GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGECM

ELIZABETE LIMA DOS SANTOS ARAGÃO

O ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE SISTEMA NERVOSO E APRENDIZAGEM NAS LICENCIATURAS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRO

BARRA DO BUGRES – MT
2023

ELIZABETE LIMA DOS SANTOS ARAGÃO

O ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE SISTEMA NERVOSO E APRENDIZAGEM NAS LICENCIATURAS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) – Campus Barra do Bugres, como requisito acadêmico para obtenção do título de Mestra em Ensino de Ciências e Matemática.

ORIENTADOR**:** Prof. Dr. Kilwangy Kya Kapitango-a-Samba.

LINHA DE PESQUISA: Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores em Ciências e Matemática.

BARRA DO BUGRES – MT
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

ARAGÃO, Elizabete Lima dos Santos.
A659o O Estudo da Relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem nas Licenciaturas em Ciências Biológicas das Instituições Federais de Ensino Superior Brasileiro / Elizabete Lima dos Santos Aragão – Barra do Bugres, 2023.
83 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Câmpus de Barra do Bugres, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2023.
Orientador: Kilwangy Kya Kapitango-a-Samba.

1. Aprendizagem Profissional Docente. 2. Ciências da Aprendizagem. 3. Ensino-Aprendizagem. 4. Formação de Professores de Biologia. 5. Neurociência da Aprendizagem. I. Elizabete Lima dos Santos Aragão. II. O Estudo da Relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem nas Licenciaturas em Ciências Biológicas das Instituições Federais de Ensino Superior Brasileiro: .

CDU 377

Governo do Estado de Mato Grosso
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO

ELIZABETE LIMA DOS SANTOS ARAGÃO

O ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE SISTEMA NERVOSO E APREDIZAGEM NAS LICENCIATURAS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM - da Universidade do Estado de Mato Grosso CARLOS ALBERTO REYES MALDONADO, *Câmpus* Univ. Dep. Est. "Renê Barbour" – Barra do Bugres - MT, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em: 06 de abril de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Kilwangy Kya Kapitango-a-Samba (PPGECM/UNEMAT)
Orientador

Prof. Dr. José Wilson Pires Carvalho (PPGECM/UNEMAT)
Examinador Interno

gov.br Documento assinado digitalmente
EDNA LOPES HARDOIM
Data: 13/04/2023 20:38:35-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Drª. Edna Lopes Hardoim (UFMT)
Examinadora Externa

UNEMATDIC202321866

Assinado com senha por KILWANGY KYA KAPITANGO A SAMBA - PROFESSOR UNEMAT LC 534/2014 / BBG-FACET - 14/04/2023 às 08:05:35 e JOSE WILSON PIRES CARVALHO - PROFESSOR UNEMAT LC 534/2014 / BBG-FAE - 14/04/2023 às 08:21:42.
Documento Nº: 8164701-6210 - consulta à autenticidade em
https://www.sigadoc.mt.gov.br/sigaex/public/app/autenticar?n=8164701-6210

SIGA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu irmão Denilton (*in memoriam*) e ao meu sobrinho Gabriel *(in memoriam*), com todo amor e gratidão. Vocês inspiram-me a buscar uma existência com mais sentido a cada dia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre ouvir minhas orações, por conceder-me força e sabedoria diante das dificuldades.

Ao meu Orientador Dr. Kapitango Kilwangy Kya Kapitango-a-Samba pelo acolhimento, confiança e paciência. Obrigada pela dedicação na orientação, obrigada por compartilhar do conhecimento e por sempre acreditar em minha capacidade.

À professora de graduação, Deise Maria Furtado de Mendonça Martins, pela qual tenho muito carinho e gratidão, que através de seu ensino e orientação despertou em mim a paixão em estudar o sistema nervoso. Se cheguei até aqui, você foi o ombro de apoio.

Ao meu esposo, Álef Michael, que mesmo com a minha ausência em momentos especiais, entendeu-me e apoiou-me de forma incondicional. Agradeço por todas as orações e cuidado durante essa trajetória. Você fez essa caminhada tornar-se mais leve. Muito obrigada!

