (1) fase exploratória; (2) trabalho de campo; (3) análise e tratamento do material empírico e documental.

Quanto aos procedimentos, o estudo se enquadra como uma pesquisa-ação, definida por Tripp (2005), como um método de pesquisa de natureza participativo que busca integrar teoria e prática, envolvendo pesquisador e participante ativamente no processo de pesquisa e na busca por soluções para problemas sociais. A pesquisa-ação, então, permite associar, ao processo de investigação, a possibilidade de aprendizagem, visto que demanda o envolvimento criativo e consciente, tanto do pesquisador como dos demais integrantes da pesquisa (ROLIM et al, 2004).

Assim, a partir da compreensão das práticas e desafios vivenciados no contexto escolar, a pesquisa-ação oferece variadas contribuições aos estudantes, pois valoriza a participação ativa dos envolvidos, a cooperação entre investigador e participantes. Os resultados da pesquisa-ação são compartilhados com os participantes e podem ser utilizados para orientar futuras ações e intervenções.

3.3 LÓCUS E PÚBLICO PARTICIPANTE

A presente pesquisa teve como área de estudo uma instituição particular de ensino, localizada no município de Belém – PA, e atende alunos da educação infantil até o ensino fundamental anos finais no turno da manhã. A realização da pesquisa só ocorreu após a assinatura do termo de aceite da instituição (anexo A).

A escolha da referida instituição se deu por ser o local de atuação da pesquisadora, que atua como professora titular, na disciplina de Ciências, em todas as séries do ensino fundamental maior, sendo, portanto, o local onde foi identificado o problema da pesquisa, e onde há um contato direto com toda a equipe escolar, o que viabilizou a execução da pesquisa.

A intervenção pedagógica foi aplicada em uma turma de 8º ano do ensino fundamental, composta por 11 alunos. A definição desses participantes se deu a partir de que nesta série de ensino, o componente curricular “sistema nervoso humano” proposto como problemática da pesquisa é previsto na unidade temática “vida e evolução” e na habilidade EF08CI08B da Base Nacional Curricular Comum (BNCC).

Anteriormente a aplicação da proposta didática houve no segundo semestre de 2023, a realização um estudo piloto, com a turma anterior do 8º ano, onde foram investigadas concepções iniciais acerca da temática da pesquisa e uma avaliação acerca de alguns protótipos de modelos impressos em 3D, que serviram de base para testar e adequar os procedimentos e instrumentos da proposta didática.

3.4 PERCURSO METODOLÓGICO

3.4.1 Questões éticas e legais da pesquisa

No que diz respeito aos aspectos éticos e legais da pesquisa, este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da UEPA/Campus Marabá, conforme parecer consubstanciado no número 6.581.806 (Anexo B). Para garantir a transparência e a segurança dos envolvidos na pesquisa, os participantes e seus responsáveis legais, serão apresentados às atividades a serem desenvolvidas e seus objetivos. Com isso, serão solicitados seus consentimentos por meio da assinatura do TALE (anexo C) para os menores de 18 anos e o TCLE para os responsáveis (anexo D).

Os termos citados em questão são instrumentos pelos quais os participantes da pesquisa ou seu representante legal dão anuência, livre de simulação, fraude, erro ou intimidação, após esclarecimento sobre a natureza da pesquisa, sua justificativa, seus objetivos, métodos, potenciais benefícios e riscos e será elaborado seguindo as recomendações das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde – CNS – nº 466 de 2012 e a de nº 510 de 2016 (BRASIL, 2012 e 2016).

Os participantes terão a garantia que suas identidades serão mantidas em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados deste estudo, seus nomes não serão citados. Serão atribuídos códigos para identificação através de letras (ex: aluno A, B, C etc.). Ademais, os mesmos receberão uma cópia assinada do Termo de Compromisso para Utilização e Manuseio de Dados (TCUD) (anexo E) e das Declarações de Compromisso dos Pesquisadores (Anexo F e G).

3.4.2 Observação participante

Com a finalidade de compreender o contexto no qual os participantes do projeto se inseriam e para a análise do panorama sobre o processo de aprendizagem e possíveis dificuldades apresentadas pelos estudantes durante as aulas de Ciências, a pesquisadora realizou uma observação participante de acordo com o roteiro adaptado de Rosa (2022), disponível no apêndice A.

Angrosino (2009) descreve que a observação participante é um processo de imersão nas atividades cotidianas dos participantes da pesquisa, visando uma aprendizagem por meio desse envolvimento. O autor ressalta que essa abordagem não deve ser simplesmente considerada um

método de pesquisa, mas sim uma estratégia que facilita a coleta de dados no campo, integrando o papel do pesquisador como participante. Dessa forma, a observação participante emerge como uma estratégia na quais observadores e observados interagem no contexto do ambiente de trabalho dos participantes.

Em outras palavras essa técnica, consiste na inserção do pesquisador no interior do grupo observado, tornando-se parte dele, interagindo por longos períodos com os sujeitos, buscando partilhar o seu cotidiano para sentir o que significa estar naquela situação (MARIETTO, 2018).

Nessa etapa, foi possível identificar as formas de interação dos estudantes durante as aulas, a relação professor-aluno, aspectos atitudinais e conceituais e a interação dos mesmos com os modelos impressos em 3D, para assim iniciar a proposta didática. Esta etapa foi fundamental para readequação da proposta didática, com o objetivo de melhor atender as necessidades dos educandos.

3.4.3 Intervenção pedagógica baseada na impressão 3D e na aprendizagem significativa do ensino de sistema nervoso humano

A pesquisa foi fundamentada na utilização de modelos didáticos confeccionados a partir da tecnologia de impressão 3D para promover uma aprendizagem significativa do conteúdo do sistema nervoso central. A intervenção pedagógica está organizada em três etapas, sendo estas: a) diagnóstico dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos alunos (conhecimentos prévios); b) aula teórico-prática com o uso de modelos didáticos impressos em 3D; c) avaliação da aprendizagem significativa por meio da construção de mapas conceituais; d) criação de peças em 3D e avaliação final dos modelos didáticos.

a) Diagnóstico dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos alunos

Esta etapa teve o objetivo de compreender os conhecimentos prévios dos alunos (subsunçores), para aprimorar o conhecimento na estrutura cognitiva dos alunos. Destaca-se que o conteúdo foi introduzido aos alunos por meio de tecnologias educacionais como uso de sites e vídeos para explorar o assunto e desta forma estabelecer os conceitos na estrutura cognitiva dos alunos.

Na primeira etapa os alunos tiveram contato com o assunto através de uma explanação prévia pela professora acerca do conteúdo e alguns questionamentos relativos a situações cotidianas que abordam o tema. Após isso, foi dado um material impresso aos alunos, retirado

de um site relevante no ensino de Ciências e biologia para que os alunos pudessem ter um primeiro contato com os conceitos que pertencem ao tema. Posteriormente foi colocado um vídeo da Plataforma *Khan Academy* onde através de uma forma prática e contextualizada a temática foi abordada e aprofundada.

Figura 2: Alunos assistindo o vídeo da plataforma *Khan Academy*.



Fonte: Autoria própria (2024).

Na finalização do processo, foi dado um guia de orientações para a confecção de um mapa conceitual pelos alunos como forma de reconhecimento de seus conhecimentos prévios referente à temática abordada.

Figura 3: Primeira produção dos mapas conceituais.



Fonte: Autoria própria (2024).

b) Aula teórico-prática com o uso de modelos didáticos impressos em 3D

A segunda etapa da intervenção que foi organizada em duas fases: sendo o primeiro dedicado à realização da aula teórica através do método de aula expositivo dialogado, com auxílio de material em slide, onde o tema foi abordado de forma conceitual é apresentado a eles a organização do sistema nervoso central, suas estruturas e funções, somado a um momento de interação através de uma prática sobre o mecanismo de arco-reflexo. Neste momento, a professora utilizou algumas peças em 3D para identificar as estruturas do sistema nervoso.

O segundo momento, foi direcionado a parte prática da aplicação e de maior contato dos participantes da pesquisa com as peças anatômicas. Nesta etapa as os modelos em 3D impressos, como o encéfalo, o cérebro e suas divisões e o neurônio foram colocados em uma mesa, e com o uso de massa de modelar de cores diferentes colocados em cada uma das estruturas do sistema nervoso central presentes nas peças, a professora pediu aos alunos que já estavam organizados previamente em três grupos com quatro alunos que com o uso de uma ficha de identificação, observassem e fizessem o reconhecimento das peças através do pedaço da massa de modelar que havia sido colocada nela.

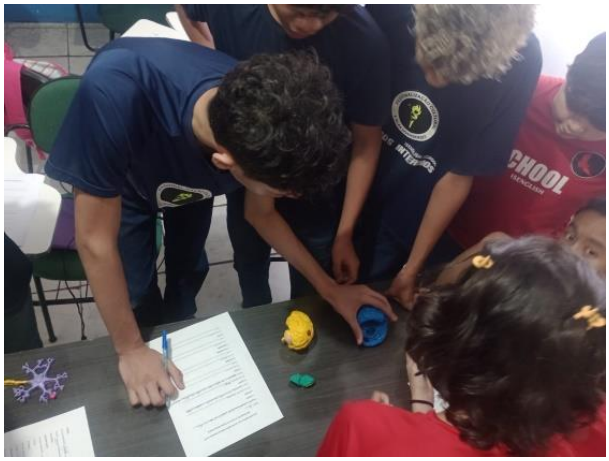
Figura 4: Alunos manipulando as peças em 3D.



Fonte: Autoria própria (2024).

Nesse mesmo momento, em forma de rodízio, os grupos iam passando pelas peças e realizam sua identificação, após isso, foi pedida também a função de cada um dos componentes identificados nos modelos. Terminado o momento de identificação, foi solicitado aos alunos que fizessem a socialização de suas respostas com os demais grupos.

Figura 5: Alunos identificando as peças em 3D.



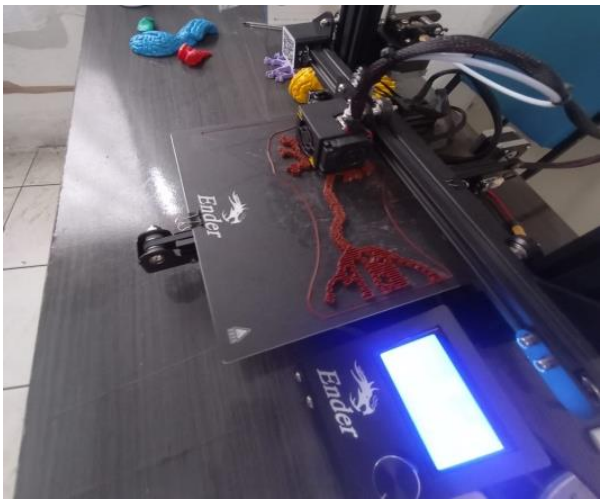
Fonte: Autoria própria (2024).

Por fim após o momento de interação dos alunos com as peças em 3D foi solicitado novamente que os alunos produzissem novos mapas conceituais como forma de analisar a evolução conceitual após o contato com as peças.

c) Observação do processo de impressão 3D

Esta etapa foi adicionada após o período de vivência do estágio I onde se percebeu que era necessário um momento de maior interação por parte do público alvo da pesquisa com a tecnologia de impressão 3D. Para isso, os alunos acompanharam o momento do processo de impressão de algumas peças utilizadas na aplicação e após isso se dedicaram ao acabamento das peças, através do processo de polimento e pintura e identificação de suas estruturas.

Figura 6: Processo de impressão 3D realizada na escola.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 7: Alunos acompanhando o processo de impressão da peça.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 8: Peça impressa (neurônio).



Fonte: Autoria própria (2024).

d) Avaliação por meio da construção de mapas conceituais

Para a verificação sobre a evolução conceitual e o estabelecimento de relações entre os novos conceitos e os fenômenos averiguados nas etapas anteriores, após o contato dos alunos com as peças ocorreu uma nova orientação para a construção de mapas conceituais. Onde foi solicitado que os alunos abordassem todos os conceitos aprendidos nas etapas anteriores.

Figura 9: Última produção de mapas conceituais.



Fonte: Autoria própria (2024).

As descrições das que serão realizadas no desenvolvimento da intervenção serão apresentadas na figura 2.

Figura 10: Apresentação da proposta didática.

	ATIVIDADE	OBJETIVO	ESTRATÉGIA	MATERIAL
ETAPA I	Apresentação do tema e construção de mapas conceituais.	Introdução à temática e compreensão dos subsunçores.	Tecnologias digitais de ensino e diagnóstico dos conhecimentos prévios.	Mapa conceitual, vídeos e sites.
ETAPA II	**1ª Fase**: Aprofundamento do conteúdo. **2ª Fase:** Manipulação das estruturas em 3D.	Relacionar conhecimentos prévios com novos conceitos.	Aula prática com o uso de modelos didáticos impressos em 3D.	Peças anatômicas em 3D, mesa, massa de modelar e material impresso.
ETAPA III	Nova aplicação mapas conceituais.	Avaliação de aprendizagem significativa.	Disponibilização de material de apoio para a criação de novos mapas conceituais.	Guia de orientações para a construção de novos mapas conceituais.
ETAPA IV	**1ª Fase**: Criação e finalização de peças do sistema nervoso. **2ª Fase:** Aplicação final dos mapas conceituais.	Avaliação final da aprendizagem significativa e dos modelos didáticos.	Diagnóstico da aprendizagem significativa e da proposta didática.	Guia de orientações para a construção de novos mapas conceituais.

Fonte: Autoria própria (2024).

3.4.4 Mapas conceituais como ferramenta avaliativa de aprendizagem significativa

Joseph Novak desenvolveu o Mapa Conceitual a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Ele o descreveu como uma representação visual bidimensional de conceitos, onde as relações entre eles são claramente destacadas. Assim, trata-se de uma ferramenta gráfica usada para organizar e representar o conhecimento por meio de conceitos interligados (SANTOS et al., 2021).

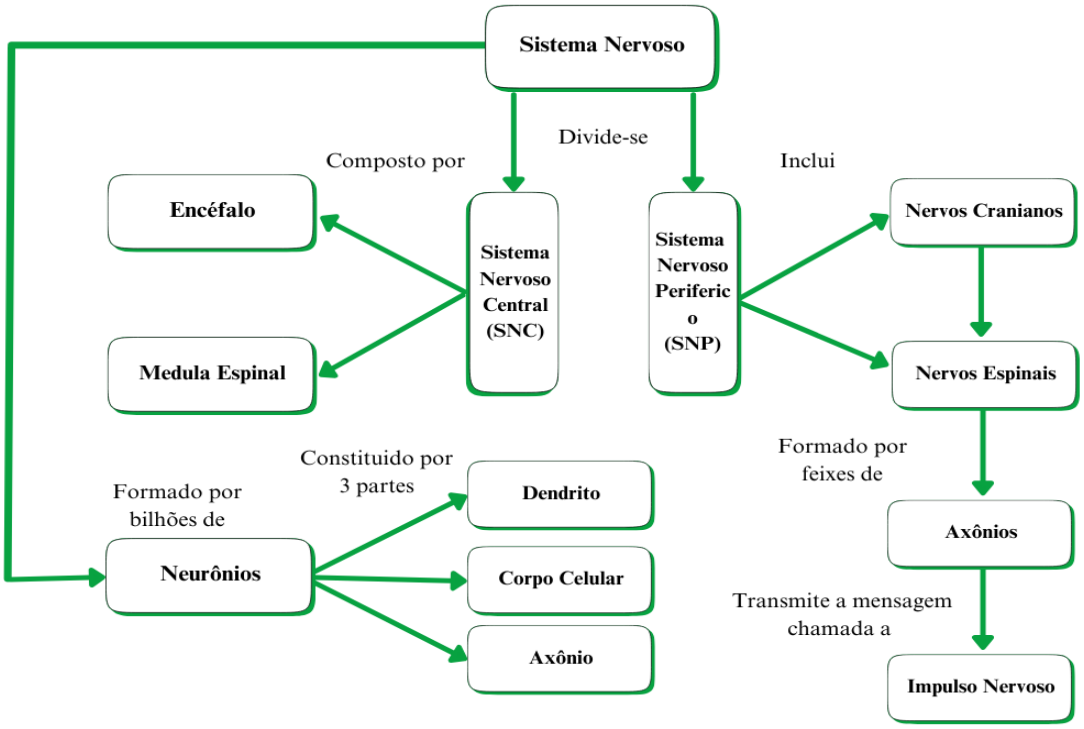
Novak e Moreira recomendam o uso de mapas conceituais pelo educador. Esses mapas têm o propósito de identificar significados preexistentes na estrutura cognitiva dos alunos, essenciais para a aprendizagem, e analisar as relações que eles estabelecem com as concepções científicas. Os mapas conceituais, que indicam relações entre conceitos, são derivados da estrutura conceitual de uma disciplina ou de um corpo de conhecimentos. Seu principal objetivo é promover ambientes de aprendizagem significativa e colaboração entre os alunos (ROSA; LANDIM, 2015).

Um mapa conceitual de qualidade caracteriza-se pelo entrelaçamento das ideias do conteúdo abordado, alinhando-se aos conceitos estudados. Nos mapas, os conceitos são apresentados em formas geométricas, acompanhados de linhas que conectam e frases explicativas que elucidam as relações entre eles, destacando conexões proposicionais relevantes. Acredita-se que o aluno seja capaz de construir um mapa eficaz quando alcança maturidade no entendimento do assunto (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010).

Baseados na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, os mapas conceituais são vistos como uma ferramenta valiosa para estruturar e expressar o conhecimento, pois destacam as conexões entre ideias principais através de proposições elucidativas, ou seja, as conexões estabelecidas entre ideias-chave (NOVAK, 2008).

Uma característica essencial dos mapas conceituais é a representação hierárquica dos conceitos, onde os mais abrangentes e gerais ocupam posições superiores, enquanto os mais específicos e menos gerais estão situados abaixo. Esses mapas são uma ferramenta que possibilita a compreensão de situações ou eventos através da organização do conhecimento, fornecendo um contexto para eles. Além disso, os mapas conceituais devem ser construídos em torno de uma questão específica, conhecida como questão focal (CORRÊA et al., 2020).

Figura 11: Exemplo de mapa conceitual sobre sistema nervoso humano.



Fonte: Autoria própria (2024).

Segundo Moreira (2010), seguindo uma perspectiva ausubeliana, o ensino que se baseia na utilização de mapas conceituais como estratégia instrucional permite: 1) reconhecer a estrutura de significados aceita dentro do contexto do assunto ensinado; 2) identificar os conceitos fundamentais necessários para a aprendizagem; 3) identificar os significados já existentes na estrutura cognitiva do aluno; 4) estruturar o conteúdo, aplicando os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa; e 5) ensinar estabelecendo conexões entre conhecimentos prévios e atuais, para conferir significado aos novos materiais de aprendizagem.

Os mapas conceituais podem ser empregados em todas essas fases, inclusive para demonstrar a aprendizagem significativa, ou seja, durante a avaliação do aprendizado. Contudo, devido à sua natureza não compreensível, eles refletem os significados atribuídos aos conceitos e relações relevantes pelo indivíduo que os elabora. A avaliação do aprendizado por meio dos mapas conceituais deve ser de natureza qualitativa, onde o professor interpreta as informações fornecidas pelo aluno, buscando discernir se os significados expressos indicam uma compreensão sólida do conteúdo ensinado (CORRÊA et al., 2020).

O uso de mapas conceituais configura-se, portanto, como uma estratégia pedagógica consistente com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, servindo não apenas como

uma ferramenta no ensino de Ciências, mas também como uma abordagem de avaliação da aprendizagem. Neste contexto, a avaliação não visa testar o conhecimento para atribuir uma nota, mas busca obter informações sobre a estrutura que o estudante associa a um determinado conjunto de conceitos (ROSA; LANDIM, 2015).

3.4.5 Processo de modelagem e parâmetros de impressão dos órgãos em 3D

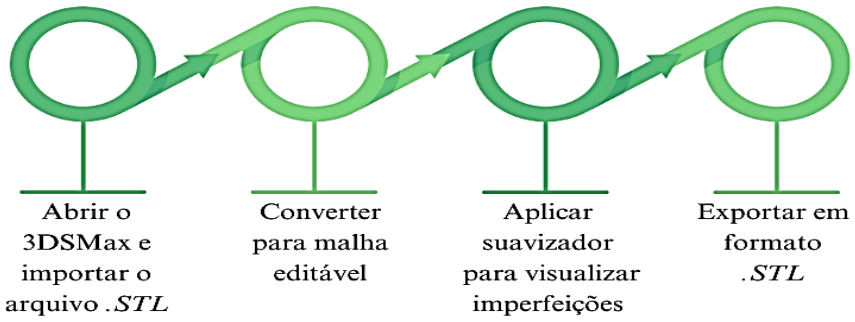
a) Modelagem 3D

Os modelos 3D foram adquiridos de repositórios online, como “Turbo Squid” e do “Free 3D”, em formato RAR, e posteriormente foram convertidos em formato STL no modelador 3DSMAX®, uma linguagem própria para a impressão. Apesar disto, um trabalho adicional foi necessário, pois os modelos baixados online necessitam de adequações para a impressão, além de correções na modelagem. Um exemplo de defeito é a sobreposição de camadas internas, que, no processo de fatiamento para impressão 3D, gera defeitos no percurso do bico da impressora. Outro ajuste necessário é a suavização das bordas do desenho que contribuem para a qualidade da peça impressa.

Para os ajustes do modelo, utilizou-se o software 3DSMAX®, que é um programa de CAD (design assistido por computador). Dentre os ajustes realizados, está a remoção de malhas internas desnecessárias, deixando somente a superfície externa. Além disso, aplicou-se uma função modificadora para ajuste da superfície da malha. Desta forma, a malha foi refinada por meio do aumento da quantidade de polígonos, sendo possível melhorar a curvatura da superfície. Essa função também permitiu corrigir problemas no modelo, pois, os defeitos nas junções dos polígonos são visíveis na aplicação do modificador.

A seguir (figura 12), encontram-se as etapas utilizadas para o ajuste dos modelos.

Figura 12: Processo de modelagem 3D.

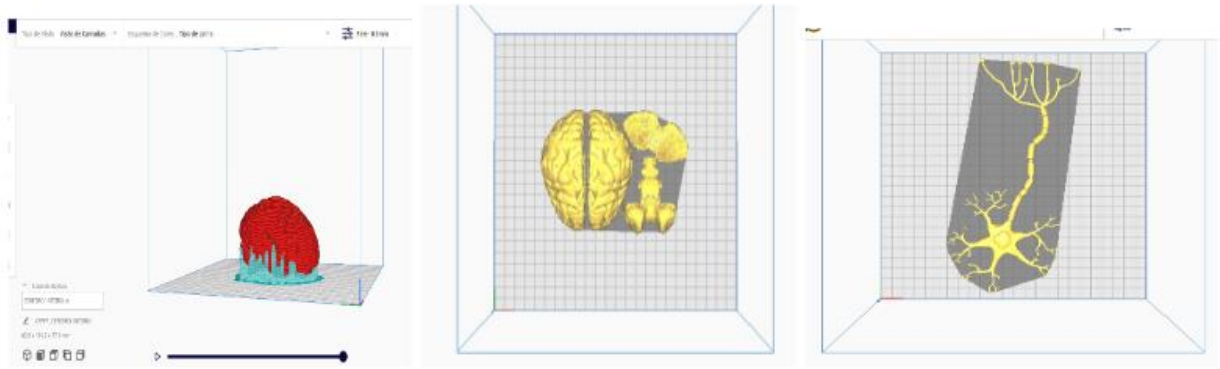


Fonte: Autoria própria (2024).

b) Parâmetros de impressão

Antes de abordar os parâmetros utilizados para a impressão, é importante definir alguns conceitos básicos. Primeiramente, fatiadores 3D são programas de computador que transformam um modelo digital (desenho tridimensional) de um objeto num arquivo especial de formato GCODE, isto é, codificam o modelo 3D numa linguagem de programação que poderá ser interpretada pela impressora. O programa separa a peça em inúmeras camadas e define as coordenadas que a impressora 3D deve seguir, por conta disto, chamam-se estes tipos de programa de fatiadores. Neste trabalho foi utilizado o fatiador *UltiMakerCura*®, um *software* de código aberto voltado para impressoras 3D do tipo FDM (modelagem por fusão e deposição de material) desenvolvido pela *UltiMaker*®, uma das principais fabricantes de impressoras 3D do mercado mundial.

Figura 13: Visualização dos órgãos no programa *UltimakerCura*.



Fonte: Autoria própria (2024).

O programa utilizado possui centenas de ferramentas para auxiliar no preparo da peça, apesar disso, será descrito as principais ferramentas ou parâmetros usados para imprimir os modelos didáticos.

A) Altura de camada

A altura de camada é a espessura de camadas horizontais que serão depositadas durante a impressão. Quanto menor este valor, maior a resolução da peça, porém será necessário um maior tempo de impressão, pois, mais camadas terão de ser adicionadas.

B) Espessura da parede

Define a espessura dos contornos da peça.

C) Preenchimento

É o enchimento da peça com material, e pode ter diferentes geometrias. Junto à espessura das paredes, este parâmetro confere resistência mecânica conforme a quantidade de material depositado aumenta.

D) Velocidade

Diz respeito à velocidade de movimentação do bico da impressora. Esse valor influencia no tempo final de impressão, na adesão entre camadas e também no resultado final.

E) Retração

A retração é o quanto a impressora irá puxar o filamento antes de mover o bico, evitando o escorrimento desnecessário do mesmo.

F) Suportes

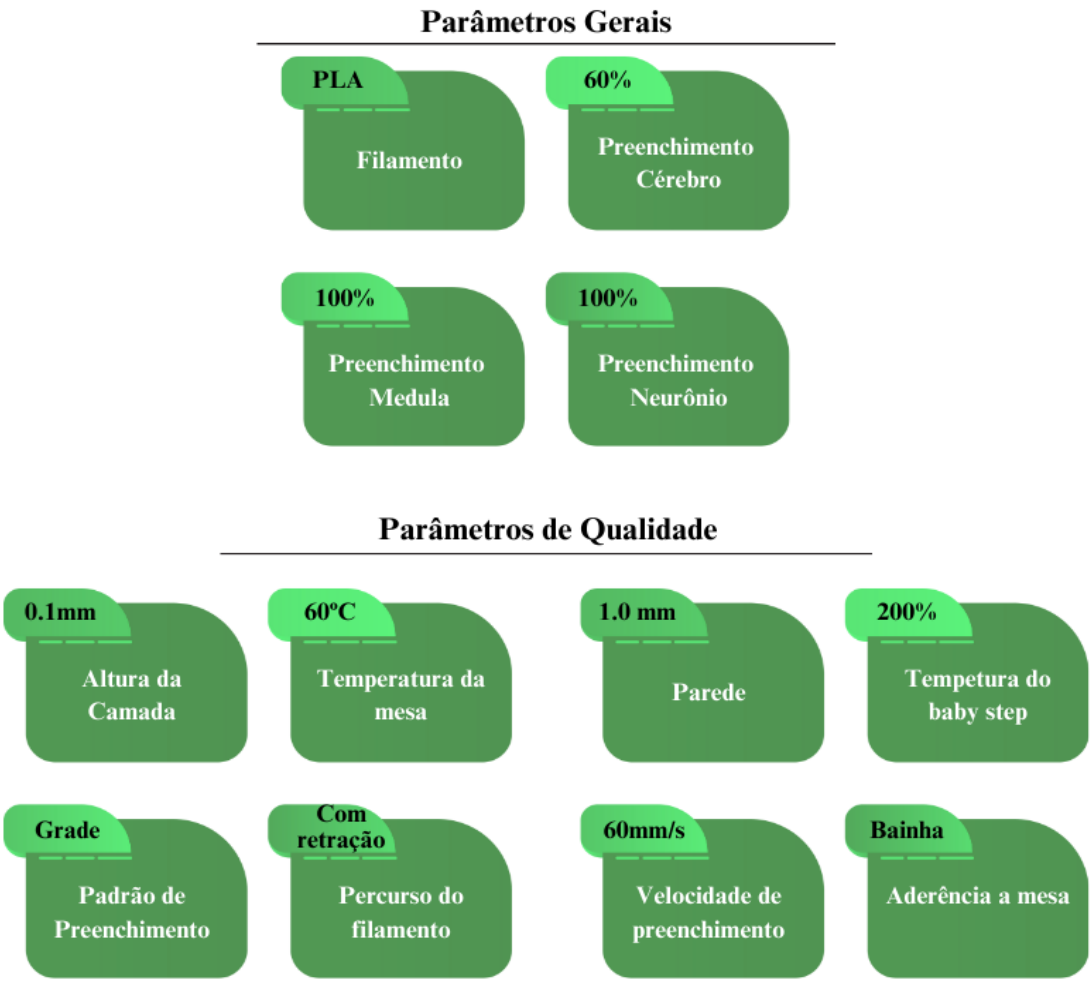
Como a deposição ocorre por camada, as camadas precisam estar, pelo menos em parte, sobre outra. Desta forma, para a maioria dos objetos, é necessário inserir apoios para que as camadas possam ser impressas, assim, estes suportes são impressos junto com a peça e, em seguida, são removidos manualmente. Pode ser normal, quando são retos, como pilares, ou podem ser em árvores, quando a estrutura lembra galhos.

G) Estruturas de base

Pequenas estruturas são inseridas a fim de minimizar problemas de aderência da peça à base da impressora. Existem três tipos de estruturas bastante comuns. A saia é uma faixa de impressão que não toca o objeto. A bainha é composta de várias linhas de filamento ao redor do objeto. As jangadas são várias camadas de material abaixo do objeto, sobre as quais a peça é impressa.

Uma vez descritos os parâmetros utilizados, a figura a seguir resume os parâmetros inseridos no programa para impressão das peças:

Figura 14: Parâmetros de impressão 3D.



Fonte: Autoria própria (2024).

c) Acabamento das peças

O processo de acabamento de peças impressas em 3D é essencial para aprimorar a qualidade estética e funcional das peças. Após a impressão, as peças frequentemente apresentam imperfeições como marcas de camadas, excesso de material ou suportes residuais. O acabamento pode envolver várias etapas, como a remoção de suportes, lixamento para suavizar superfícies, e, se necessário, o uso de técnicas como polimento, pintura ou aplicação de revestimentos para melhorar a aparência e resistência. Dependendo do material utilizado, pode-se também recorrer a processos específicos, como a cura em forno para resinas ou o tratamento térmico para filamentos plásticos. Esses cuidados garantem que a peça final tenha acabamento profissional, com maior durabilidade e estética aprimorada, atendendo às necessidades do projeto.

Figura 15: Modelos impressos em 3D.

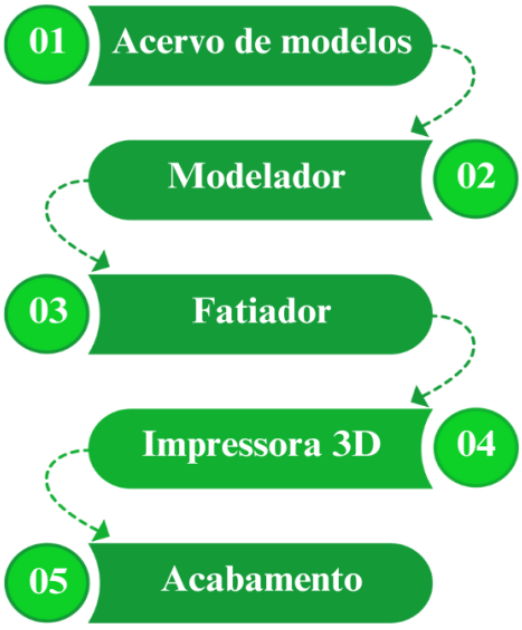


Fonte: Autoria própria (2024).

Em conclusão, o processo de modelagem e impressão 3D das peças envolve diversas etapas que garantiram a precisão e qualidade do resultado final. Desde a aquisição e ajuste de modelos 3D, até a definição das configurações de impressão no fatiador e por fim chegar no processo de impressão das peças.

A figura 16 retrata todo o processo de impressão 3D desde a modelagem até o acabamento das peças.

Figura 16: Etapas de uma impressão 3D.



Fonte: Autoria própria (2024).

3.5. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Para a coleta de dados foram utilizados o roteiro da observação participante (apêndice A), e os mapas conceituais (apêndices B e C) que foram aplicados antes e após o uso dos modelos didáticos impressos.

O mapa conceitual que foi aplicado antes da intervenção pedagógica teve como objetivo realizar uma diagnose acerca dos conhecimentos prévios dos alunos, isto é, identificar informações com algo significativo, originando um subsunçor prévio, e após a intervenção pedagógica foi aplicado o segundo mapa conceitual que teve como objetivo analisar se houve a integração dos subsunçores prévios aos novos conhecimentos, isto é, a ressignificação dos conhecimentos desenvolvidos em sala de aula, a partir dos conceitos prévios e verificar se os conhecimentos aprendidos ficaram sedimentados na memória de longo prazo dos alunos, o que caracteriza uma aprendizagem significativa.

Os dados coletados ao longo da pesquisa por meio dos mapas conceituais construídos pelos estudantes antes e após a intervenção foram analisados e tratados sob a luz critérios de Trindade e Hartwig (2012), que organizaram categorias para a avaliação de mapas conceituais evidenciando se eles apresentam conceitos básicos e conceitos novos do conhecimento investigado, ligações entre conceitos, organização e hierarquização do mapa e os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Nesse sentido, os autores abordam aspectos qualitativos e quantitativos para análise das categorias que estão expressas no anexo H. O roteiro de observação participante foi analisado de forma descritiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE

Considerando os aspectos adotados para a realização da observação participante, já mencionados anteriormente, observou-se que quanto ao ambiente de ensino, a escola em que o projeto foi aplicado é uma escola de médio porte, com poucos alunos por sala, o que facilita o ambiente de aprendizagem, e que tem por primazia possibilitar a autonomia do professor. A pesquisadora que também faz parte do corpo docente da escola já conhecia a realidade do ambiente, os alunos, o que possibilitou adequar os objetivos da pesquisa para o problema que foi investigado.

Quanto à relação professor-aluno, estes por já conhecerem a professora/pesquisadora, participaram de forma espontânea e ativa durante toda a aplicação do projeto, contribuindo de forma satisfatória de acordo com os objetivos previamente traçados para a validação da proposta pedagógica. Desta forma, conclui-se que a relação professor-aluno e aluno-aluno ocorreram de forma respeitosa, os mesmos em todas as fases da aplicação se mostraram interessados e curiosos com a temática e os recursos adotados, principalmente na etapa prática, onde se observou maior espírito de participação e colaboração, ficando, portanto, evidente alto grau de interesse e motivação, principalmente com os modelos didáticos impressos em 3D.

É importante destacar que a motivação desempenha um papel essencial no processo de ensino e aprendizagem. Sem motivação, não há aprendizado efetivo, pois um aluno motivado possui a vitalidade necessária para buscar novos conhecimentos, tornando-se o responsável por seu próprio aprendizado. Da mesma forma, um professor motivado é capaz de engajar os alunos nesse processo. “Entendida como fator ou como processo, a motivação responde por determinados efeitos, dos quais se podem identificar os dois níveis de efeitos imediatos e efeitos finais” (BORUCHOVITCH; BZUNECK, 2009, p. 11).

A motivação é reconhecida atualmente como um fator crucial para a aprendizagem dos alunos no contexto escolar. O professor, ao entrar na sala de aula, enfrenta diversos desafios e responsabilidades que surgem do ambiente educacional. É nesse espaço que ele pode fomentar e desenvolver as capacidades dos alunos, e isso ocorre por meio das interações que acontecem durante as aulas (AVELAR, 2014).

Ademais, o grau de interesse, curiosidade, motivação, dúvida e colaboração se apresentaram nas expressões não verbais dos alunos, nas suas expressões faciais e comportamentais, onde foram evidenciados momentos de dúvidas, principalmente com a nomenclatura e funções de algumas estruturas, e entusiasmo quando tiveram contato com as peças anatômicas e puderam trabalhar em grupo.

Quanto às considerações em relação ao conteúdo trabalhado, inicialmente quando foi apresentado a temática os alunos demonstraram curiosidade, pois alguns não conheciam o assunto, entretanto quando a regente apresentou situações cotidianas em relação ao tema, alguns alunos reconheceram o tema, como por exemplo, ao ser abordado doenças que afetam o sistema nervoso. À medida que novos conceitos foram explorados, os alunos se manifestaram positivamente em aprender o conteúdo, ao esclarecer suas dúvidas e fazer questionamentos ou trazer situações percebidas em outras experiências fora da vida escolar.

O grau de comprometimento dos alunos com sua própria aprendizagem foram verificados pela assiduidade de todos em todas as fases de aplicação da proposta didática, e pela procura de novos conhecimentos que foram trazidos por estes nas etapas seguintes da aplicação. Mediante isso, verificou-se que aulas que fogem ao tradicional, despertaram alto grau de participação da turma. Em relação à forma como os alunos interagiram com os modelos impressos em 3D, foi observado que a maioria deles apreciou essa experiência e demonstrou grande entusiasmo pelos modelos, levantando questões sobre como as peças foram produzidas e impressas, mostrando um interesse significativo nesta tecnologia e na temática estudada.

4.2 ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

Como parte da avaliação do processo de investigação da aprendizagem significativa, realizou-se uma análise dos mapas conceituais aplicados em três momentos distintos da intervenção pedagógica. Essa análise focou nos principais aspectos da Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel e por Novak com a Teoria dos Mapas Conceituais os quais são: Hierarquização, Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa. O principal objetivo ao empregar os mapas foi monitorar a eficácia do ensino e o desempenho dos alunos, permitindo uma avaliação mais precisa dos sinais das duas teorias.

A seguir, apresenta-se a análise dos mapas conceituais em uma visão mais geral e posteriormente organizada em torno dessas três categorias, destacando sua evolução ao longo da aplicação da proposta pedagógica. Inicialmente, será abordado a Diferenciação Progressiva,

que mostra como os estudantes foram capazes de aprofundar suas compreensões e distinguir nuances entre os conceitos envolvidos. Em seguida, a Reconciliação Integrativa, ressaltando como os alunos foram capazes de integrar novas informações e experiências, promovendo um entendimento mais integral do tema estudado. Por fim, será abordada a Hierarquização, evidenciando como os alunos estruturaram seus conhecimentos e interconectaram conceitos ao longo do processo.

4.2.1 Construção e análise geral

Durante o processo de aplicação da proposta didática, dos onze alunos que participaram da pesquisa, apenas nove estiveram envolvidos nos três momentos de elaboração dos mapas conceituais. Para analisar a progressão da aprendizagem significativa, acompanhou-se a evolução desses nove alunos, que será abordada a seguir.

Durante a intervenção, observou-se que os alunos não estavam familiarizados com a técnica de produção de mapas conceituais, confundindo-a com a produção de mapas mentais, que haviam feito em outras atividades de outras disciplinas. Nesta fase diagnóstica notou-se que grande parte dos alunos não haviam tido contato com o assunto em etapas anteriores de ensino, os conhecimentos prévios que possuíam eram provenientes de experiências fora do ambiente formal de ensino, como situações familiares, ou experiências individuais.