Às minhas "irmãs científicas" Iraci e Tayane, gratidão por todo amparo e momentos compartilhados, por terem provocado o meu riso nos momentos de tristeza. Obrigada pelo constante incentivo. Aprendi muito com vocês.

Aos professores da banca Prof. Dr. José Wilson Pires Carvalho e Profa. Dra. Edna Lopes Hardoim, pela disponibilidade e por aceitarem o convite. Obrigada pelas contribuições.

A todos os professores, por terem dedicado tempo de suas vidas ao ensino.

Ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Matemática (PPGECM), pela rica oportunidade de estudo e crescimento profissional.

À Universidade Federal do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), que viabilizou a oportunidade da pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela promoção da pós-graduação.

Aos que de alguma forma contribuíram com esse trabalho, muito obrigada!

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

“Peça a Deus que abençoe seus planos, e eles darão certo.”

Provérbios 16:3

RESUMO

O estudo da relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem na formação de professores de Biologia constitui-se uma necessidade para a prática docente, tendo em vista que o professor é o mediador da aprendizagem em sala de aula e, portanto, a compreensão dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem é imprescindível para o seu exercício profissional. Assim, nosso objetivo consistiu em analisar os Projetos Pedagógicos de Cursos (PPC) das licenciaturas em Ciências Biológicas/Biologia, das Universidades e Institutos Federais do Brasil, para identificação de como os estudos da relação entre o Sistema Nervoso e a Aprendizagem estão inclusos e configurados nos seus componentes curriculares, bem como, a apresentação de uma proposta inclusiva de componentes curriculares referentes ao estudo da relação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem. Buscamos responder o seguinte problema de pesquisa: Como os estudos da relação entre o Sistema Nervoso e a Aprendizagem estão inclusos e configurados nos currículos das licenciaturas em Ciências Biológicas das Universidades e Institutos Federais Brasileiros, e, quais as potencialidades dos estudos neurocientíficos da aprendizagem na formação inicial de professoras/es de Biologia? Para atingir os objetivos propostos, adotamos como métodos do paradigma qualitativo a Pesquisa Bibliográfica com Revisão Sistemática da Literatura e, Análise Documental, cujas fontes foram os Projetos Pedagógicos de Cursos, sendo o *corpus* da pesquisa constituído por 165 ementas (componentes curriculares) resultantes de 134 PPC e 03 Matrizes Curriculares, de que foram extraídos 08 PPC, 03 Matrizes Curriculares e 12 ementas (disciplinas). Para a análise dos dados, utilizamos à Análise de Conteúdo, tendo sido constituídas duas categorias de análise: (I) Neurociência da Aprendizagem e (II) Transtornos e Dificuldades de Aprendizagem e Intervenção Pedagógica. Os resultados nos permitiram constatar que, das 165 ementas, apenas em 12 identificamos a inclusão de estudos da relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem, porém, destas 12 ementas, apenas 01 é componente curricular obrigatório. Assim, podemos concluir que os estudos da relação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem estão tímida e insuficientemente inclusos e configurados como não-obrigatórios nos currículos das licenciaturas em Ciências Biológicas, das Instituições Federais de Ensino Superior Públicas analisadas. A insuficiência na inclusão e configuração curricular constituem um fator preocupante, tendo em vista que, diminui as chances dos licenciandos desenvolverem conhecimentos neurocientíficos que lhes permitissem a compreensão dos fatores neurobiológicos da aprendizagem humana, considerando a importância de tal conhecimento na prática pedagógica, para lidar com indivíduos em desenvolvimento. Aqui estão as potencialidades dos estudos neurocientíficos da aprendizagem na formação inicial de professoras/es de Biologia. Defendemos que é necessário que haja uma reformulação curricular nas licenciaturas para construção sólida de conhecimentos sobre as bases neurobiológicas da aprendizagem. Assim, devido a insuficiência constatada, propomos a inclusão de dois componentes curriculares neurocientíficos, a saber: Neurociência da Aprendizagem I e II.

Palavras-chave: Aprendizagem Profissional Docente; Ciências da Aprendizagem; Ensino-Aprendizagem; Formação de Professores de Biologia; Neurociência da Aprendizagem.