Antes da orientação para a elaboração do primeiro mapa conceitual, os alunos receberam um texto informativo e um vídeo, com o intuito de introduzir conceitos relevantes em sua estrutura cognitiva. No entanto, muitos alunos apresentaram uma visão equivocada sobre os mapas conceituais, demonstrando desinteresse e considerando a atividade complexa, sem compreender claramente seu propósito e função nas aulas. Essa situação indica a falta de familiaridade deles com o processo construtivista e significativo de aprendizagem. Assim, é essencial que o professor esclareça os objetivos de qualquer nova estratégia de ensino, garantindo que o trabalho pedagógico tenha um sentido claro.

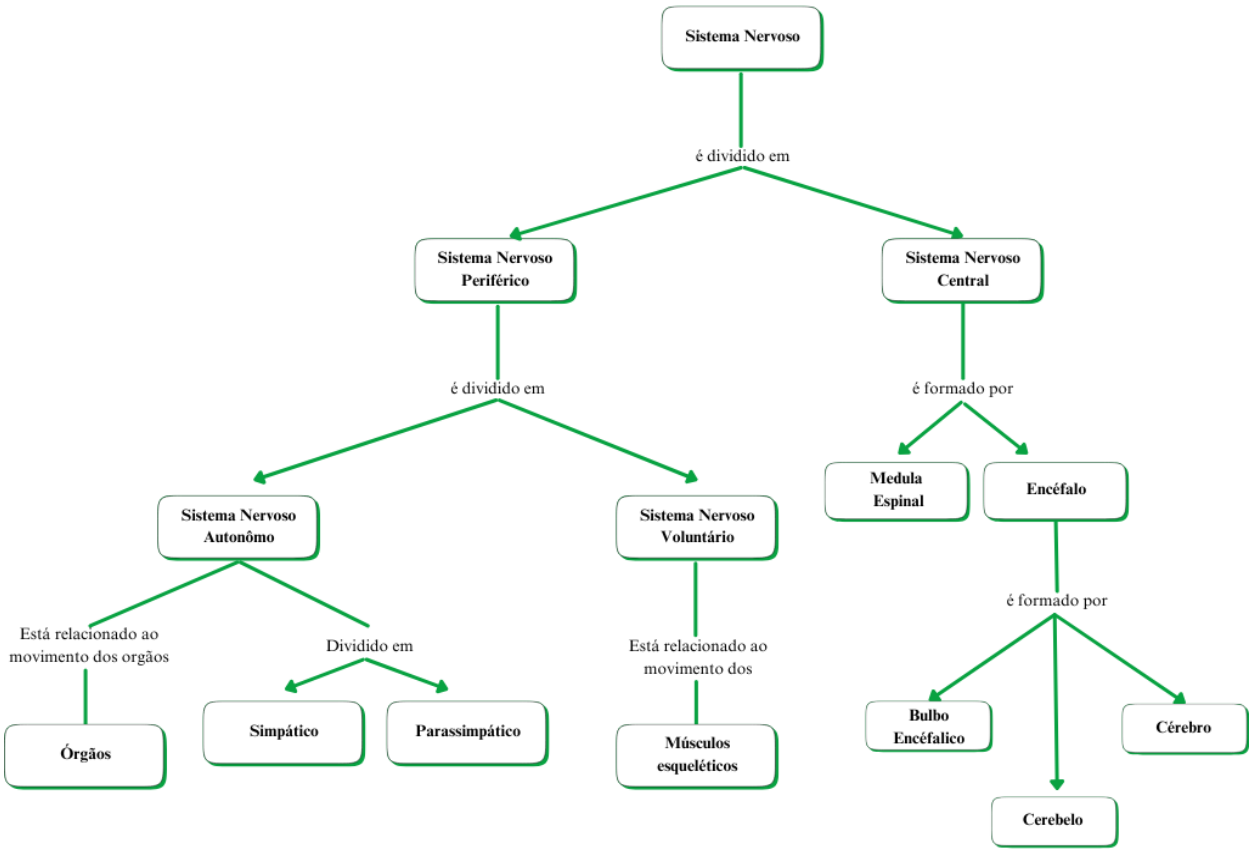
Foi fornecido aos alunos um roteiro detalhado para a construção dos mapas conceituais. Esse instrumento orienta as etapas do processo e oferece dicas úteis para a elaboração dos mapas, tornando a atividade mais acessível e contribuindo para a redução de dificuldades. Durante a aplicação, a pesquisadora também esclareceu dúvidas e forneceu orientações adicionais, incentivando a criatividade e a reflexão crítica dos alunos na elaboração de seus mapas. Essa intervenção teve como objetivo garantir que eles se sentissem mais confiantes e preparados para expressar suas ideias e conhecimentos de forma visual e estruturada.

Uma aula de 50 minutos foi dedicada à explicação dos mapas conceituais, abordando sua definição, objetivos e relevância como técnica de estudo, que facilita o acompanhamento da aprendizagem tanto para o professor quanto para os alunos. Em seguida, os alunos foram convidados a criar seus próprios mapas. Para essa atividade, foi reservada mais uma aula de 50 minutos, durante a qual os alunos não puderam consultar nenhum material, a fim de evitar influências na análise pessoal de suas evoluções conceituais sobre o conteúdo.

Os estudantes entregaram os mapas conceituais no instrumento em que foram dadas as orientações para a construção do mapa conceitual onde estava anexada uma folha de papel A4, porém com o intuito de possibilitar uma visualização mais clara dos mapas, decidiu-se transpor os mapas para o aplicativo *CamScanner* um aplicativo que possibilita escanear documentos para diversos formatos como imagens (na versão JPEG) melhorando sua resolução.

Durante a intervenção didática, foram disponibilizados mapas de referência, como o ilustrado na figura 17, com o objetivo de familiarizar os alunos com o uso desse recurso e para servir como critério na avaliação dos mapas conceituais que eles criaram antes e após a aplicação da intervenção pedagógica.

Figura 17: Mapa Conceitual de referência sobre o sistema nervoso humano.



Fonte: Autoria própria (2024).

Como mencionado anteriormente os mapas conceituais foram aplicados em três momentos distintos, um antes da aplicação da intervenção didática e dois após a aplicação da intervenção, sendo o primeiro imediatamente ao contato dos alunos com as peças em 3D e o segundo dois meses após a aplicação para avaliar se realmente os conhecimentos aprendidos ainda estavam presentes na memória dos alunos.

Os mapas conceituais elaborados antes da interação dos alunos com as peças em 3D mostraram que a maioria deles possuía um conhecimento limitado sobre os conceitos abordados. Na maioria dos casos, os mapas se restringiram a reproduzir quase os mesmos conceitos presentes no mapa de referência, o que evidenciou a escassez de entendimento sobre a temática. Além disso, muitos alunos incluíram apenas os conceitos que haviam sido apresentados durante a fase expositiva da intervenção didática.

Além disso, constatou-se que a maioria dos alunos apresentavam algumas ideias alternativas sobre o tema e conceitos errôneos acerca dos órgãos e estruturas do sistema nervoso central, como por exemplo, ao confundir encéfalo com cérebro, nervos com neurônio e coluna vertebral com medula espinal, e suas dificuldades foram evidenciadas ainda mais quando demonstraram não conhecer as principais funções realizadas pelo sistema nervoso central, elencando alto grau de complexidade da nomenclatura específica que o tema apresenta.

A construção de um mapa conceitual diagnóstico configura-se como uma ferramenta indispensável na progressão da verificação de uma aprendizagem significativa, pois os conhecimentos prévios atuam como alicerces, solidificando a assimilação do novo aprendizado. Os conceitos emergentes se conectam progressivamente, integrando-se à estrutura cognitiva de maneira abrangente, resultando na construção de uma aprendizagem significativa (MOREIRA; MASINI, 2006).

No segundo momento da aplicação, foi entregue um novo guia de orientações para a construção de novos mapas conceituais, após o contato dos alunos com as peças em 3D. Este guia destacou a importância de incluir todos os novos conceitos aprendidos nas etapas anteriores, incentivando os alunos a refletirem sobre as informações adquiridas e a integrá-las de maneira mais efetiva. O objetivo era não apenas expandir seu entendimento, mas também ajudá-los a visualizar as conexões entre os conceitos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e estruturada. Esta fase proporcionou aos alunos a oportunidade de aplicar o conhecimento de forma prática e de demonstrar seu progresso em relação ao que haviam compreendido anteriormente.

A análise dos novos mapas revela que os alunos conseguiram associar os novos conceitos aprendidos com os anteriores adequadamente, criando uma rede conceitual mais complexa. Além disso, em termos de estrutura física, os mapas apresentam uma organização mais aprimorada, com níveis hierárquicos mais definidos, respeitando os conceitos científicos fundamentais. Do ponto de vista biológico, isso permitiu uma compreensão mais clara da organização, divisão e funções básicas do sistema nervoso central, como é demonstrado nos mapas abaixo.

No entanto, ainda existem mapas que carecem de clareza em sua organização, tornando a interpretação difícil. Alguns deles apresentam a ausência de conceitos essenciais, como a medula espinal, que é crucial na organização do sistema nervoso central. Apesar de ter havido um momento durante a intervenção pedagógica em que essa estrutura e seu papel no arco-reflexo foram explicados, a falta de inclusão nos mapas comprometeu a sua eficácia.

A avaliação da progressão da aprendizagem significativa deve ser constantemente avaliada, pois ela não se pauta apenas na aquisição de conhecimentos na memória de curto prazo. Durante a avaliação de mapas conceituais deve-se se buscar se houve a apresentação de conceitos básicos e conceitos novos do conhecimento investigado, ligações entre conceitos, organização e hierarquização do mapa e os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (MOSSI; VINHOLI JÚNIOR, 2022).

Em relação ao terceiro momento da aplicação dos mapas conceituais, realizado dois meses após a intervenção pedagógica, a análise revelou resultados significativos dos conhecimentos adquiridos pelos alunos. A maioria dos alunos foi capaz de assimilar e reaplicar os conceitos aprendidos, demonstrando uma compreensão mais profunda das relações entre os diversos elementos do sistema nervoso, sobretudo o sistema nervoso central, o qual foi enfoque desta intervenção pedagógica. Os mapas conceituais elaborados nesse estágio mostraram uma evolução notável em termos de organização e hierarquização, com uma estrutura mais coerente e interconectada.

Além disso, muitos alunos conseguiram integrar novos conceitos que foram introduzidos durante a intervenção, evidenciando uma progressão em sua aprendizagem o que revela que eles conseguiram caminhar no sentindo de uma aprendizagem significativa.

No entanto, ainda foram identificados mapas que apresentavam lacunas, como a falta de definição de alguns conceitos fundamentais, refletindo a importância de revisões constantes e de estratégias de reforço para solidificar a aprendizagem em longo prazo. A análise deste terceiro momento enfatiza a necessidade de um acompanhamento contínuo, pois a aprendizagem efetiva não se limita à assimilação inicial, mas sim à manutenção e à capacidade de transferir o conhecimento para diferentes contextos.

Em conclusão, a avaliação da aprendizagem significativa através de mapas conceituais é uma prática essencial para garantir que os alunos não apenas acumulem informações, mas também desenvolvam uma compreensão profunda e interconectada dos conteúdos. Ao focar na apresentação de conceitos, suas relações e a estruturação do conhecimento, podemos identificar não apenas o progresso individual dos estudantes, mas também promover um aprendizado mais robusto e duradouro.

4.2.2 Análise na perspectiva da aprendizagem significativa

Com base nas informações coletadas mediante a análise geral dos mapas conceituais, foi realizada uma análise qualitativa dos mapas (MCs) para destacar as conexões conceituais apresentadas nos mapas antes e após a intervenção pedagógica, considerando sua compreensão sobre o conteúdo estudado. Esta análise aborda os principais aspectos da aprendizagem significativa, as quais estão representadas a seguir, onde se destacam os MCs aspectos positivos e negativos das três categorias supracitadas (diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e hierarquização).

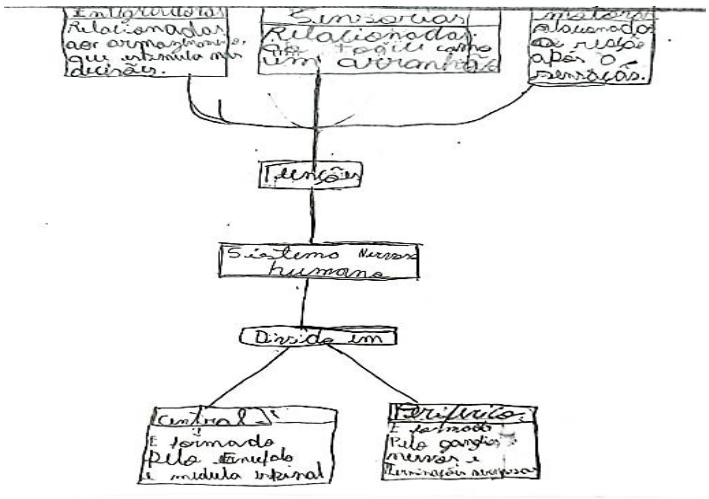
a) Diferenciação progressiva

A diferenciação progressiva é um princípio fundamental da teoria da aprendizagem significativa que se refere ao processo pelo qual novos conceitos são gradualmente diferenciados e ampliados a partir de ideias prévias já consolidadas na mente do aprendiz.

O mapa conceitual 1 produzido pelo aluno A antes da intervenção pedagógica quanto ao critério da diferenciação progressiva, o MC embora apresente uma estrutura de conhecimento básica, ou seja, uma estrutura hierárquica, onde conceitos mais gerais estão no topo e conceitos mais específicos se ramificam para baixo, o mesmo não apresenta uma complexidade gradativa, pois segundo esse critério os conceitos mais simples devem ser apresentados primeiro, seguido por conceitos mais complexos, permitindo que os alunos construam seu entendimento progressivamente, isso é perceptível no topo do mapa, onde há

uma confusão de conceito, onde o nível hierárquico “funções” está ligado aos conceitos de “integradores”, “sensoriais” e “motores” que não são funções do sistema nervoso humano, mas sim tipos de nervos.

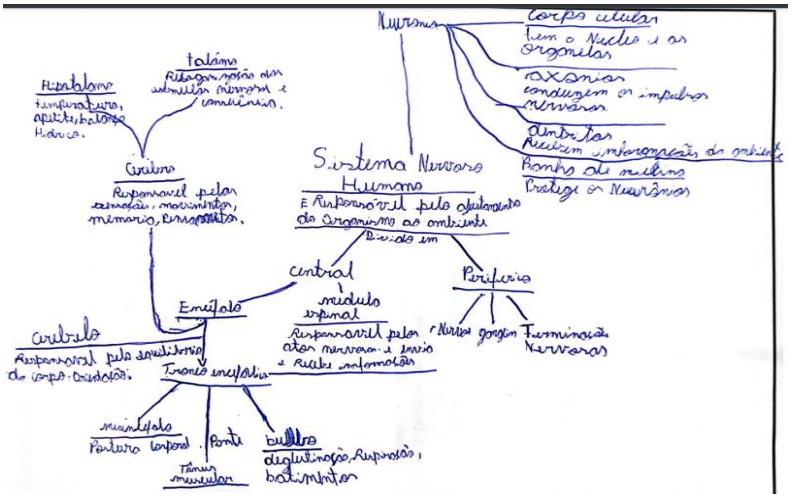
Figura 18: Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A.



Fonte: Autoria própria (2024).

Após a aplicação da intervenção o novo MC produzido pelo mesmo aluno já revela uma estrutura hierárquica mais complexa, apresentado um novo nível hierárquico que não foi descrito no mapa anterior, o conceito de sistema nervoso periférico, o qual é uma subdivisão do sistema nervoso humano. Ademais, observam-se novos níveis de conceitos específicos ligados aos conceitos centrais, como os termos “cerebelo”, “tronco encefálico” e “cérebro”, bem como suas respectivas definições, todos ligados ao conceito de sistema nervoso central, que corresponde também a uma subdivisão do sistema nervoso humano.

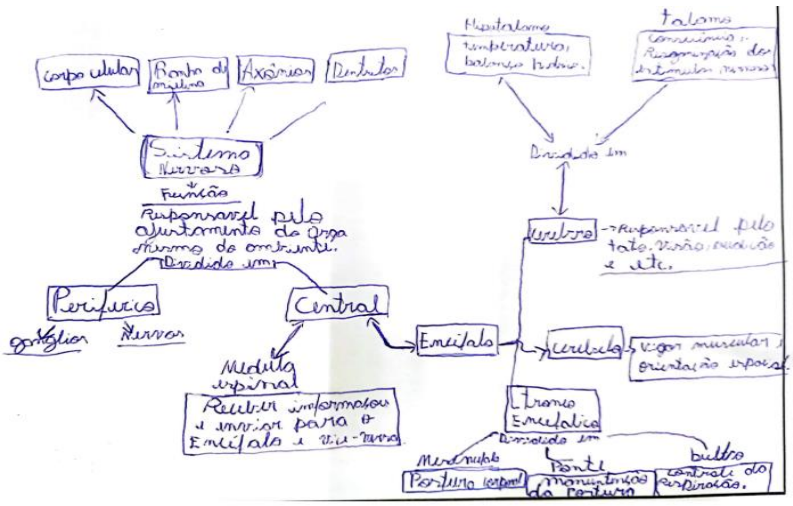
Figura 19: Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A.



Fonte: Autoria própria (2024).

No terceiro momento de aplicação dos mapas conceituais que se deu após dois meses da intervenção didática, o novo mapa produzido pelo aluno 1, mantém basicamente os mesmos conceitos trazidos no mapa 2 afirmando que os conceitos aprendidos ao longo da aplicação da proposta didática ficaram consolidados na estrutura cognitiva do aluno e o mesmo foi capaz de dar significatividade ao aprendizado uma vez que os conceitos novos trazidos tiveram relação com os conhecimentos prévios do aluno que se manterão ou que precisarão ser reformulados. Portanto o aluno A, desta forma o aluno de fato atingiu a aprendizagem significativa à medida que novos conceitos foram integrados na memória do aluno durante a aplicação do projeto.

Figura 20: Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A.



Fonte: Autoria própria (2024).

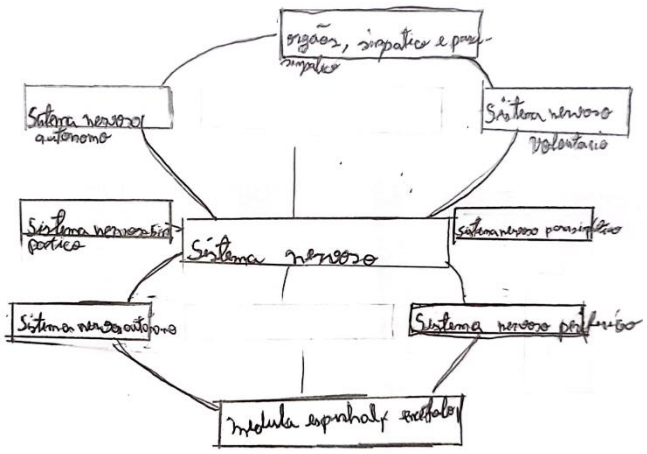
Moreira destaca que a introdução sistemática e progressiva de novos conteúdos pelo educador facilita a compreensão e a assimilação, prevenindo a sobrecarga cognitiva. Essa abordagem permite que os alunos estabeleçam uma rede de conhecimentos mais complexa e interconectada, promovendo não apenas a retenção da informação, mas também a aplicação dessa nova aprendizagem em contextos variados (MOREIRA, 2012).

O aprendizado significativo, por sua vez, está intrinsecamente ligado ao conhecimento prévio que o aluno possui, uma vez que o novo saber se desenvolve em diálogo constante com o que já foi assimilado. Essa conexão resulta em uma transformação gradual do entendimento, onde as experiências acumuladas ao longo da vida contribuem para a formação de aprendizagens significativas. Assim, a aprendizagem é um processo contínuo que se estende desde o nascimento até as diversas etapas do desenvolvimento humano, sendo fundamental para a construção de conhecimento (JÚNIOR et al., 2023).