ABSTRACT

The study of the relationship between the Nervous System and Learning in the training of Biology teachers is a necessity for teaching practice, considering that the teacher is the mediator of learning in the classroom and, therefore, the understanding of the cognitive processes involved in learning is essential for their professional practice. Thus, our objective was to analyze the Pedagogical Projects of Courses (PPC) of the degrees in Biological Sciences/Biology, from Universities and Federal Institutes of Brazil, to identify how studies of the relationship between the Nervous System and Learning are included and configured in its curricular components, as well as the presentation of an inclusive proposal of curricular components referring to the study of the relationship between the Nervous System and Learning. We seek to answer the following research problem: How studies of the relationship between the Nervous System and Learning are included and configured in the curricula of degrees in Biological Sciences at Brazilian Universities and Federal Institutes, and what are the potentialities of neuroscientific studies of learning in training of Biology teachers? To achieve the proposed objectives, we adopted as methods of the qualitative paradigm the Bibliographic Research with Systematic Literature Review and Document Analysis, whose sources were the Pedagogical Projects of Courses, being the corpus of the research constituted by 165 menus (curricular components) resulting from 134 PPC and 03 Curriculum Matrices, from which 08 PPC, 03 Curriculum Matrices and 12 syllabuses (disciplines) were extracted. For data analysis, we used Content Analysis, having built two categories of analysis: (I) Learning Neuroscience and (II) Learning Disorders and Difficulties and Pedagogical Intervention. The results allowed us to verify that, of the 165 menus, only 12 identified the inclusion of studies on the relationship between the Nervous System and Learning, however, of these 12 menus, only 01 is a mandatory curricular component. Thus, we can conclude that studies of the relationship between the Nervous System and Learning are timidly and insufficiently included and configured as non-mandatory in the curricula of the degrees in Biological Sciences, of the Federal Institutions of Public Higher Education analyzed. The insufficiency of inclusion and curricular configuration is a worrying factor, considering that it reduces the chances of undergraduate students to develop neuroscientific knowledge that would allow them to understand the neurobiological factors of human learning, considering the importance of such knowledge in pedagogical practice, to deal with developing individuals. Here are the potentialities of neuroscientific studies of learning in the initial training of Biology teachers. We argue that it is necessary to have a curricular reformulation in undergraduate courses for the solid construction of knowledge about the neurobiological bases of learning. Thus, due to the insufficiency found, we propose the inclusion of two neuroscientific curricular components, namely: Neuroscience of Learning I and II.

Keywords: Teaching Professional Learning; Learning Sciences; Teaching-Learning; Formation of Biology Teachers; Neuroscience of Learning.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descritores de busca utilizados em cada base de dados.....21
Quadro 2 - Descrição das ementas que relacionam Sistema Nervoso e Aprendizagem 26
Quadro 3 - Ano de publicação dos PPC, das Matrizes Curriculares e Quantidade de ementas.....28
Quadro 4 - Constituição das Unidades de Registro das ementas.....30
Quadro 5 - Unidades de Registro Alinhadas e sua frequência nas ementas.....35
Quadro 6 - Unidades de Registro Alinhadas.....37
Quadro 7 - Articulação das Unidades de Registro em Eixos Temáticos.....38
Quadro 8 - Eixos Temáticos.....39
Quadro 9 - Constituição das Categorias de Análise a partir dos Eixos Temáticos.....40
Quadro 10 - Trabalhos inclusos e analisados integralmente.....52
Quadro 11 - Proposta de Componentes Curriculares.....72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de ementas por IFES (UFS e IFS).....25
Tabela 2 - Procedimentos de Categorização.....29
Tabela 3 - Síntese das pesquisas identificadas relacionadas à questão de investigação..51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDTD: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

DSM-V: Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais

IFES: Instituições Federais de Ensino Superior

IFPA: Instituto Federal do Pará

IFSUL: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense

LABNEURO: Laboratório de Neurobiologia das Doenças Degenerativas do Sistema Nervoso

OCDE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PPGECM: Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências e Matemática