Nesse contexto, a teoria da aprendizagem significativa enfatiza que o conhecimento prévio é a variável mais crucial que influencia a abordagem. Ausubel et al. (1978, p. 4) afirmam que “o fator mais determinante na aprendizagem é o que o aprendiz já conhece”. Portanto, o educador deve considerar os conhecimentos prévios dos alunos como base para novas construções de saber, avaliando o estágio em que cada um se encontra, e, a partir dessas âncoras, desenvolver estratégias de ensino que integrem o novo conhecimento de maneira eficaz. Essa perspectiva mostra como a sistematicidade no ensino e o reconhecimento dos saberes prévios dos alunos se entrelaça para aprimorar o processo de aprendizado.

De outro lado, o aluno F durante a produção dos seus mapas não conseguiu apresentar uma estrutura hierárquica muito clara, devido a interligação entre diferentes conceitos durante a produção de seu mapa 1 (antes da intervenção pedagógica), isso demonstra escassez de conhecimentos prévios presentes em sua estrutura cognitiva. Além disso, não há uma evidente relação entre conceitos, embora o conceito “sistema nervoso” esteja no centro de seu MC, todas as outras palavras estão ligadas a ele, não demonstrando uma diferenciação entre os conceitos mais abrangentes com os mais específicos.

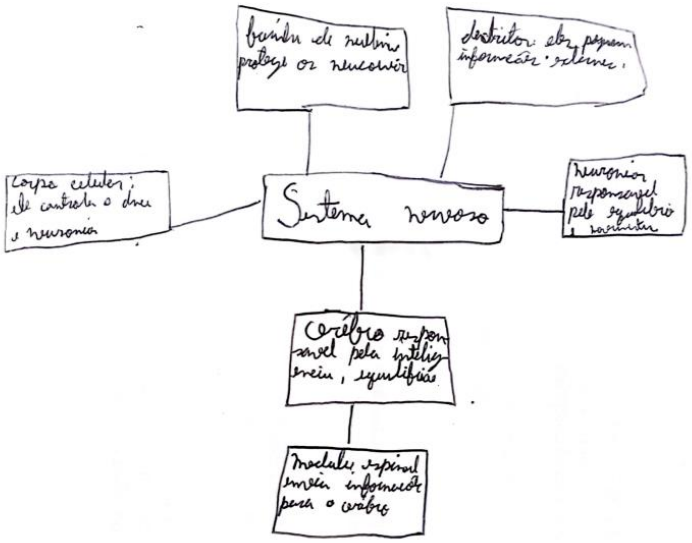
Figura 21: Mapa conceitual 1 construído pelo aluno F.



Fonte: Autoria própria (2024).

O mapa 2 do mesmo aluno embora aborde novos conceitos, estes ainda não estão ligados aos conceitos mais subordinados, todos os conceitos apresentados continuam com uma relação direta a palavra “sistema nervoso” até mesmo o conceito de “corpo celular” que embora esteja atrelado ao assunto, o mesmo é um conceito pertencente estudado em tecido nervoso, também abordado durante as aulas, o que pode ter gerado confusão durante a relação entre conceitos.

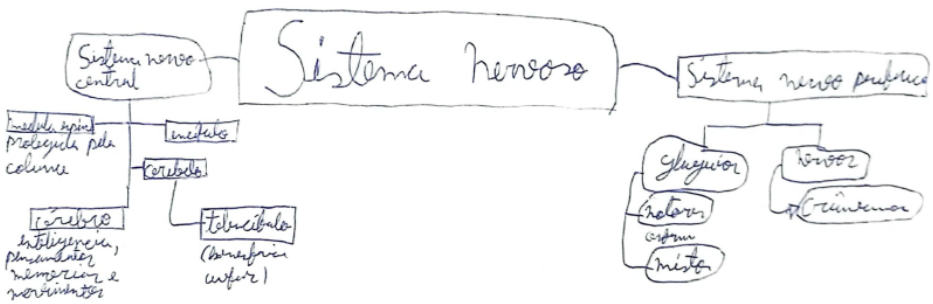
Figura 22: Mapa conceitual 2 construído pelo aluno F.



Fonte: Autoria própria (2024).

O último mapa já apresenta mesmo que de forma reduzida o aspecto da complexidade gradativa, pois já é observado neste MC que os conceitos mais simples, como “sistema nervoso humano”, “sistema nervoso central” e “sistema nervoso periférico” foram apresentados primeiro, posteriormente seguidos por alguns conceitos mais complexos, como por exemplo, as estruturas que compõem cada parte desses sistemas. Desta forma este MC já demonstra, ainda que de forma reduzida, o princípio da complexidade gradativa, subsunçores (conhecimentos prévios) na estrutura cognitiva do aprendiz.

Figura 23: Mapa conceitual 3 construído pelo aluno F.



Fonte: Autoria própria (2024).

Como disposto anteriormente um indivíduo só consegue realizar uma aprendizagem significativa caso já tenha em seu entendimento alguns conceitos fundamentais que possibilitem a conexão com outros conhecimentos, permitindo assim a construção de novas ideias. Quando

não há subsunçores (conhecimentos prévios) na estrutura cognitiva do aprendiz, a aprendizagem mecânica se torna necessária. Isso ocorre porque, ao receber informações em uma área do conhecimento que lhe é completamente nova e sem qualquer conexão com o que já conhece, o aprendiz experimenta a aprendizagem mecânica. Essa situação persiste até que alguns conhecimentos sejam assimilados na estrutura cognitiva e possam servir como subsunçores, mesmo que de maneira pouco desenvolvida (SOUZA; SILVANO; LIMA, 2018).

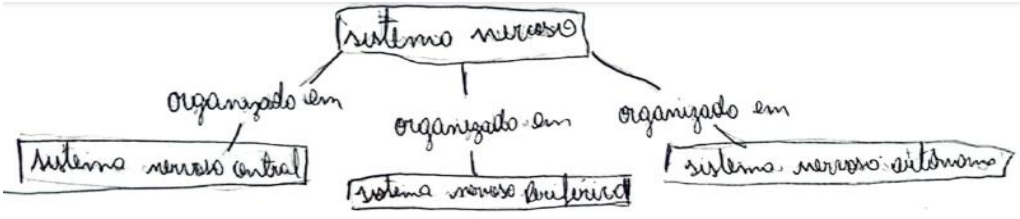
De acordo com Moreira e Masini (2006) à medida que a aprendizagem se torna significativa, os subsunçores vão se tornando progressivamente mais complexos e eficazes na integração de novas informações. Nesse cenário, a aprendizagem mecânica desempenha um papel relevante, pois contribui para o desenvolvimento dos conceitos subsunçores essenciais que servirão de base para a aprendizagem significativa.

b) Reconciliação integrativa

A reconciliação integrativa refere-se ao processo em que o aluno relaciona novos conteúdos a conhecimentos previamente adquiridos, de forma a promover uma aprendizagem mais significativa.

Ao considerar o aspecto da reconciliação integrativa, observamos que o mapa conceitual (MC) do aluno C, antes da aplicação da intervenção, revela um conhecimento limitado sobre o tema. Essa limitação é evidente na sua organização, que apresenta apenas três níveis hierárquicos. O aluno identificou apenas a divisão básica do sistema nervoso, segmentando-o em "sistema nervoso central", "sistema nervoso periférico" e "sistema nervoso autônomo". No entanto, é importante notar que o conceito de "sistema nervoso autônomo" deveria estar organizado como um subnível do "sistema nervoso periférico", conectando-se diretamente a ele. Essa estrutura sugere que, apesar da realização de uma aula teórica destinada a promover a assimilação de conceitos e a consolidação de conhecimentos prévios, o aluno não conseguiu incorporá-los de forma adequada em seu mapa.

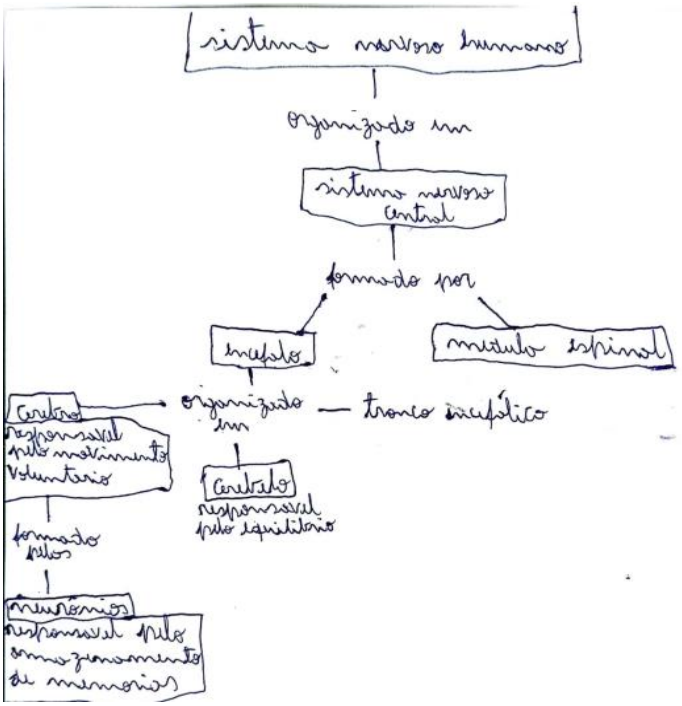
Figura 24: Mapa conceitual 1 construído pelo aluno C.



Fonte: Autoria própria (2024).

Após a aplicação da intervenção o mapa 2 do mesmo aluno já apresentou uma evolução maior de conceitos, demonstrando uma compreensão cognitiva maior do que ao mapa anterior, conseguindo associar novos conceitos ao conceito central “sistema nervoso central” trazido em seu primeiro mapa, além disso, o aluno conseguiu demonstrar novos conceitos importantes ao MC ao apresentar a correta subdivisão do sistema nervoso central e as subdivisões do encéfalo, a qual o aluno ligou com os conceitos de “cerebelo”, “cérebro” e “tronco encefálico”, apresentando também o conceito e a função do neurônio e o ligando corretamente ao cérebro.

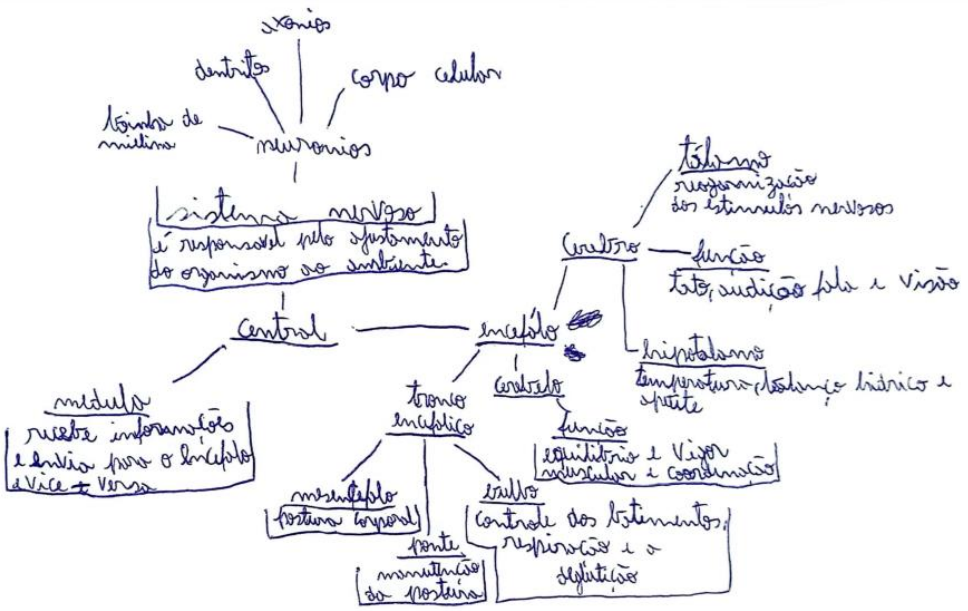
Figura 25: Mapa conceitual 2 construído pelo aluno C.



Fonte: Autoria própria (2024).

O mapa 3 do aluno apresenta um nível mais elevado de complexidade, pois o conceito central de "sistema nervoso" está conectado a uma rede mais ampla de conceitos específicos. Essa estrutura resulta em uma maior clareza, uma vez que os conceitos estão mais bem definidos, tornando-se compreensíveis, facilmente identificáveis e diferenciados entre si. Percebe-se, no entanto, uma leve redução na quantidade de conceitos em comparação ao mapa 2, que inclui o conceito e a definição de neurônio, no mapa 3, esse conceito não está presente. Contudo, de acordo com os princípios da aprendizagem significativa, é normal haver uma certa perda conceitual ao longo do tempo.

Figura 26: Mapa conceitual 3 construído pelo aluno C.



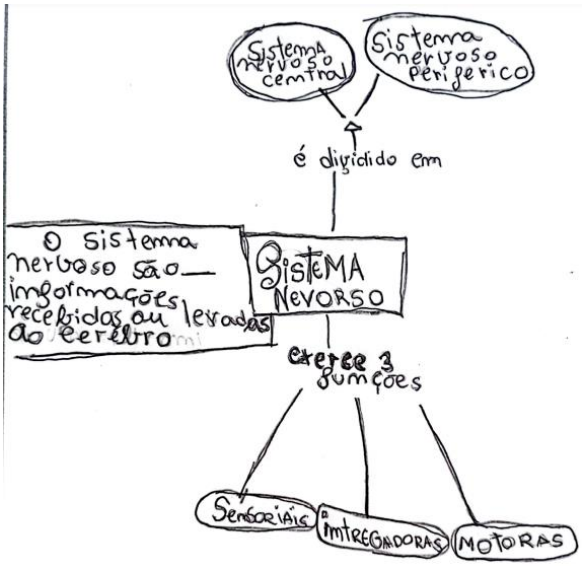
Fonte: Autoria própria (2024).

Moreira destaca que essa abordagem não se limita a simplesmente acumular informações, mas envolve uma reestruturação cognitiva, onde os novos conceitos são integrados às redes de conhecimento existentes. Essa integração é crucial para que os alunos consigam construir significados mais profundos e contextuais, favorecendo a retenção e a aplicação do aprendizado em situações diversas (MOREIRA, 2006).

O conceito fundamental da reconciliação integrativa envolve a reconfiguração de elementos e a reorganização das ideias, conceitos e proposições que já estão consolidados na estrutura mental do aprendiz, a fim de facilitar e reconfigurar os entendimentos através de relações hierárquicas significativas (SOUSA; SILVANO; LIMA, 2018).

Em comparação com os mapas discutidos anteriormente, os mapas do aluno D apresentam uma quantidade limitada de conceitos e uma falta de clareza nas informações. Um exemplo disso é o MC 1 do aluno, onde ele afirma que “o sistema nervoso são informações recebidas ou levadas ao cérebro”, mas não deixa claro a que exatamente se refere essa afirmação, se é um conceito relacionado à função do sistema nervoso. Além disso, o estudante associa de forma equivocada as funções do sistema nervoso como “sensoriais”, “integradoras” e “motoras”, quando, na verdade, esses conceitos deveriam estar relacionados aos tipos de nervos do sistema nervoso periférico, demonstrando, portanto, que em relação aos conhecimentos prévios o aluno não conseguiu fazer uma correta correlação com os novos conceitos aprendidos.

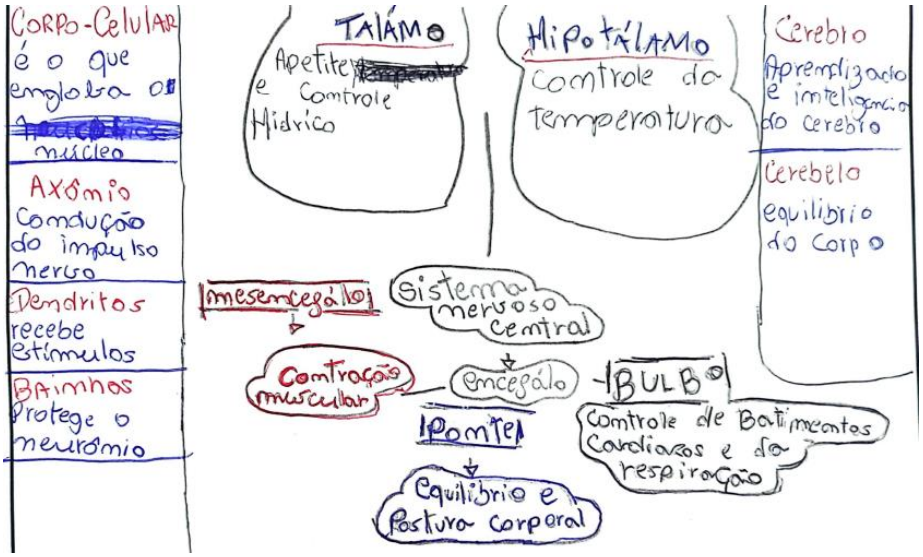
Figura 27: Mapa conceitual 1 construído pelo aluno D.



Fonte: Autoria própria (2024).

O mapa 2 do aluno ainda apresenta confusão em sua organização e, na verdade, não se configura como um mapa conceitual. Os níveis hierárquicos, que deveriam ligar os conceitos mais abrangentes a conceitos mais específicos, não são perceptíveis. A impressão é que, ao elaborar o mapa, o aluno foi apenas lembrando-se dos conceitos ao longo da proposta de aprendizado e os dispersou aleatoriamente, sem associar os conceitos subordinados aos centrais. Isso revela que o aluno não conseguiu, mesmo após a intervenção, atingir o princípio da reconciliação integrativa, pois os conceitos não estão organizados de forma hierárquica e carecem de inter-relações entre si.

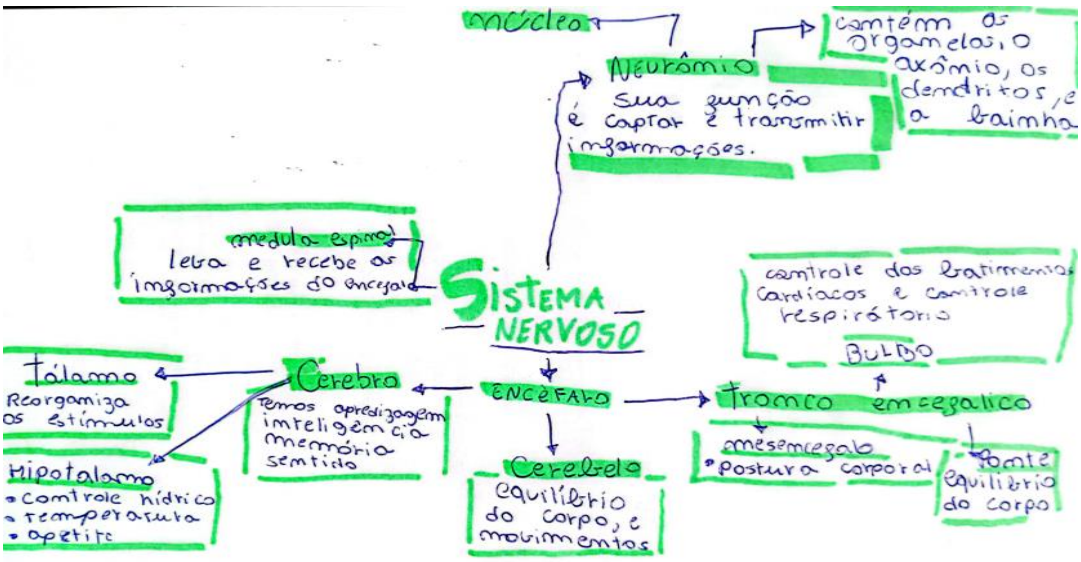
Figura 28: Mapa conceitual 2 construído pelo aluno D.