PPC: Projetos Pedagógicos de Cursos

RSL: Revisão Sistemática da Literatura

SciELO: Scientific Electronic Library Online

TDAH: Transtornos do Déficit de Atenção e Hiperatividade

UFABC: Universidade Federal do ABC

UFCA: Universidade Federal do Cariri

UFMS: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

UTFPR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

UFPR: Universidade Federal do Paraná

UFS: Universidade Federal de Sergipe

UFRB: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

UFRPE: Universidade Federal Rural de Pernambuco

UFT: Universidade Federal do Tocantins

SUMÁRIO

TRAJETÓRIA ACADÊMICA E MOTIVAÇÕES PARA A PESQUISA 14
INTRODUÇÃO 15
1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E REFERENCIAL CONCEITUAL..... 19
1.1 Procedimentos Metodológicos..... 19
1.1.1 Protocolo da Revisão Sistemática da Literatura 20
1.2.1 Categorização 29
1.2.2 Constituição das Unidades de Registro 30
1.2.3 Articulação das Unidades de Registro em Eixos Temáticos 38
1.2.4 Articulação dos Eixos Temáticos em Categorias de Análise 39
1.3 Referencial Conceitual..... 40
1.3.1 Sistema Nervoso e Aprendizagem..... 40
1.3.2 Dificuldades de Aprendizagem versus Transtornos de Aprendizagem..... 44
1.3.3 Currículo e Formação Docente..... 47
2. RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA..... 51
3. DISCUSSÃO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE 56
3.1 Neurociência da Aprendizagem..... 56
3.2 Transtornos e Dificuldades de Aprendizagem e Intervenção Pedagógica 66
4. PROPOSTA DE COMPONENTES CURRICULARES 72
CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 76
REFERÊNCIAS 79

TRAJETÓRIA ACADÊMICA E MOTIVAÇÕES PARA A PESQUISA

Os caminhos que percorri até alcançar esta etapa de formação profissional iniciou-se no estado de Sergipe, especificamente na cidade de Itabaiana, quando cursava a graduação em licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Federal de Sergipe (UFS). Em 2014, ano de ingresso na UFS, tive a oportunidade de conhecer todos os laboratórios e seus respectivos projetos de iniciação cientifica e de extensão da instituição. Dentre os laboratórios, participei como voluntária e bolsista dos projetos do LABNEURO (Laboratório de Neurobiologia das Doenças Degenerativas do Sistema Nervoso), iniciando-se então os estudos sobre as áreas da Neurociência, por meio de projetos voltados ao ensino como a "Neurociência na Escola", "Metodologias para o ensino de anatomia humana", "Uso de anabolizantes em idade escolar" e também por meio do projeto de iniciação científica "Estudo das doenças neurodegenerativas".

O projeto "Neurociência na escola" constituiu-se como o marco para interessa-me pela relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem, pois através das suas práticas pude experimentar as contribuições de abordagens neurocientíficas no processo de ensino e aprendizagem. Esta vivência, fez-me perceber a importância de trabalhar com metodologias neurocientíficas na práxis docente e o quanto seus conhecimentos são imprescindíveis para a formação inicial de professores. Uma vez que, dentro dos componentes curriculares do curso não existiam abordagens de ensino que tratassem dos conhecimentos da Neurociência da Aprendizagem, sendo trabalhados somente por meio de projetos de extensão, inviabilizando o alcance a todos os formandos da licenciatura.

As experiências formativas na Universidade foram essenciais para as decisões que tomaria após a graduação, pois foram sinalizadores das escolhas futuras. Graduei-me no final de 2018 e por motivos de trabalho, mudei-me para o Estado de Mato Grosso, tendo a oportunidade de ingressar na educação básica em meados do ano de 2019. Desde então, tenho carregado as inquietações de vivenciar e analisar a prática docente e suas estratégias de ensino sem ou com pouco uso de abordagens neurocientíficas. Desse contexto, e das experiências formativa que tive ao longo da minha formação, surgiu a motivação em pesquisar sobre o tema da presente dissertação, que possibilitou o ingresso no curso de Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) da UNEMAT.

INTRODUÇÃO

Tendo em vista a expansão e valorização da Neurociência no século XXI, especialmente de temas sobre aprendizagem humana, a inclusão desses conhecimentos no currículo de cursos de licenciatura em Ciências Biológicas constitui-se uma demanda da sociedade contemporânea. Na literatura científica, essa demanda expressa-se pela produção de pesquisas publicadas que trazem resultados dos contributos da Neurociência da Aprendizagem para conduzir e aprimorar as habilidades cognitivas como estudos sobre as funções executivas, habilidades socioemocional, dificuldades e transtornos de aprendizagem. Mas isso é pouco, uma vez que é necessário também investir em pesquisas sobre a Neurociência da Aprendizagem na formação docente, para investigar como estão inclusos e configurados esses conhecimentos nas licenciaturas, para atender as demandas de ensino e aprendizagem e contribuir para as políticas de formação docente.

Além disso, considerando que o professor é o profissional mediador da aprendizagem, a inclusão da Neurociência da Aprendizagem nas licenciaturas de Ciências Biológicas pode viabilizar o conhecimento da base neurobiológica dos processos neurais da aprendizagem humana, devido aos conhecimentos específicos desse curso. Pois, fornece o estudo sobre os aspectos gerais da citologia, anatomia, morfologia e fisiologia do sistema nervoso, o que vem a contribuir para compreensão profissional da aprendizagem e aprimoramento da prática docente nessa área de formação. A Neurociência da Aprendizagem encontra-se dentro do campo da Neurociência, esta é uma área do conhecimento multidisciplinar que estuda um dos sistemas mais complexos do corpo humano: o sistema nervoso.

Compreendê-lo exige múltiplas abordagens de subáreas como Neurofisiologia, Psicologia Cognitiva, Neuropsicologia, Neurobiologia, Neuroquímica, Neuroanatomia, Neuroantropologia, Neurociência Comportamental, Neurociência Cognitiva, Neurociência da Aprendizagem, entre tantas outras, a fim de pesquisar as relações existentes entre o sistema nervoso e outros sistemas. Assim, a exploração da complexidade do sistema nervoso não é tarefa para uma área restrita da ciência, é por isso que, o que chamamos de Neurociência é na verdade Neurociências.

Na última década a Neurociência, especialmente a Neurociência da Aprendizagem, vem contribuindo com novas descobertas sobre o funcionamento do cérebro e como seus processos cognitivos podem contribuir para o ensino e aprendizagem. O interesse educacional nos conhecimentos da aprendizagem humana parte da necessidade de aprimoramento da prática

docente, pois dentre os profissionais, o professor é o profissional incumbido pela aprendizagem escolar e, portanto, a compreensão dos mecanismos cognitivos que promovem a aprendizagem é imprescindível para seu trabalho profissional, visto que:

> Ao conhecer o funcionamento do Sistema Nervoso, os profissionais da educação podem desenvolver melhor seu trabalho, fundamentar e melhorar sua prática diária, com reflexos no desempenho e na evolução dos alunos. Podem interferir de maneira mais efetiva nos processos do ensinar e aprender, sabendo que esse conhecimento precisa ser criticamente avaliado antes de ser aplicado de forma eficiente no cotidiano escolar. Os conhecimentos agregados pelas Neurociências podem contribuir para um avanço na educação, em busca de melhor qualidade e resultados mais eficientes para a qualidade de vida do indivíduo e da sociedade. (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 145).

Nesta perspectiva, o foco da Neurociência da Aprendizagem é estudar como a aprendizagem ocorre no sistema nervoso. Logo, a aprendizagem é um fenômeno biológico decorrente de mudanças fisiológicas nas células neurais. “Os mecanismos celulares envolvidos nesse processo, quer seja pelo próprio desenvolvimento celular, quer seja pelas organizações das redes sinápticas, apresentam um alto grau de complexidade.” (FILHO, BRIDI; ROTTA 2018, p. 4). Esse funcionamento, para ser compreendido, pressupõe o domínio sólido do conhecimento sobre o funcionamento do sistema nervoso, especialmente a função cerebral, considerando seus processos cognitivos. No entanto, provavelmente poucos de nós formos ensinados sobre os aspectos neurobiológicos da aprendizagem humana durante a formação docente, uma vez que, a política educacional tem dado pouca credibilidade as contribuições das Neurociências à aprendizagem humana, como salienta Geake (2011),

> Nas vastas montanhas de política educacional, currículo e documentação de resultados, não tem havido, até muito recentemente, nenhuma menção ao cérebro humano, o órgão mais central para o empreendimento educacional. É como se a educação fosse considerada como tendo pouco a ver com a forma como a aprendizagem realmente ocorre nos cérebros dos alunos. (GEAKE, 2011, p. 44, tradução nossa).