Fonte: Autoria própria (2024).

Entretanto, o mapa 3 demonstra uma transformação bastante significativa, revelando um salto na rede de conceitos abordados. Nele, já é possível observar a estrutura de um mapa conceitual bem organizado, com os conceitos gerais e específicos claramente definidos. Os conceitos mais abrangentes estão posicionados de forma hierárquica, permitindo uma compreensão mais profunda das relações entre eles. Além disso, as interconexões são evidentes, o que reforça a estrutura lógica do mapa e facilita a aprendizagem significativa. Essa evolução indica um avanço na capacidade do aluno em organizar o conhecimento e refletir sobre as relações entre os conceitos, o que é fundamental para um aprendizado mais eficaz.

Figura 29: Mapa conceitual 3 construído pelo aluno D.



Fonte: Autoria própria (2024).

Quando a aprendizagem é realmente significativa, ela pode provocar transformações na estrutura mental do aprendiz, alterando as ideias que já existem e criando conexões entre elas. Portanto, a aprendizagem significativa é mais duradoura e impactante, ao passo que a aprendizagem desconectada de um contexto relevante tende a ser rapidamente esquecida, não criando conexões na estrutura cognitiva daquele que aprende (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010).

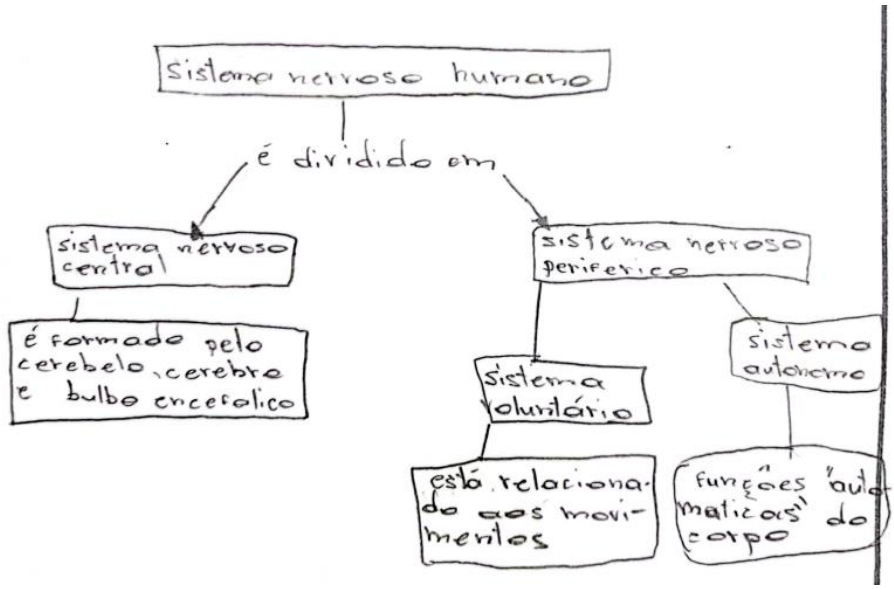
Ressalta-se que a dificuldade apresentada pelo estudante em relação à reconciliação integrativa em seus primeiros mapas deve ser vistas como algo natural, especialmente quando se trata de alunos sem experiência prévia no uso de mapas conceituais (MCs) ou em outros contextos de aprendizagem voltados à Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Essa circunstância reflete, de maneira similar, a realidade dos estudantes envolvidos nesta pesquisa (MOSSI; VINHOLI JÚNIOR, 2022).

c) Hierarquização

A hierarquização segundo Joseph Novak na Teoria dos Mapas Conceituais refere-se à organização dos conceitos de maneira estruturada, onde os conceitos mais gerais e inclusivos são posicionados no topo, enquanto os conceitos mais específicos e detalhados são dispostos abaixo, formando uma estrutura hierárquica. Essa abordagem facilita a compreensão e a representação do conhecimento, permitindo que os aprendizes visualizem as relações entre diferentes conceitos e como eles se interconectam (SANTOS et al., 2021).

Considerando o critério de hierarquização, o aluno H demonstrou, desde seu primeiro mapa conceitual, uma estrutura clara, com os conceitos mais gerais posicionados no topo e os mais específicos abaixo. Essa organização facilita a compreensão das relações entre os conceitos. No entanto, ao analisar os conceitos apresentados do lado esquerdo do mapa, foi possível identificar uma associação equivocada. O aluno vinculou o conceito de "sistema voluntário" ao conceito maior de "sistema nervoso periférico", sugerindo que o "sistema nervoso voluntário" seria uma subdivisão deste último. Na realidade, o sistema nervoso periférico se divide em sistema nervoso autônomo e sistema nervoso somático, sendo o sistema somático o responsável pelas ações voluntárias do corpo. Essa confusão pode ter dificultado a compreensão correta do conceito.

Figura 30: Mapa conceitual 1 construído pelo aluno H.



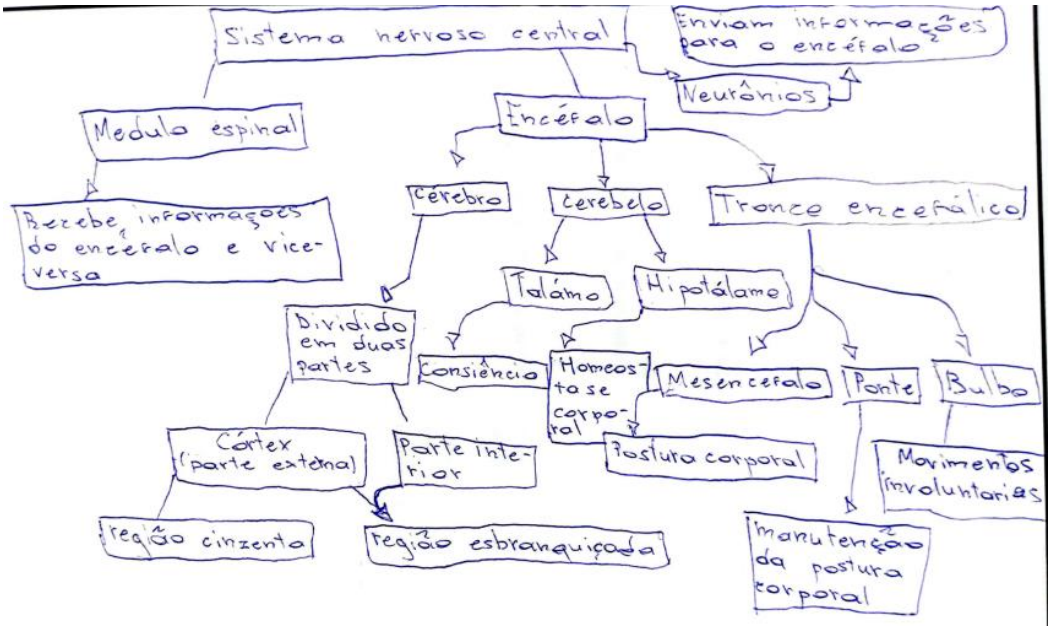
Fonte: Autoria própria (2024).

O Mapa 2 do aluno, em termos de hierarquização, apresenta uma estrutura de organização diferente em relação ao seu primeiro mapa, que seguia uma disposição vertical.

Neste mapa, os conceitos são dispostos horizontalmente, refletindo um aumento na complexidade hierárquica em comparação ao Mapa 1. Essa mudança indica que o aluno conseguiu integrar seus conhecimentos prévios com os novos conceitos que aprendeu. Essa capacidade de associação é claramente visível no lado esquerdo do mapa, onde o aluno relaciona corretamente os termos “mesencéfalo”, “ponte” e “bulbo” como subdivisões do tronco encefálico. Essa organização não apenas demonstra um entendimento mais profundo dos conteúdos, mas também revela a habilidade do aluno em conectar informações de maneira lógica e estruturada.

Além disso, a utilização de linhas conectivas entre os conceitos, acompanhadas de frases que descrevem suas relações, reforça a compreensão da hierarquia. Isso torna o mapa não apenas uma representação gráfica, mas uma ferramenta de aprendizado que orienta o aluno em sua exploração do conteúdo. Essa abordagem hierárquica é essencial para um entendimento profundo do assunto, pois organiza o conhecimento e permite que os conceitos sejam facilmente acessados e revisados.

Figura 31: Mapa conceitual 2 construído pelo aluno H.



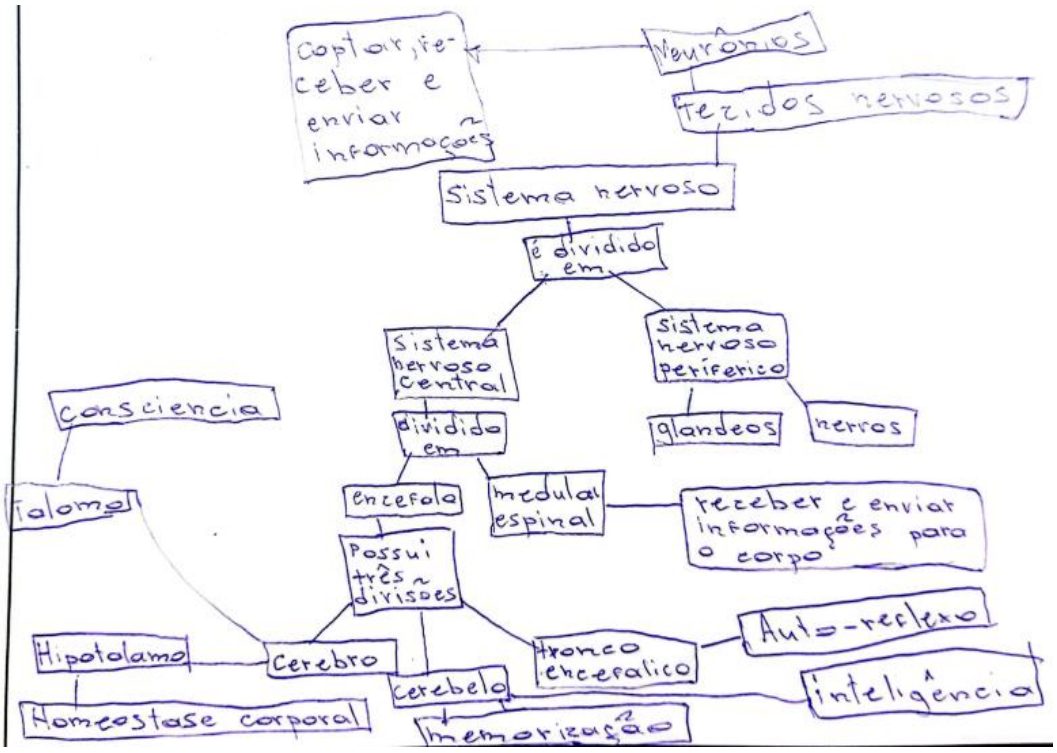
Fonte: Autoria própria (2024).

No último mapa conceitual apresentado pelo aluno, é perceptível uma redução no número de conceitos em comparação ao anterior. No entanto, na parte inferior deste mapa, observa-se uma consistência nas relações entre os elementos, indicando um entendimento mais refinado do tema. O mapa está bem organizado, com uma clara divisão entre o sistema nervoso central e o sistema nervoso periférico, onde os conceitos associados ao sistema nervoso central

estão claramente posicionados no lado direito do mapa, enquanto os do sistema nervoso periférico são colocados à esquerda. Essa disposição facilita a visualização e a compreensão das diferentes divisões do sistema nervoso, tornando o mapa claro e direto, e respeitando a lógica hierárquica.

Essa clareza na apresentação dos conceitos não apenas otimiza o processo de aprendizagem, mas também permite que o aluno identifique de forma eficaz as inter-relações entre os distintos componentes do sistema nervoso. Em suma, o mapa conceitual reflete um avanço significativo na capacidade do aluno de organizar e sintetizar informações complexas, evidenciando um aprofundamento em seu entendimento do assunto.

Figura 32: Mapa conceitual 3 construído pelo aluno H.



Fonte: Autoria própria (2024).

A hierarquização é fundamental para a aprendizagem significativa, pois ajuda os estudantes a integrarem novos conhecimentos com os que já possuem, promovendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Isso significa que, ao aprender novos conceitos, os alunos podem relacioná-los com suas experiências e conhecimentos prévios, o que enriquece sua compreensão e facilita a retenção da informação. Assim, a hierarquização não apenas organiza o conhecimento, mas também potencializa o processo de aprendizagem ao permitir que os estudantes construam significados de forma mais eficaz (SANTOS et al., 2021).

Diferentemente dos mapas conceituais apresentados anteriormente, os mapas do aluno E não mostraram aprimoramento no princípio da hierarquização ao longo de sua produção. No primeiro mapa, embora a estrutura estivesse relativamente bem organizada, ele apresentava poucos níveis hierárquicos e os conceitos eram limitados ao mapa de referência disponibilizado. Essa configuração sugere que o aluno possuía um conhecimento prévio restrito ou que a aula ministrada no início da intervenção não foi suficiente para facilitar a assimilação desses conceitos em sua estrutura cognitiva.

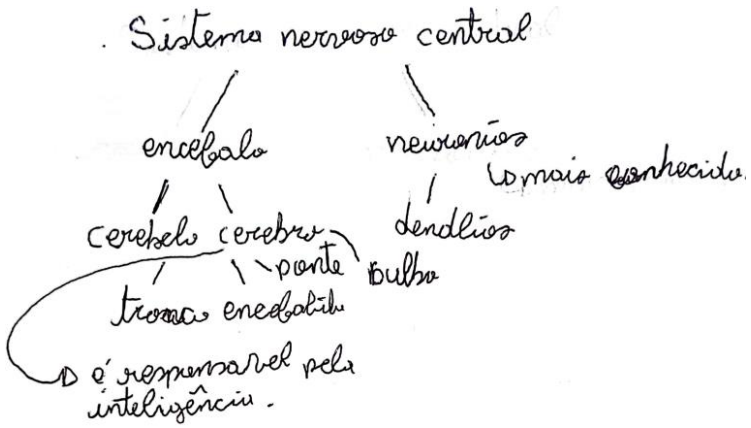
Figura 33: Mapa conceitual 1 construído pelo aluno E.



Fonte: Autoria própria (2024).

À medida que o aluno progrediu em suas produções, a falta de aprofundamento nas relações hierárquicas tornou-se ainda mais evidente. Os conceitos continuaram a ser apresentados de maneira superficial, sem a complexidade necessária para uma exploração adequada do tema. Por exemplo, o segundo mapa ficou restrito aos mesmos conceitos do primeiro e, ainda por cima, apresentou uma associação incorreta ao classificar “neurônios” como uma subdivisão do sistema nervoso central. Na verdade, o termo refere-se a células que compõem o sistema nervoso, e a correta associação deveria destacar que o sistema nervoso central é dividido em “encéfalo” e “medula espinal”.

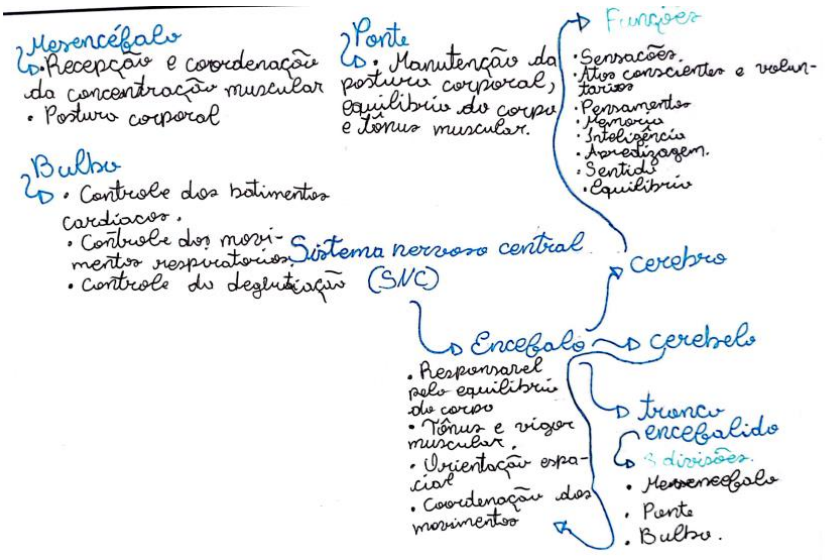
Figura 34: Mapa conceitual 2 construído pelo aluno E.



Fonte: Autoria própria (2024).

No último mapa produzido pelo aluno, percebe-se que vários termos estão dispostos no mesmo nível hierárquico, sem a devida distinção entre conceitos gerais e suas subdivisões. Em vez de apresentar o sistema nervoso como um todo, seguido das suas partes principais, o mapa cria uma rede confusa de ideias que se interconectam de maneira pouco clara. Essa desorganização pode ser resultado da falta de familiaridade do aluno com o tema ou de uma compreensão insuficiente dos conceitos fundamentais. Quando o conhecimento prévio é limitado e não há um esforço para relacionar novas informações à estrutura já existente, o resultado é um mapa sobrecarregado de informações, mas vazio de significado. Essa ausência de hierarquização compromete a clareza e a efetividade do aprendizado, dificultando a assimilação do conteúdo.

Figura 35: Mapa conceitual 3 construído pelo aluno E.



Fonte: Autoria própria (2024).

Ao construir um mapa conceitual, o aluno deve identificar e destacar os conceitos mais importantes sobre o conteúdo, separando-os dos conceitos mais específicos. Esses mapas funcionam como uma representação da estrutura de conhecimento de cada aprendiz em relação ao tema estudado, e, por isso, não existe um único mapa correto. Ao contrário, há diversas maneiras de organizar e hierarquizar os conceitos abordados (SOUZA JÚNIOR et al., 2017).

Nesse contexto, o trabalho do professor como mediador é fundamental para o processo de elaboração dos mapas conceituais, influenciando diretamente a organização do conhecimento do aluno. Ao orientar os estudantes com exemplos, contextualizações e apoio na reorganização do conhecimento, o professor contribui para que o aluno consiga expressar de forma mais clara suas ideias e as relações entre os conceitos. Para isso, é essencial que o docente esteja atento às dúvidas e dificuldades dos alunos, oferecendo suporte pedagógico que facilita a elaboração dos mapas conceituais, promovendo a ampliação e reorganização das estruturas cognitivas dos estudantes (SANTOS et al., 2021).

Em resumo, a experiência com os mapas conceituais revelou a necessidade de uma abordagem mais clara e estruturada na introdução de novas estratégias de ensino. A intervenção pedagógica não apenas proporcionou aos alunos uma compreensão mais profunda do conceito de mapas conceituais, mas também incentivou um envolvimento ativo no processo de aprendizagem. Ao familiarizá-los com esse recurso e oferecer suporte durante a construção, foi possível reduzir as barreiras percebidas e promover uma reflexão mais significativa sobre o conteúdo. Assim, essa prática se mostra essencial para a formação de estudantes mais autônomos e críticos, capazes de articulações.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

Com base na inquietação enquanto profissional docente e na busca por melhorar o atendimento às lacunas formativas dos alunos do ensino fundamental, especialmente no que diz respeito ao aprendizado sobre o Sistema Nervoso Humano, surge a proposta de um novo recurso pedagógico. O objetivo é tornar o estudo desse sistema mais acessível, permitindo que os alunos não apenas visualizem, mas também percebam suas estruturas de forma mais tangível e interativa, indo além da abstração e explorando, inclusive, a percepção tátil. Dessa forma, busca-se responder ao problema identificado nesta pesquisa.

O resultado desse processo é o guia didático "Desvendando o Sistema Nervoso com a Impressão 3D", um produto educacional digital desenvolvido para promover uma aprendizagem significativa para os alunos do 8º ano do ensino fundamental, com foco no componente curricular "Sistema Nervoso Central". O guia explora a produção de modelos didáticos por meio da tecnologia de impressão 3D, atrelado com uma proposta didática que segue os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e tem o objetivo de facilitar o entendimento das estruturas e funções do sistema nervoso de maneira mais concreta e envolvente. Além disso, o material orienta os professores sobre como utilizar essa tecnologia como uma ferramenta poderosa no ensino de Ciências e Biologia, transformando-a em uma aliada no processo de aprendizagem.