Neste contexto, acreditamos e defendemos que no currículo dos cursos de licenciaturas deve existir disciplinas específicas de conhecimentos da Neurociência da Aprendizagem, visando promover a qualificação dos professores sobre a natureza e os fundamentos da aprendizagem dentro dos cursos de formação de professores. Assim, essa subárea do conhecimento constitui-se como um saber essencial ao exercício da docência, visto que é:

> [...] o estudo de como o cérebro aprende. É o entendimento de como as redes neurais são estabelecidas no momento da aprendizagem, bem como de que maneira os estímulos chegam ao cérebro, da forma como as memórias se consolidam, e de como temos acesso a essas informações armazenadas. Logo, coloca-se diante do profissional da educação um vasto campo de preciosas informações relacionadas ao aluno e ao processo de absorção da aprendizagem a ele proporcionada. (LIBERATO; SILVA, 2015, p. 2).

Nesta perspectiva, a formação de professores deve ser baseada na concepção integral do estudante, ou seja, considerando-o como um ser biopsicossocial. Deve-se estar centrada em fazer dos docentes verdadeiros mediadores da aprendizagem, com vistas a uma formação humana integral e não à formação de meros profissionais conteudistas. Assim, postula-se como imprescindível a realização de pesquisas sobre o ensino superior para investigar se tal realidade tem ocorrido nos cursos de formação docente para identificar se os conhecimentos neurocientíficos são abordados em disciplinas dos cursos de licenciaturas. E, se há a inclusão desses conteúdos, é necessário averiguar se estão relacionados aos processos de ensino-aprendizagem e se superam as metodologias conteudistas de ensino tradicional.

A necessidade de mudança na prática docente tradicional não é recente, pois é assunto discutido desde o século passado e, no entanto, continua em evidência no atual sistema educacional. Essas discussões se sucederam durante o tempo apresentando possíveis soluções para ir de encontro ao ensino tradicional, contribuindo com mudanças que ainda não foram suficientes. Hoje, dentre as soluções apresentadas, pressupõem-se que a formação de professores deva valorizar os conteúdos específicos da área, como também os saberes didáticos-pedagógicos, especialmente os que tratem do processo de ensino-aprendizagem que leve em consideração as condições socioemocionais dos estudantes, desconsiderando as concepções do ensino tradicional.

Porém, essa não é realidade da maioria dos cursos de licenciatura, pois com base no trabalho de Gatti (2010, p. 1373) [1] há poucas disciplinas voltadas à educação e docência, o que enfraquece a prática profissional, tendo em vista que o conhecimento didático-pedagógico permite ao professor ministrar a aula de uma forma pedagogicamente eficaz para que se adapte e alcance as particularidades de cada estudante, atendendo aos propósitos de ensino-aprendizagem. Dentro dessas disciplinas didático-pedagógicas, encontra-se a Neurociência da

[1] Optamos por manter o número da página nas citações indiretas, por questões de precaução e de coerência do enderenço completo da ideia extraída de outros autores, por exemplo, na necessidade de conferir a ideia expressa, facilita a localização no texto original.

Aprendizagem que, enquanto subárea de conhecimento estuda como acontece a aprendizagem, ou seja, como o cérebro recebe, processa e armazena informações, transformando-as em aprendizado. Logo, seu conhecimento pode transformar a concepção de ensino e aprendizagem no ambiente escolar. No entanto, são pouco inseridos na formação de professores, o que é preocupante, pois, a compreensão científica do processo de aprendizagem deve ser considerada fundamental para o trabalho de mediação feita pelo "profissional da aprendizagem: o professor." (KAPITANGO-A-SAMBA, 2020).

Assim, na pesquisa buscamos responder o seguinte problema: *como os estudos da relação entre o Sistema Nervoso e a Aprendizagem estão inclusos e configurados nos currículos das licenciaturas em Ciências Biológicas das Universidades e Institutos Federais Brasileiros, e, quais as potencialidades dos estudos neurocientíficos da aprendizagem na formação inicial de professoras/es de Biologia?* Dada a importância dos estudos do sistema nervoso e sua relação com aprendizagem humana, sobretudo a partir da década de 1990, para a futura prática docente e mediação da aprendizagem em sala de aula, e, para responder ao problema delimitado, nosso objetivo consistiu em: analisar os Projetos Pedagógicos de Cursos (PPC) das licenciaturas em Ciências Biológicas/Biologia, das Universidades Federais e Institutos Federais de Educação Brasileira, para identificação de como os estudos da relação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem estão inclusos e configurados nos seus componentes curriculares, bem como, a apresentação de uma proposta inclusiva de componentes curriculares referentes ao estudo da relação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem.

Esta dissertação está composta de quatro capítulos. No capítulo I, apresentamos os procedimentos metodológicos da pesquisa, os procedimentos para análise de dados e o referencial conceitual. No capítulo II, abordamos os resultados da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) no que se refere às pesquisas desenvolvidas que se alinham com o tema do nosso trabalho. No capítulo III, apresentamos a análise interpretativa das Categorias de Análise. No capítulo IV, apresentamos a proposta de componentes curriculares referentes ao estudo da relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem.

Por fim, esta pesquisa está vinculada, intrinsicamente, ao Projeto Temático denominado: Epistemologia e Ciência da Aprendizagem no Brasil, coordenado pelo Prof. Dr. Kilwangy Kya Kapitango-a-Samba, de que depende seus processos metodológicos, epistemológicos e éticos, em conformidade com o Parágrafo único do Art. 1º da Resolução 510/2016, do Conselho Nacional de Ética em Pesquisa do Conselho Nacional de Saúde.

1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E REFERENCIAL CONCEITUAL

Para atingir os objetivos propostos e resolver o problema delimitado, a pesquisa foi desenvolvida sob a enfoque qualitativo descritivo que, segundo Hernández Sampieri (2013, p. 376), pode ser utilizado para pesquisar um tema pouco explorado, permitindo o aprofundamento sobre o objeto de estudo. Ele não se delimita à análise estatística, mas fundamenta-se na perspectiva interpretativa dos dados (HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2013, p. 34). Assim, na presente pesquisa adotamos os seguintes procedimentos metodológicos:

1.1 Procedimentos Metodológicos:

Pesquisa Bibliográfica com Revisão Sistemática da Literatura

A Pesquisa Bibliográfica está sendo compreendida aqui como:

> [...] levantamento ou revisão de obras publicadas sobre a teoria que irá direcionar o trabalho científico o que necessita uma dedicação, estudo e análise pelo pesquisador que irá executar o trabalho científico e tem como objetivo reunir e analisar textos publicados, para apoiar o trabalho científico. (SOUSA *et al*., 2021, p. 66).

Para termos acesso à produção científica, com o intuito de conhecer os trabalhos relacionados ao tema que já foram produzidos e evitar duplicidade quanto ao seu objeto de estudo, realizamos a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que permitiu encontrar publicações afins ao tema desta pesquisa. Realizamos a busca em cinco bancos de dados que nos permitiu o levantamento das pesquisas brasileiras publicadas acerca das contribuições do conhecimento da relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem na formação de professores de Biologia.

A realização de uma RSL demanda um rigor metodológico a fim de reduzir as possibilidades de ocorrências de vieses. Nesse sentido, a RSL baseia-se em um protocolo de busca previamente definido em que se devem determinar: a questão de investigação, fontes de pesquisa, descritores de busca e critérios de inclusão e exclusão. Além disso, Galvão e Ricarte (2020) salientam que a RSL deve "ser elaborada por uma equipe com pelo menos dois autores, mas geralmente mais, como forma de reduzir subjetividade e garantir o conhecimento necessário no tema da pesquisa e nos diversos aspectos metodológicos de uma revisão sistemática." (GALVÃO; RICARTE, 2020, p.70). Salientamos que nesta pesquisa a RSL foi elaborada pela autora e orientador.