Logo, o público-alvo deste produto educacional são os professores de Ciências e Biologia, especialmente aqueles que enfrentam dificuldades em ensinar o conteúdo sobre o sistema nervoso e que buscam integrar estratégias inovadoras e planejadas em sua prática pedagógica. Este guia foi pensado para apoiar esses profissionais no desafio de tornar o ensino mais dinâmico e acessível, proporcionando uma abordagem prática e interativa por meio da utilização de modelos tridimensionais. Com o auxílio da impressão 3D, espera-se que os professores possam oferecer aos alunos uma compreensão mais concreta das estruturas e funções do sistema nervoso, estimulando o interesse e a curiosidade pela área de Ciências, ao mesmo tempo em que desenvolve competências pedagógicas para utilizar tecnologias emergentes.

A proposta didática apresentada neste PE foi aplicada e avaliada em primeira instância pelos (as) participantes da pesquisa, e em segunda acontecerá por meio das contribuições da banca examinadora durante a defesa do produto, momento em que serão discutidos o impacto pedagógico e a aplicabilidade da proposta, além de possíveis melhorias a serem implementadas.

O produto educacional foi estruturado em três capítulos, cada um com uma função específica para orientar o uso do material e garantir sua efetividade no processo de ensino-aprendizagem: **Capítulo 1 - Percurso Teórico e Metodológico:** apresenta os fundamentos teóricos e metodológicos que sustentam a proposta didática, abordando as principais linhas de pesquisa usadas na produção da dissertação e do produto educacional. O **Capítulo 2 - Processos de Modelagem e Impressão 3D**.3D: oferece orientações detalhadas sobre os processos envolvidos na criação de modelos tridimensionais, incluindo os parâmetros técnicos para a impressão 3D e dicas de escolha de materiais, e como adaptar os modelos às necessidades pedagógicas da turma. Por fim, o **Capítulo 3 - Proposta didática com uso dos modelos em 3D:** relata as etapas práticas para a implementação da proposta, desde a preparação do ambiente de aprendizagem até as atividades de aplicação com os alunos. Este capítulo também apresenta sugestões de como os professores podem utilizar a impressão 3D como ferramenta pedagógica, promovendo a interação dos alunos com o conteúdo de forma dinâmica e envolvente.

Ademais ao longo do PE também se farão presentes, materiais de apoio para um maior estudo e aprofundamento dos tópicos abordados como, por exemplo, documentos no formato PDF e recursos audiovisuais disponibilizados por meio de links ou via *QRCode* (versão bidimensional do código de barras, composto por pixels). Dessa forma, pretende-se proporcionar aos interessados na temática, a capacidade de utilizar o guia de forma flexível e aproveitar os conteúdos nele apresentados da maneira que melhor lhes convir.

O caráter inovador deste produto educacional reside principalmente na integração da tecnologia de impressão 3D, com práticas pedagógicas tradicionais, criando uma abordagem de ensino mais interativa, dinâmica e acessível. A proposta de usar modelos tridimensionais impressos para ensinar o sistema nervoso vai além do convencional, permitindo que os alunos, de maneira prática e tátil, explorem as estruturas complexas desse sistema de forma concreta e visual. Além disso, o uso da impressão 3D como ferramenta pedagógica ainda é pouco explorado nas escolas de ensino fundamental, o que confere ao produto educacional um caráter pioneiro no contexto do ensino de Ciências e Biologia na Amazônia.

Outro aspecto inovador é a formação dos professores, que não só recebem um material de apoio didático, mas também são capacitados a usar a tecnologia de impressão 3D como uma aliada em sua prática pedagógica. Isso representa uma mudança significativa na maneira como as tecnologias podem ser utilizadas em sala de aula, ampliando o repertório dos docentes e oferecendo-lhes uma ferramenta poderosa para diversificar suas estratégias de ensino.

Os registros do produto educacional estão disponíveis nas imagens a seguir e podem ser acessados também por meio do PDF, através do link no apêndice D. Além disso, os materiais podem ser consultados separadamente na editora do PPGEECA e na Plataforma EduCAPES.

Figura 36 – Capa do produto educacional.



Fonte: As autoras (2024).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação, intitulada "Desvendando o Sistema Nervoso Humano: Promovendo a Aprendizagem Significativa no Ensino Fundamental através de Modelos Didáticos Impressos em 3D", trouxe à tona importantes reflexões sobre o ensino de Ciências, especialmente no que se refere ao complexo tema do Sistema Nervoso Humano. Os resultados obtidos demonstraram que a utilização de modelos didáticos tridimensionais, aliados a uma proposta pedagógica fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, não apenas facilitou a compreensão dos alunos sobre as estruturas e funções do sistema nervoso, mas também promoveu um engajamento ativo e motivado durante o processo de aprendizagem.

A pergunta norteadora da pesquisa, "como o desenvolvimento de uma intervenção pedagógica fundamentada na utilização de modelos didáticos associados à tecnologia de impressão 3D poderá contribuir para a aprendizagem significativa do conteúdo de Sistema Nervoso Humano para alunos do ensino fundamental inseridos no contexto amazônico?", foi respondida positivamente. Os alunos apresentaram avanços significativos em suas concepções sobre o sistema nervoso, evidenciados pela construção de mapas conceituais que refletiram uma hierarquização e interconexão mais robustas entre os conceitos abordados. Essa evolução indica que a proposta didática não apenas atendeu aos objetivos previstos, mas também contribuiu para a formação de um conhecimento mais integrado e duradouro.

A inserção social do Produto Educacional "Desvendando o Sistema Nervoso com a Impressão 3D" se destaca pela sua relevância em um contexto educacional que enfrenta desafios significativos, como a falta de recursos didáticos adequados e a necessidade de metodologias inovadoras. O guia didático desenvolvido não só serve como um recurso para professores de Ciências e Biologia, mas também como uma ferramenta que pode ser adaptada a diferentes realidades educacionais, promovendo a inclusão e a democratização do conhecimento. A utilização da impressão 3D como recurso pedagógico representa uma oportunidade de transformação no ensino de Ciências, permitindo que os alunos tenham uma experiência de aprendizagem mais concreta e interativa.

As perspectivas de desdobramentos em futuros estudos são promissoras. A pesquisa sugere a necessidade de investigações adicionais sobre a eficácia de modelos didáticos impressos em 3D em outras áreas do conhecimento e em diferentes contextos educacionais. Além disso, a formação continuada de professores para o uso de tecnologias emergentes deve

ser uma prioridade, garantindo que esses profissionais estejam preparados para integrar novas metodologias em suas práticas pedagógicas.

Em relação ao meu crescimento profissional, este Mestrado Profissional foi fundamental para ampliar minha visão sobre o ensino de Ciências e a importância de adotar uma postura de professor pesquisador. A experiência adquirida ao longo da pesquisa me proporcionou ferramentas e conhecimentos que pretendo aplicar em minha prática docente, contribuindo para um ensino mais reflexivo e investigativo. As competências desenvolvidas me motivam a continuar explorando novas abordagens e metodologias que possam enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, sempre buscando promover uma educação de qualidade e significativa para meus alunos.

Em suma, a dissertação não apenas contribuiu para o meu desenvolvimento pessoal e profissional, mas também para a construção de um conhecimento mais significativo e acessível no ensino de Ciências, reafirmando a importância da pesquisa e da inovação na educação.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Leonardo De Conti Dias. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2016.

ALVES DE OLIVEIRA, Cíntia Rochele; CORRÊA FERREIRA, Cristiano; DA SILVA DE LIMA MARTINS, Claudete. Modelo didático para o ensino de Ciências, construção por meio de impressão 3D: análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem. **TE & ET**, 2022.

ANGROSINO, Michael. **Etnografia e observação participante.** Tradução de José Fonseca; consultoria, supervisão e revisão da edição por Bernardo Lewgoy. Porto Alegre: Artmed, 2009. 138 p.

ANTUNES, Adriana Maria; DE MENEZES FARIA, Joana Cristina Neves; LEITE, Vanessa Rafaela Milhomem Cruz. Mapas Conceituais no Ensino de Ciências: Construindo Conhecimentos Sobre Sistema Nervoso. **Experiências Em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p. 22-38, 2013.

Aprendizagem significativa – breve discussão acerca do conceito. **Base Nacional Comum**, 2020. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno depraticas/aprofundamentos/191-aprendizagem-significativa-breve-discussao-acerca-do-conceito>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2024.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, David Paul.; NOVAK, Joseph.; HANESIAN, Helen. **Educational psychology: a cognitive view**. Second Edition. New York. USA: Ed. Holt, Rinehart and Winston, 1978.

AVELAR, Alessandra Cândida. **A motivação do aluno no contexto escolar**. Anuário Acadêmico-científico da UniAraguaia, p. 71-90, 2014.

BACCHI, Ricardo Rodrigues.; RODRIGUES, Humberto Gabriel. **Atlas de Histologia Essencial**. Montes Claros: Unimontes, 2021.

BACK, Amanda. Aliando a aprendizagem de conceitos com a construção de modelos didáticos em aulas de Anatomia Vegetal. **Revista Insignare Scientia** - RIS, v. 2, n. 3, p. 13-20, 2019.

BORGES, Gilberto Luiz de Azevedo. **Formação de professores de biologia, material didático e conhecimento escolar** (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, DF, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ciências Naturais. Brasília: MEC, 1998.

BRUM, Wanderley Pivatto. Aprendizagem significativa: revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. **Revista Eletrônica de Ciências da Educação**, v. 14, n. 1, 2015.

BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo. **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**. 4. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

CAVALCANTE, Brayan Paiva et al. Construindo o sistema nervoso humano: utilização de modelos e modelagens como prática alternativa no ensino de Ciências. **Anais II CONEDU**. Campina Grande: Realize Editora, 2015.

CECCANTINI, Gregório. Os tecidos vegetais têm três dimensões. **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, p. 335-337, 2006.

CORRÊA, Roger Willians et al. Mapas conceituais como indicador da aprendizagem sobre raios cósmicos no ensino médio. **Caminhos da Educação Matemática em Revista**, v. 10, n. 1, p. 128-146, 2020.

DA SILVA, Tatiano Gomes; DA SILVA, Taciane Laiane Gomes; DA SILVA, Thaylane Gomes. Utilização de modelos didáticos no ensino da anatomia humana da educação básica ao ensino superior. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 15, n. 57, p. 896-906, 2021.

DANTAS, Adriana Pricilla Jales et al. Importância do uso de modelos didáticos no ensino de citologia. **In: Congresso Nacional de Educação**. 2016.

DE AGUIAR NETO, Gerardo Elias et al. A utilização de biomodelos em 3D no aprendizado da anatomia humana: uma experiência técnica e metodológica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e388111435207-e388111435207, 2022.

DE LIMA, Mayara Prado Cardoso et al. A importância do estudo do corpo humano na educação básica. **Arquivos do MUDI**, v. 23, n. 3, p. 263-277, 2019.

DE PAULO, Iramaia Jorge Cabral. Marco Antônio Moreira: o professor, o investigador, o ser humano. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 3, p. 76-79, 2018.

DUARTE, Hamilton Emidio. **Anatomia Humana** / Hamilton E. Duarte. - 1. ed. 2. reimp. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

FIALHO, Wanessa Cristiane Gonçalves. As dificuldades de aprendizagem encontradas por alunos no ensino de biologia. **Praxia - Revista on-line de Educação Física da UEG**, v. 1, n. 1, p. 53-70, 2013.

FIGUEIREDO, Beatriz Beca; CESAR, Francisco Ignácio Giocondo. Um estudo da utilização da impressora 3D na Engenharia e na Medicina. **Recisatec-revista científica saúde e tecnologia**-ISSN 2763-8405, v. 2, n. 1, p. e2170-e2170, 2022.

GONÇALVES, Jonas Loiola et al. A neurociência e sua contribuição para a aprendizagem. **VI CONEDU** - v. 2. Campina Grande: Realize Editora, 2020.

JÚNIOR, João Fernando Costa et al. Um olhar pedagógico sobre a Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Rebena-**Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 5, p. 51-68, 2023.

LIMA, Sintiane Maria de Sá. et al. Perspectivas no ensino de anatomia humana no ensino médio. **VII Congresso Nacional de Educação – CONEDU**. Maceió, 2020.

LUIZ, Ingrid et al. Modelos didáticos e neurociência: popularizando o cérebro por meio da educação não formal. **Educação: Teoria e Prática**, v. 31, n. 64, 2021.

MARIETTO, Marcio Luiz. Observação participante e não participante: contextualização teórica e sugestão de roteiro para aplicação dos métodos. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, v. 17, n. 4, p. 05-18, 2018.

MARTINS, Isabel et al. Guia didático para professores. **In: Explorando a complexidade do corpo humano**, 2012.

MATOZINHOS, Isabela Penido et al. Impressão 3D: Inovações no campo da medicina. **Revista Interdisciplinar Ciências Médicas**, v. 1, n. 1, p. 143-162, 2017.

MINAYO, Maria Cecilia de Souza; DESLANDES, Suely Ferreira. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 25. ed. rev. atual. Petrópolis: Vozes, 2007. 108p.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica (Meaningful learning: from the classical to the critical view). In: **Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de**. sn, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, Marco Antonio. ¿ Al afinal, qué es aprendizaje siginificativo?. **Qurriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa**. La Laguna, Espanha. n. 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**, São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio.; MASINI, Elsie Sazano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

MOSSI, Caroline Silverio; VINHOLI JÚNIOR, Airton José. O uso de mapas conceituais como estratégia de aprendizagem significativa no ensino de Química. **Acta Scientiarum. Education**, v. 44, 2022.

NEMORIN, Selena; SELWYN, Neil. Making the best of it? Exploring the realities of 3D printing in school. **Research Papers in Education**, v. 32, p. 578-595, 2017.

NETO, Antonio Freitas; LOUBET, Sara; ALBUQUERQUE, Leonardo Martinez. O uso da impressora 3D no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 10, n. 2, p. 14-14, 2021.

NICOLA, Jéssica Anese; PANIZ, Catiane Mazocco. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. Infor, Inov. Form., **Rev. NEaD-Unesp**, São Paulo, v. 2, n. 1, p.355-381, 2016.

NOVAK, Joseph Donald. **The teory underlying concept maps and how to construct them. Pensacola**, 2008.

OLIVEIRA, Clarissa Suelen. Panorama da Educação superior brasileira e suas influências: um enfoque crítico e emancipatório. **Educação e Ensino Superior Online**, v. 1, is.1, p. 89-98, 2021.

OLIVEIRA, C. R. A.; FERREIRA, C. C.; MARTINS, C. S. L. Modelo didático para o ensino de Ciências, construção por meio de impressão 3D: análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem. Revista Iberoamericana de Tecnología em Educación em Tecnología. n. 32, p. 42-53, jun. 2022.

OLIVEIRA, Priscilla Tayse da Silva**. Ensino do corpo humano: abordagens dos professores de Ciências no 8º ano do ensino fundamental em escolas estaduais de Planaltina de Goiás**. 2011. 42 f.,il. Monografia (Licenciatura em Ciências Naturais) — Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

ONISAKI, Hadassa Harumi Castelo; DE BASTOS VIEIRA, Rui Manoel. Impressão 3D e o desenvolvimento de produtos educacionais. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 5, n. 10, 2019.

PAIVA, Thiago Neves.; NOGUEIRA, Cássio Cipriano. Estudo comparativo das principais tecnologias de impressão 3D no Brasil. **Facit Business and Technology Journal**, v. 1, n. 24, 2021.

PELIZZARI, Adriana et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

PEREIRA, Maíris Sousa, et al. Avaliação dos Modelos Didáticos no Ensino de Ciências da Escola Municipal Cassimiro Gomes – Coronel Ezequiel/RN. In: **II CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO**, 2015, Campina Grande, PB, Brasil. Anais II CONEDU. Campina Grande: Realize Eventos Científicos e Editora Ltda, 2015.

PEREIRA, Rômulo Jorge Batista et al. Método tradicional e estratégias lúdicas no ensino de Biologia para alunos de escola rural do município de Santarém-PA. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 02, p. 106-123, 2020.

PESSOA, Mikaela Da Silva et al. Uso de materiais recicláveis na construção de modelos didáticos para o ensino de Ciências e biologia. **Anais I CONIMAS e III CONIDIS**. Campina Grande: Realize Editora, 2019.

PIRES, Mylena Iasmim Figueiredo; JÚNIOR, Airton José Vinholi. Impressão 3D e pesquisas em Ciências da natureza: um olhar sobre a produção científica na área. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 5, n. 1, 2022.

RAMOS, Karen Christina de Almeida Batista; FONSECA, Lana Claudia de Souza; GALIETA, Tatiana. Visões sobre o ser humano e as práticas docentes no ensino de Ciências e biologia. **Revista Exitus,** Santarém-PA, v. 8, n 1, p. 305-331, 2018.

REIS, Hellen José Daiane Alves. **O corpo humano é: discursos sobre o corpo em livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental de escolas municipais de São Luís** – MA. 2017. 209 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade do Maranhão, São Luís, 2017.

ROLIM, Karla Maria Carneiro et al. Mulheres em uma aula de hidroginástica: experenciando o interrelacionamento grupal. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 17, n. 1, p. 8-13, 2004.

ROSA, Isabela Santos Correa.; LANDIM, Myrna Friederichs. Mapas conceituais no ensino de Biologia: Um estudo sobre aprendizagem significativa. **Scientia Plena**, v. 11, n. 3, 2015.

ROSA, Maria Fabiana Sousa. **Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Ciências: uma experiência pedagógica por meio do estudo da qualidade da água**. 2022. 93f. Defesa (Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia), Universidade do Estado do Pará, Belém, 2022.

ROSSASI, Lucilei Bodaneze; POLINARSKI, Celso Aparecido. **Reflexões sobre metodologias para o ensino de biologia: uma perspectiva a partir da prática docente**. Porto Alegre: Lume UFRGS, 2011.

SANTOS, Anderson Oramisio et al. O ensino-aprendizagem de matemática: contribuições de novak e a teoria dos mapas conceituais. **Cadernos da FUCAMP**, v. 20, n. 46, 2021.

SOUSA, Anne Madeliny Oliveira Pereira de; ALVES, Ricardo Rilton Nogueira. A neurociência na formação dos educadores e sua contribuição no processo de aprendizagem. **Revista Psicopedagogia**, v. 34, n. 105, p. 320-331, 2017.

SOUSA, Cleângela Oliveira; SILVANO, Antônio Marcos da Costa; LIMA, I. P. Teoria da aprendizagem significativa na prática docente. **Revista espacios**, v. 39, n. 23, p. 1-11, 2018.

SOUZA, Nadia Aparecida de; BORUCHOVITCH, Evely. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, v. 26, n. 03, p. 195-217, 2010.

SOUZA, Vitor Hugo Enumo. Modelização de componentes do sistema nervoso: metodologia alternativa para o ensino-aprendizagem de anatomia humana para o curso de psicologia**. Revista Uningá**, v. 56 (S1), p. 152–158, 2019.

SOUZA JÚNIOR, Marinaldo Vilar et al. Mapas conceituais no ensino de física como estratégia de avaliação. **Scientia Plena**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2017

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e pesquisa**, v. 31, p. 443-466, 2005.

ANEXO A - TERMO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO

TERMO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO

Eu, Ana Cláudia Menezes, na qualidade de responsável pela instituição de ensino "Isenglish School" declaro que fui informada dos objetivos da pesquisa intitulada **"A impressão 3D e a aprendizagem significativa: um recurso facilitador para o ensino de Sistema Nervoso Humano"** a ser conduzida sob responsabilidade da pesquisadora GABRIELLY FREITAS FONSECA e sua orientadora SINAIDA MARIA VASCONCELOS, vinculadas ao Programa de Pós Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará (UEPA), autorizando a realização das atividades da referida pesquisa nesta instituição de ensino.

Ana Cláudia Menezes
DIRETORA

Ana Cláudia Menezes

Belém, 19 de agosto de 2023

ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ - CAMPUS VIII - MARABÁ - UEPA

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A IMPRESSÃO 3D E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UM RECURSO FACILITADOR PARA O ENSINO DE SISTEMA NERVOSO HUMANO

Pesquisador: GABRIELLY FREITAS FONSECA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 74508423.3.0000.8607

Instituição Proponente: Universidade do Estado do Pará - Campus VIII

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.581.806

Apresentação do Projeto:

Os modelos didáticos são representações tridimensionais usados como uma ferramenta de ensino com grande potencial para suprir a escassez de material anatômico relacionado ao conteúdo Sistema Nervoso Humano. Considerando o uso de modelos didáticos com uma alternativa educacional promissora a presente pesquisa tem como objetivo elaborar uma proposta didática a partir da construção e uso de modelos didáticos utilizando a tecnologia de impressão 3D para promover a aprendizagem significativa do conteúdo de Sistema Nervoso Humano para alunos do ensino fundamental. O estudo é de abordagem qualitativa, do tipo pesquisa ação e ocorrerá em uma escola particular (ISEnglish School) localizada no município de Belém – PA, com 15 alunos do 8º ano do ensino fundamental, após aprovação pelo CEP, TCUD, TALE e TCLE assinados. A pesquisa será fundamentada na utilização da Tecnologia de Impressão 3D e na Teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA; MANSINI, 1982). Sendo organizada em três etapas, com duração de cerca de 50min cada, sendo estas: a) diagnóstico dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos alunos (conhecimentos prévios); b) Aula dialogada com o uso de modelos didáticos em 3D; c) avaliação por meio da construção de mapas conceituais. Os dados gerados serão analisados conforme os critérios adaptados de adaptados de Mossi e Vinholi Júnior (2022) a partir dos
estudos de Trindade e Hartwig (2012), para a avaliação de mapas conceituais. Dessa forma,

ANEXO C – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você está sendo convidado a participar da pesquisa "Desvendando o Sistema Nervoso Humano: Promovendo a Aprendizagem Significativa no Ensino Fundamental através de Modelos Didáticos Impressos em 3D", sendo a pesquisadora responsável Gabrielly Freitas Fonseca, com contato (91) 98944-1835. O objetivo da presente pesquisa é elaborar modelos didáticos utilizando a impressão 3D para promover a aprendizagem significativa do conteúdo de Sistema Nervoso Humano para alunos do ensino fundamental.

Para isso, pretende-se investigar as concepções prévias e as dificuldades dos alunos acerca do conteúdo de Sistema Nervoso Humano, além de executar a proposta de ensino usando os modelos didáticos impressos em 3D com base nos percursos metodológicos da aprendizagem significativa e, por fim, analisar se os modelos didáticos promoveram a aprendizagem significativa dos alunos. Você participará da pesquisa somente se quiser, sendo este um direito seu. Não vindo a ter nenhum problema ou prejuízo caso você venha desistir.

A pesquisa será realizada na ISEnglish School, e terá como participantes adolescentes entre 13 e 14 anos. Estes participarão das etapas da proposta didática envolvendo a temática do "Sistema Nervoso Humano". Como instrumentos para coleta de dados, serão utilizados construção de mapas conceituais e demais registros escritos das atividades, além da observação das demais atividades em sala.

A pesquisa se desenvolverá por meio de uma intervenção, organizada em três etapas:

1ª etapa) Esta etapa será desenvolvida com o objetivo de compreender o conhecimento prévio dos alunos (subsunçores), visando aprimorar o conhecimento na estrutura cognitiva dos alunos. Para isso, a docente deverá solicitar a construção de mapas conceituais para posterior socialização, a fim de obter dados para embasar as etapas seguintes.

2ª etapa) Esta etapa será desenvolvida com base nos subsunçores analisados na etapa anterior. Para isso, será realizada uma aula dialogada partindo de questões problemas embasados em situações cotidianas e fundamentadas nos conhecimentos prévios apresentados pelos educandos. Será organizada em duas fases: apresentação do conteúdo utilizando os modelos didáticos em 3D associada a questões norteadoras; Mesa interativa, com exposição das peças e manipulação destas pelos alunos.

3ª etapa) Nesta etapa final, será observado e avaliado se houve aprendizagem significativa. Este processo se dará por meio de uma nova aplicação dos mapas conceituais após o uso dos modelos didáticos em 3D.

Os benefícios desta pesquisa se atem na expectativa de desenvolvimento de habilidades para a aprendizagem da temática e seus variados aspectos. No que se trata dos riscos oferecidos pela mesma, participar desta pesquisa não oferece riscos físicos ou psicológicos previsíveis. Em caso de desconforto ou qualquer incomodo pelo teor da pesquisa, você poderá solicitar sua exclusão e/ou interrupção no processo. As etapas do projeto são seguras, no entanto, em caso

de desconforto de qualquer espécie, você pode procurar a pesquisadora responsável através do telefone (91) 98944-1835 disposto no início deste termo, ou pelo E-mail: profgabriellybio@gmail.com. Em caso de demais dúvidas, recursos ou reclamações em relação ao presente estudo, você ainda poderá contatar a Secretaria da Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, localizada nas dependências do bloco IV, no térreo, sala 01 da UEPA Campus Marabá - Avenida Hiléia, s/nº – Agrópolis do Incra – Bairro 27 Amapá, por meio do Fone (94) 3312-2103 ou por e-mail: cepmaraba@uepa.br, nos dias de segunda-feira a sexta-feira no horário de 7:30h ás 13:30h. Sua participação na pesquisa é sigilosa e sua identidade não será revelada. Dessa forma, sua identidade será preservada e resguardada. Não disponibilizaremos a terceiros informações que você vier fornecer, com os resultados da pesquisa podendo ser publicados em artigos científicos, mas sem identificar os participantes.

Diante do exposto, Eu_____ aceito participar da pesquisa "Desvendando o Sistema Nervoso Humano: Promovendo a Aprendizagem Significativa no Ensino Fundamental através de Modelos Didáticos Impressos em 3D". Entendendo os possíveis aspectos positivos e negativos que podem vir a apresentar-se. E Entendendo que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir, tais atitudes não gerarão desconfortos para mim. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Belém, _____de _____, 2023.

gov.br
Documento assinado digitalmente
GABRIELLY FREITAS FONSECA
Data: 19/09/2023 16:04:18-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ Assinatura do menor

_____ Assinatura do pesquisador responsável

ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

❖ TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Responsável legal pelo menor de idade)

PROJETO: "Desvendando o Sistema Nervoso Humano: Promovendo a Aprendizagem Significativa no Ensino Fundamental através de Modelos Didáticos Impressos em 3D".

Seu/Sua filho/a está sendo convidado a participar do presente estudo. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos realizando, por isso, leia atentamente. Caso tenha dúvidas, teremos prazer em esclarecê-las. Se concordar, o documento será assinado e só então daremos início ao estudo. Sua colaboração será muito importante para nós. Mas, em caso de desistência, isto não causará nenhum prejuízo, nem a você, nem a seu/sua filho/a.

A seguir estão descritos alguns critérios adotados para participação e exclusão neste estudo:

❖ CRITÉRIOS DE INCLUSÃO PARA A PESQUISA

Serão incluídos nesta pesquisa todos os alunos devidamente matriculados no 8º ano do ensino fundamental, na instituição de ensino privada, onde ocorrerá a pesquisa, que juntamente aos seus responsáveis legais, assinaram os termos que garantem a sua participação no estudo bem como o sigilo de suas informações.

❖ CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO PARA A PESQUISA

Serão excluídos desta pesquisa, os alunos que não estão matriculados no 8º ano do ensino fundamental, na instituição de ensino privada, onde ocorrerá a pesquisa, que juntamente aos seus responsáveis legais, não autorizaram ou não apresentarem os documentos que garantem a participação no estudo nem assinaram os termos que garantem o sigilo de suas informações.

Para a pesquisa, será elaborada uma proposta didática com etapas envolvendo a produção de mapas conceituais, aulas dialogadas e uso de modelos didáticos em 3D. Ressaltamos que você ou seu/sua filho/a não receberão nada para participar deste estudo. A participação neste estudo não tem objetivo de tratamento e será sem custo algum para você

A proposta se organizará em três etapas, tais quais:

1ª etapa) Esta etapa será desenvolvida com o objetivo de compreender o conhecimento prévio dos alunos (subsunçores), visando aprimorar o conhecimento na estrutura cognitiva dos alunos. Para isso, a docente deverá solicitar a construção de mapas conceituais para posterior socialização, a fim de obter dados para embasar as etapas seguintes.

2ª etapa) Esta etapa será desenvolvida com base nos subsunçores analisados na etapa anterior. Para isso, será realizada uma aula dialogada partindo de questões problemas embasada em situações cotidianas e fundamentadas nos conhecimentos prévios apresentados pelos educandos. Será organizada em duas fases: apresentação do conteúdo utilizando os modelos didáticos em 3D associada a questões norteadoras; Mesa interativa, com exposição das peças e manipulação destas pelos alunos.

3ª etapa) Nesta etapa final, será observado e avaliado se houve aprendizagem significativa. Este processo se dará por meio de uma nova aplicação dos mapas conceituais após o uso dos modelos didáticos em 3D.

Os benefícios desta pesquisa se atem na expectativa de desenvolvimento de habilidades para a aprendizagem da temática e seus variados aspectos. No que se trata dos riscos oferecidos pela mesma, esta não oferece riscos físicos ou psicológicos previsíveis. Em caso de desconforto ou qualquer incomodo pelo teor da pesquisa, você poderá solicitar sua exclusão e/ou interrupção no processo.

Em caso de danos diretamente decorrentes da pesquisa, o (a) participante receberá assistência integral e imediata, de forma gratuita, pelo tempo que for necessário e avaliado por profissional competente. Ainda, caso seja necessário, o participante poderá requerer indenização por eventuais danos decorrentes da participação no estudo. Você tem a liberdade de desistir ou interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de dar qualquer explicação, Dessa forma, a desistência não lhe causará nenhum prejuízo, nem a seu/sua filho (a).

Todas as informações deste estudo são confidenciais. Seu nome e de seu filho (a) ou qualquer dado que possam identificá-los não serão publicados na divulgação dos resultados. Pessoas que não fazem parte da equipe da pesquisa, não poderão ter acesso aos seus registros. Sendo o acesso restrito somente aos pesquisadores envolvidos. Também haverá retenção de dados para estudos futuros. As normas brasileiras que o protegem serão respeitadas.

As etapas do projeto são seguras, no entanto, em caso de desconforto de qualquer espécie, você pode procurar a pesquisadora responsável através do telefone (91) 98944-1835 disposto no inicio deste termo, ou pelo E-mail: profgabriellybio@gmail.com. Em caso de

demais dúvidas, recursos ou reclamações em relação ao presente estudo, você ainda poderá contatar a Secretaria da Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, localizada nas dependências do bloco IV, no térreo, sala 01 da Universidade do Estado do Pará, Campus Marabá - Avenida Hiléia, s/nº – Agrópolis do Incra – Bairro Amapá, por meio do Fone (94) 3312-2103 ou por e-mail: cepmaraba@uepa.br, nos dias de segunda-feira a sexta-feira no horário de 7:30h ás 13:30h.

Diante do exposto,

Eu_____,
portador (a) do RG _____, concordo de livre e espontânea vontade que meu filho/minha filha _____
nascido/a em ____/ _____/_____, seja participante do estudo "A impressão 3D e a Aprendizagem Significativa: um recurso facilitador para o ensino de Sistema Nervoso Humano". Declaro que obtive todas as informações necessárias e que todas as minhas dúvidas foram esclarecidas. Este convite está de acordo com a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012.

Belém, __de _____, 2023.

gov.br Documento assinado digitalmente
GABRIELLY FREITAS FONSECA
Data: 19/09/2023 16:58:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ _____

Assinatura do responsável Assinatura do pesquisador responsável

ANEXO E - TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO E MANUSEIO DE DADOS

TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO E MANUSEIO DE DADOS (TCUD)

Nós, Gabrielly Freitas Fonseca e Sinaida Maria Vasconcelos, vinculados a Universidade do Estado do Pará, pesquisadores do projeto de pesquisa intitulado "A impressão 3D e a Aprendizagem Significativa: um recurso facilitador para o ensino de Sistema Nervoso Humano" declaramos, para os devidos fins, conhecer e cumprir as Resoluções Éticas Brasileiras, em especial a Resolução no 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Comprometemo-nos com a utilização das informações contidas nos instrumentos de coleta de dados (construção de mapas conceituais) da Escola ISEnglish School que serão manuseados somente após receber a aprovação do sistema CEP-CONEP e da instituição detentora.

Comprometemo-nos a manter a confidencialidade e sigilo dos dados contidos nos questionários e registros em áudio, bem como a privacidade de seus conteúdos, mantendo a integridade moral e a privacidade dos indivíduos que terão suas informações acessadas. Não repassaremos os dados coletados ou o banco de dados em sua íntegra, ou parte dele, a pessoas não envolvidas na equipe da pesquisa.

Também nos comprometemos com a guarda, cuidado e utilização das informações apenas para cumprimento dos objetivos previstos nesta pesquisa aqui referida. Qualquer outra pesquisa, em que necessitamos coletar informações, será submetida para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa. Os dados obtidos no decorrer da pesquisa serão guardados de forma sigilosa, segura, confidencial e privada, por 5 (cinco) anos, e depois serão destruídos.

Ao publicar os resultados da pesquisa, manteremos o anonimato das pessoas cujos dados foram pesquisados, bem como o anonimato da Escola ISEnglish School.

Belém, 19 de setembro de 2023.

gov.br Documento assinado digitalmente
SINAIDA MARIA VASCONCELOS
Data: 18/09/2023 11:57:45-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Sinaida Maria Vasconcelos

gov.br Documento assinado digitalmente
GABRIELLY FREITAS FONSECA
Data: 19/09/2023 16:04:18-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Gabrielly Freitas Fonseca

ANEXO F – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DO PESQUISADOR A

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ/CAMPUS VIII
COMITÉ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS- CEP MARABÁ
Declaração de Compromisso do Pesquisador A

Eu, Gabrielly Freitas Fonseca, portadora do RG 7748655 e CPF 038.602.582-73 pesquisadora responsável do projeto de pesquisa intitulado "Desvendando o Sistema Nervoso Humano: Promovendo a Aprendizagem Significativa no Ensino Fundamental através de Modelos Didáticos Impressos em 3D" comprometo-me a utilizar todos os dados coletados, unicamente, para o projeto acima mencionado, bem como:

● Garantir que a pesquisa somente será iniciada após a avaliação e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado do Pará, Campus VIII/Marabá, respeitando assim, os preceitos éticos e legais exigidos pelas Resoluções vigentes, em especial a 466/12 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde;
● Desenvolver o projeto de pesquisa conforme delineado;
● Apresentar dados solicitados pelo CEP-Marabá ou pela CONEP a qualquer momento;
● Preservar o sigilo e a privacidade dos participantes cujos dados serão coletados e estudados;
● Assegurar que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para a execução do projeto de pesquisa em questão;
● Assegurar que os resultados da pesquisa somente serão divulgados de forma anônima;
● Encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto;
● Justificar fundamentadamente, perante o CEP-Marabá ou a CONEP, a interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados;
● Elaborar e apresentar os relatórios parciais e final ao CEP-Marabá;
● Manter os dados da pesquisa em arquivo, físico e digital, sob minha guarda e responsabilidade, por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

Belém, 19 de setembro de 2023.

gov.br Documento assinado digitalmente
GABRIELLY FREITAS FONSECA
Data: 19/09/2023 16:55:17-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL

ANEXO G – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DO PESQUISADOR B

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ/CAMPUS VIII
COMITÉ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS- CEP MARABÁ
Declaração de Compromisso do Pesquisador B

Eu, Sinaida Maria Vasconcelos, portadora do RG 2857864 e CPF 247.415.232-68 pesquisadora responsável do projeto de pesquisa intitulado "Desvendando o Sistema Nervoso Humano: Promovendo a Aprendizagem Significativa no Ensino Fundamental através de Modelos Didáticos Impressos em 3D" comprometo-me a utilizar todos os dados coletados, unicamente, para o projeto acima mencionado, bem como:

● Garantir que a pesquisa somente será iniciada após a avaliação e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado do Pará, Campus VIII/Marabá, respeitando assim, os preceitos éticos e legais exigidos pelas Resoluções vigentes, em especial a 466/12 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde;
● Desenvolver o projeto de pesquisa conforme delineado;
● Apresentar dados solicitados pelo CEP-Marabá ou pela CONEP a qualquer momento;
● Preservar o sigilo e a privacidade dos participantes cujos dados serão coletados e estudados;
● Assegurar que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para a execução do projeto de pesquisa em questão;
● Assegurar que os resultados da pesquisa somente serão divulgados de forma anônima;
● Encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto;
● Justificar fundamentadamente, perante o CEP-Marabá ou a CONEP, a interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados;
● Elaborar e apresentar os relatórios parciais e final ao CEP-Marabá;
● Manter os dados da pesquisa em arquivo, físico e digital, sob minha guarda e responsabilidade, por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

Belém, 19 de setembro de 2023.

gov.br Documento assinado digitalmente
SINAIDA MARIA VASCONCELOS
Data: 18/09/2023 11:57:45-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL

ANEXO H – CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS

Categorias	Descrição dos critérios sob a forma de questão(ões)-foco
1- Hierarquização	Há uma ordenação sucessiva dos conceitos? Demonstrou-se boa hierarquização dos conceitos, representada por pelo menos 03 níveis hierárquicos? O mapa é em forma de árvore (dendrítico), em vez de alinhado (linear)?
2- Diferenciação progressiva	É possível distinguir os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados? É possível identificar, com clareza, os conceitos mais gerais e os mais específicos? Há uma diferenciação conceitual progressiva que mostra o grau de subordinação entre os conceitos? O conceito superordenado é o mais vasto, amplo e abrangente?
3- Reconciliação integrativa (criatividade)	Há uma recombinação, ou seja, um rearranjo dos conceitos? Há relações cruzadas ou transversais entre conceitos pertencentes a diferentes partes do mapa?

Fonte: Adaptado de Mossi e Vinholi Júnior (2022)

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE

Eixo de investigação: Possíveis lacunas e dificuldades de aprendizagem, possíveis potencialidades no processo de ensino e aprendizagem.

Característica da OP: Estruturada; participante.

Local: Escola ISEnglish School

ESPAÇO A SER OBSERVADO:

- Sala de aula – local no qual os estudantes e educador desenvolvem suas atividades escolares.

ORIENTAÇÕES PARA A OBSERVAÇÃO:

- Horário: pelo turno da tarde para as aulas de Ciências;
- Ao chegar ao local, solicitar lista de frequência dos alunos, para verificar quais alunos estão presentes e os faltosos;
- Anotar as observações sobre aspectos relevantes do contexto escolar;

REALIZAÇÃO DA OBSERVAÇÃO

- Observar o ambiente (descrever o espaço físico, localização e outras questões importantes);
- Observar alterações no ambiente e suas relações no comportamento dos estudantes;
- Observar os participantes da pesquisa, levando em consideração a relação professor - alunos, aluno – aluno, aluno – professor.
- Observar as linguagens não verbais (expressão facial e aspectos comportamentais).
- Observar as considerações dos alunos em relação ao conteúdo trabalhado;
- Observar o interesse e motivação dos alunos pelas aulas;
- Observar o comprometimento dos alunos com sua própria aprendizagem.
- Anotar eventos especiais que ocorrem

FINALIZAÇÃO DA OBSERVAÇÃO

Ao notar que os fatos cotidianos do espaço escolar começam a se repetir e que já possui elementos suficientes para a próxima etapa da pesquisa. Isto é, a saturação dos dados da coleta da pesquisa e a inexistência de fatos novos e agregadores para a temática pesquisada.

APÊNDICE B – ROTEIRO PARA ATIVIDADE DE PRODUÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS

Turma: 8º ano **Componente Curricular**: Ciências **Conteúdo:** Sistema Nervoso Humano	**ATIVIDADE SOBRE PRODUÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS**

Roteiro de Orientação para Construção de Mapas Conceituais sobre Sistema Nervoso Humano

Olá, queridos alunos! Vamos aprender juntos como construir um mapa conceitual sobre o Sistema Nervoso Humano. Isso vai nos ajudar a entender melhor como o nosso corpo funciona. Vamos lá!

Um mapa conceitual é uma representação ou esquema gráfico que apresenta e organiza visualmente as relações entre conceitos e ideias. Ou seja, é uma forma de mapear informações. O cérebro processa imagens 60.000 vezes mais rápido do que processa texto. Dessa forma, o mapeamento de conceitos pode ajudar você a visualizar as relações entre vários conceitos e testar sua compreensão de assuntos complexos.

A seguir algumas dicas para você produzir seu mapa conceitual:

Passo 1: Escolha do Tópico
- Apresente a forma de organização e divisão do Sistema Nervoso Humano, destacando suas principais estruturas e funções.

Passo 2: Identificação de Conceitos-Chave
- Pense nos conceitos mais importantes relacionados ao seu tópico. São como palavras-chave que vão representar as ideias principais.

Passo 3: Desenhe um Centro
- No centro do seu papel, desenhe um círculo ou quadrado e escreva o nome do seu tópico. Isso será o ponto central do seu mapa.

Passo 4: Hierarquia e Organização
- Pense na ordem das coisas. Se você está falando sobre o cérebro, por exemplo, o que está mais perto do centro? O córtex cerebral? Anote essas ideias em torno do centro, conectando com linhas.

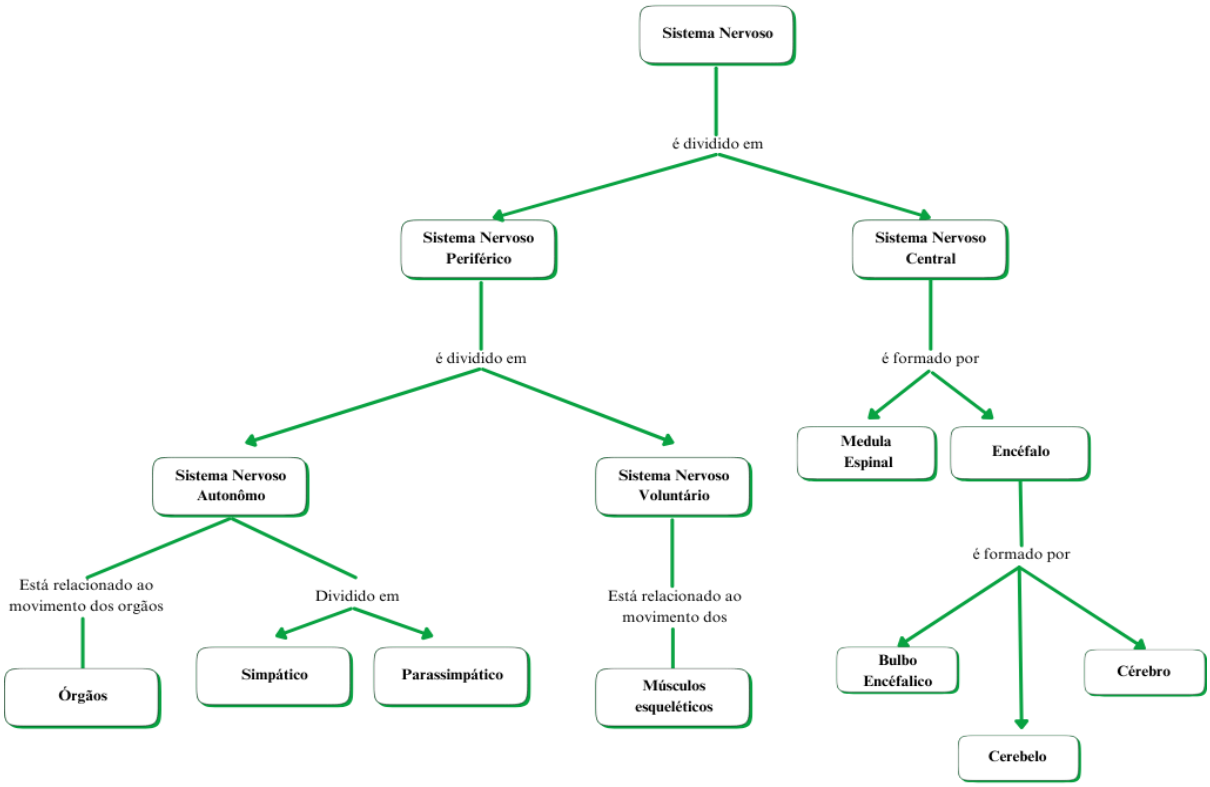
Passo 5: Ligações e Relações
- Conecte os conceitos usando setas ou linhas. Mostre como eles se relacionam. Se um conceito depende do outro, desenhe uma seta para indicar essa relação.

Passo 6: Cores e Destaques
- Use cores para tornar o seu mapa mais bonito e fácil de entender. Destaque palavras importantes e conceitos com cores diferentes.

Passo 7: Revisão e Refinamento

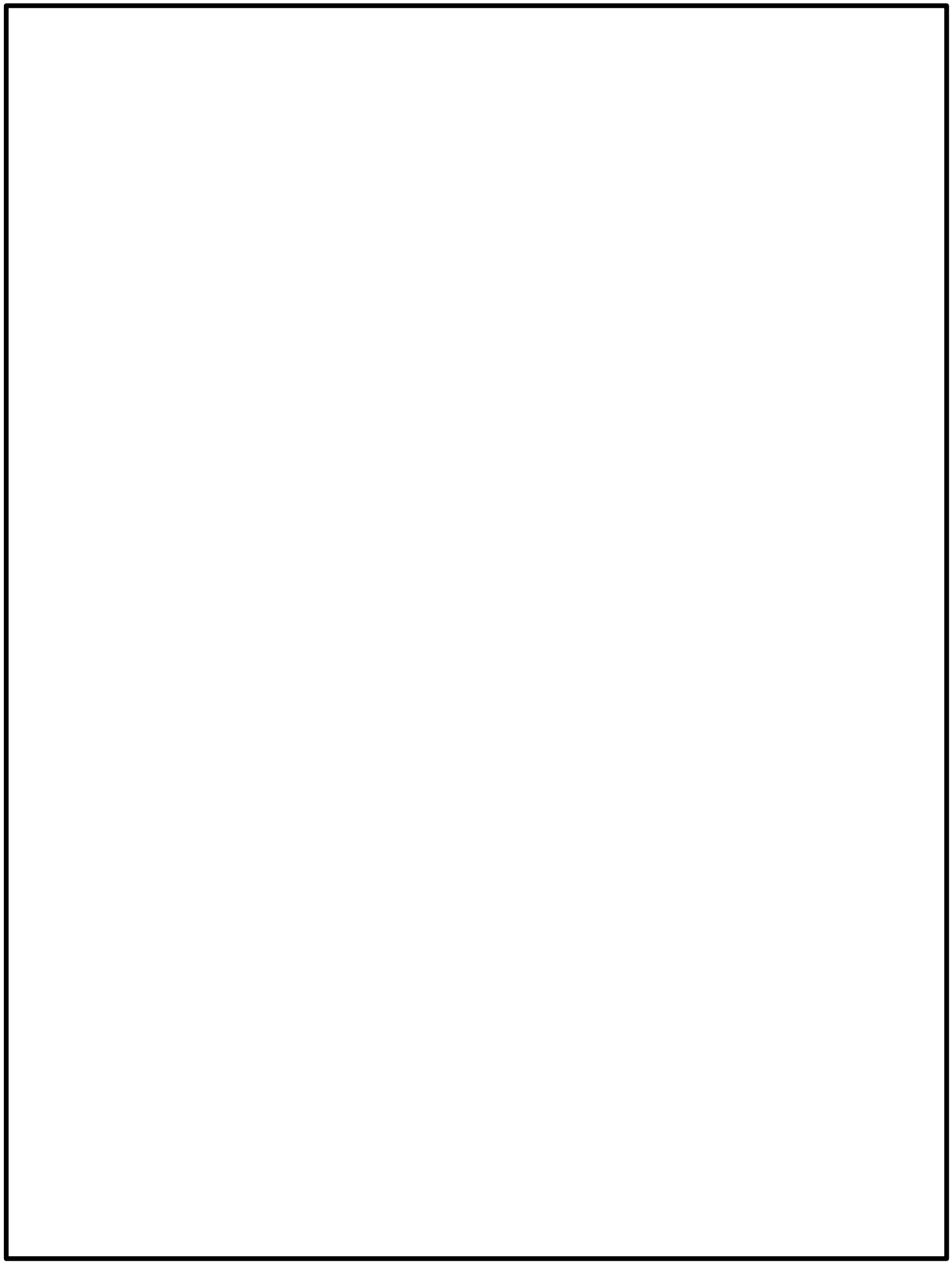
- Dê uma olhada no seu mapa. Ele faz sentido? Você esqueceu de algo? Faça ajustes para garantir que tudo esteja organizado e claro.

Abaixo estar apresentado um exemplo de Mapa Conceitual, observe-o:



MAPA CONCEITUAL – SISTEMA NERVOSO HUMANO

De acordo com o que você sabe sobre Sistema Nervoso Humano, produza um Mapa Conceitual que apresente as principais informações sobre este Sistema Humano.



APÊNDICE C – ROTEIRO PARA ATIVIDADE DE PRODUÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS APÓS O USO DAS PEÇAS IMPRESSAS EM 3D

Turma: 8º ano **Componente Curricular**: Ciências **Conteúdo:** Sistema Nervoso Humano	**ATIVIDADE SOBRE PRODUÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS**

Roteiro de Orientação para Construção de Mapas Conceituais sobre Sistema Nervoso Humano

Olá, queridos alunos! Vamos retomar as orientações anteriores e acrescentar novos conceitos após o uso dos modelos didáticos impressos em 3D.

Passo 1: Escolha do Tópico
- Apresente a forma de organização e divisão do Sistema Nervoso Humano, destacando suas principais estruturas e funções.

Passo 2: Identificação de Conceitos-Chave
- Pense nos conceitos mais importantes relacionados ao seu tópico. São como palavras-chave que vão representar as ideias principais.

Passo 3: Desenhe um Centro
- No centro do seu papel, desenhe um círculo ou quadrado e escreva o nome do seu tópico. Isso será o ponto central do seu mapa.

Passo 4: Hierarquia e Organização
- Pense na ordem das coisas. Se você está falando sobre o cérebro, por exemplo, o que está mais perto do centro? O córtex cerebral? Anote essas ideias em torno do centro, conectando com linhas.

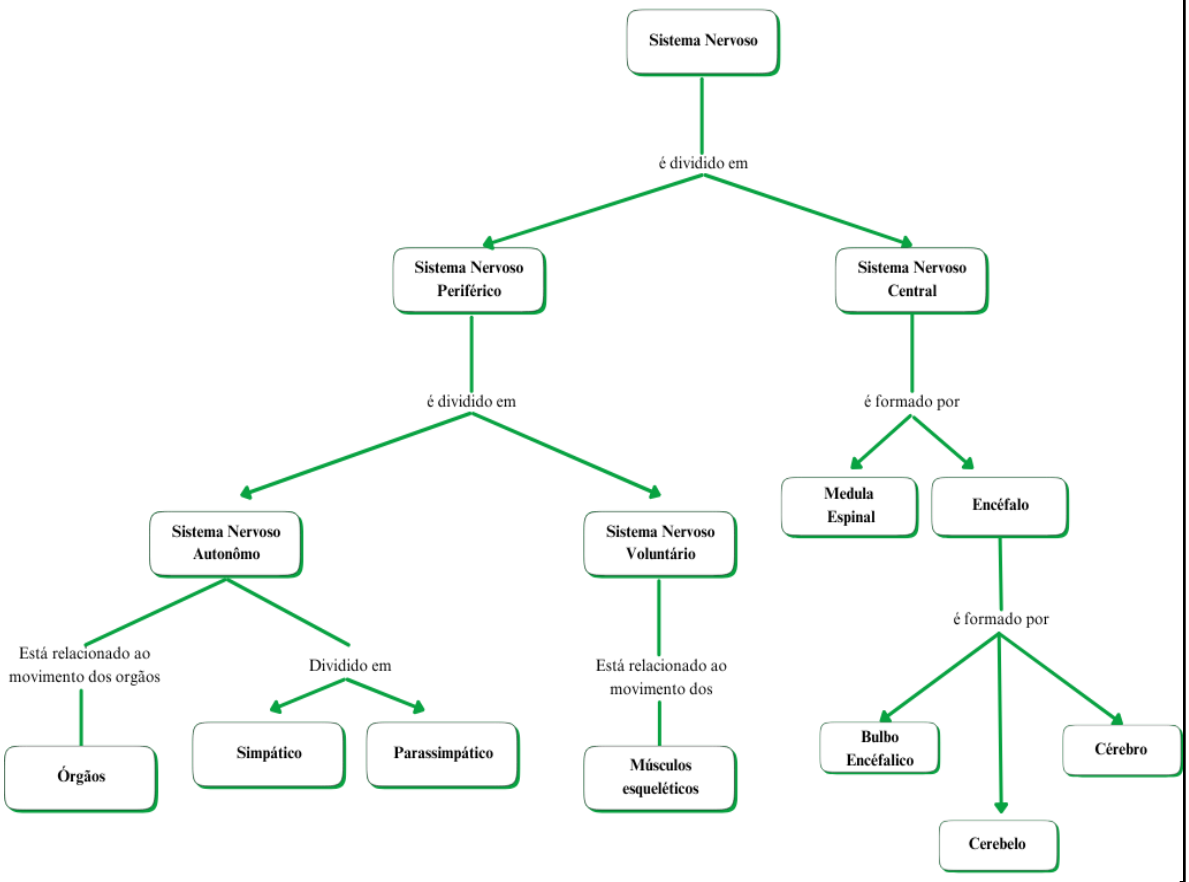
Passo 5: Ligações e Relações
- Conecte os conceitos usando setas ou linhas. Mostre como eles se relacionam. Se um conceito depende do outro, desenhe uma seta para indicar essa relação.

Passo 6: Cores e Destaques
- Use cores para tornar o seu mapa mais bonito e fácil de entender. Destaque palavras importantes e conceitos com cores diferentes.

Passo 7: Revisão e Refinamento
- Dê uma olhada no seu mapa. Ele faz sentido? Você esqueceu de algo? Faça ajustes para garantir que tudo esteja organizado e claro.

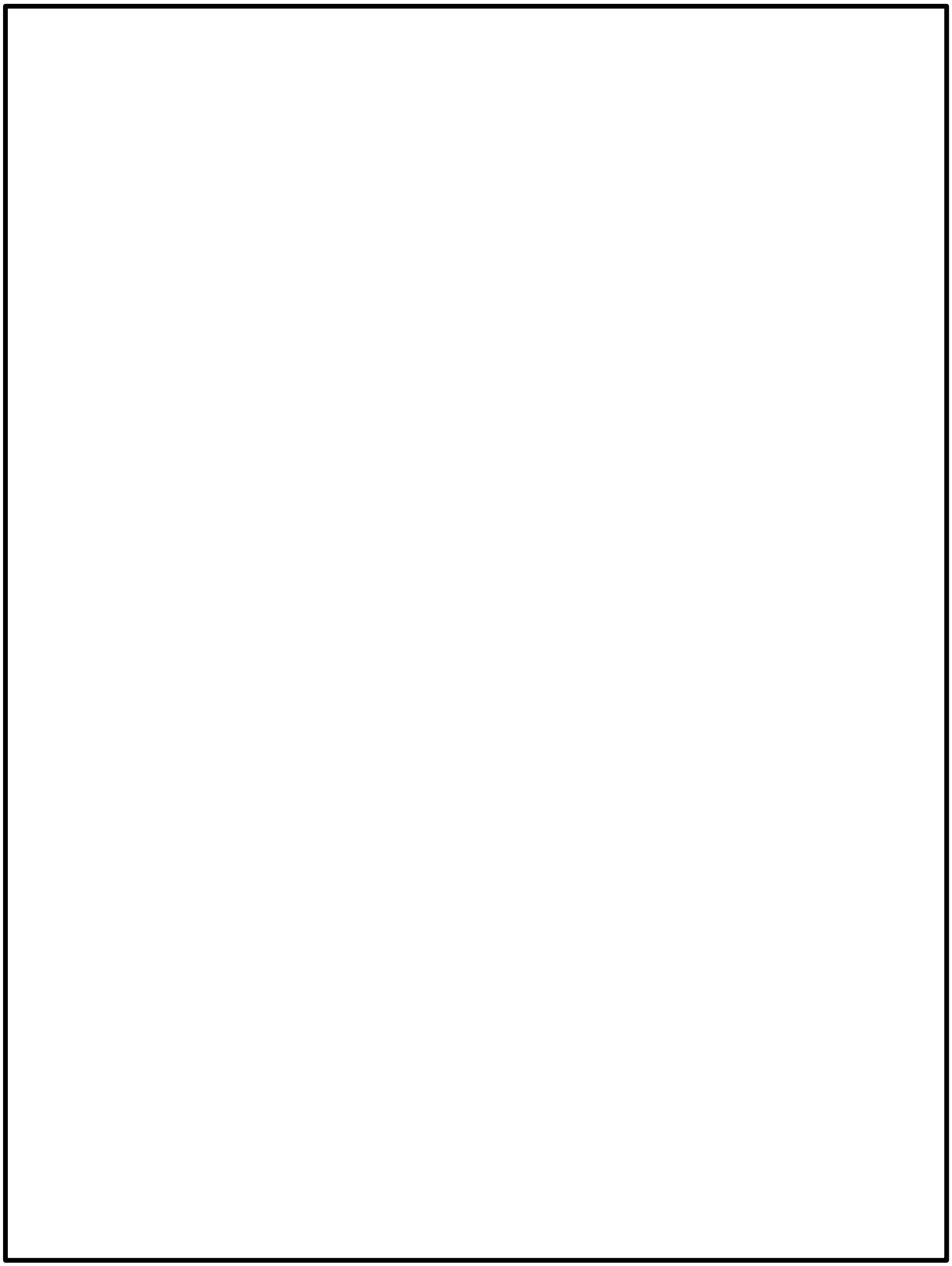
Passo 8: Atualização Periódica
Conforme o que você aprendeu após a utilização das peças impressas em 3D, elabore um novo mapa conceitual sobre o Sistema Nervoso Humano, atualizando seu mapa. Acrescente novos conceitos e conexões que você descobriu

Abaixo estar apresentado um exemplo de Mapa Conceitual, observe-o:



MAPA CONCEITUAL – SISTEMA NERVOSO HUMANO

De acordo com o que você sabe sobre Sistema Nervoso Humano, produza um Mapa Conceitual que apresente as principais informações sobre este Sistema Humano.



APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL



Link de acesso ao PE:

https://drive.google.com/drive/folders/1Hxd52QMkwZdNYCvAcRCZH2ZmUgdF8_fc