1.1.1 Protocolo da Revisão Sistemática da Literatura

Partindo do pressuposto de que esta pesquisa busca investigar a inclusão da relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem nos cursos de licenciaturas em Ciências Biológicas, procuramos, por meio desta RSL, investigar: Quais as contribuições do conhecimento da interrelação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem humana na formação inicial de professores de Biologia?

Utilizamos como fonte de dados o Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES), por se tratar de uma fonte de referência brasileira que integra o sistema de informações de teses e dissertação existentes nas instituições de ensino e pesquisa do Brasil; SciELO por reunir acervo acadêmico abrangente das revistas cientificas; Scopus por ser um dos bancos de dados de representação internacional da produção cientifica da América Latina em que podemos fazer uso de ferramentas bibliométricas para acompanhar, analisar e visualizar as pesquisas; BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações) e Google Acadêmico, estas duas últimas foram utilizadas com o intuito de encontrar pesquisas que porventura não foram identificadas nas outras bases de dados. Não optamos por utilizar recorte temporal para aumentar a probabilidade de encontrar mais trabalhos publicados. Nesse sentido, optamos por publicação cujas pesquisas fossem desenvolvidas no Brasil e que fossem publicadas nos seguintes idiomas: português, espanhol e inglês.

Quanto às estratégias de busca, organizamos um conjunto de descritores que derivaram da questão de investigação, buscando o agrupamento de sinônimos ou palavras relacionadas que abrangessem e permitissem melhores resultados a questão de investigação. Foi utilizada na busca dos trabalhos a combinação de termos em três línguas: português, inglês e espanhol. No entanto, não foram encontrados trabalhos na língua espanhola e inglesa. Dessa forma, identificamos 05 trabalhos em português.

Os descritores de busca definidos foram utilizados nas cinco bases de dados (Catálogo de Teses e Dissertações - CAPES, Scopus, SciELO, BDTD e Google Acadêmico) com diferentes combinações e utilização de operadores booleanos buscando abranger resultados que fossem consistentes ao interesse desta RSL, visto que, cada base de dados funciona de uma maneira específica. Assim, para restringir o levantamento, empregamos os operadores booleanos AND e OR como forma de informar ao sistema de busca como combinar os descritores definidos, uma vez que:

> A relação lógica entre os termos a serem pesquisados é estabelecida pelos operadores lógicos também conhecidos como operadores booleanos. Tais operadores são derivados da teoria de conjuntos e são de uso universal para aplicação na recuperação da informação. Os operadores booleanos são usados nas buscas para possibilitar a ampliação ou a restrição (refinamento) dos resultados. (SILVA; MENEZES, 2005, p. 58).

A utilização dos operadores booleanos AND e OR nesta pesquisa, permitiram que adequações fossem realizadas nos termos de busca, constituindo assim os seguintes descritores de busca:

Quadro 1 - Descritores de busca utilizados em cada base de dados

N°	Base de Dados	Descritores Utilizados
1	Catálogo de Teses e Dissertações - CAPES	Neurociência AND “Formação inicial de professores" AND "Ciências da natureza"; Neurociência OR Neurociências AND “Formação docente" AND "Ciências da natureza"
3	SciELO	Neurociência OR "Neurociência Educacional OR "AND "Formação inicial de professores”; Neurociência AND “Aprendizagem humana” OR Escolar AND “Formação docente”
4	Scopus	Neuroscience OR "Educational neuroscience" Learning AND “Science teaching” AND "Teacher training".
5	BDTD	Neurociência AND “Formação docente” OR “Formação de Professores” AND Biologia OR Ciências Biológicas”
6	Google Acadêmico	Neurociência OR "Neurociência Educacional" AND "Formação inicial de professores" OR "Formação docente" AND "Ciências biológicas" OR "Ciências da natureza"

Fonte: Autora (2023)

Também foram definidos os seguintes critérios de sua inclusão ou exclusão, de forma a protocolar:

a) - Critérios de inclusão de trabalhos:

II. Artigos, dissertações e teses de pesquisas feitas no Brasil e que em seus temas, resumos e palavras-chave estejam explícitas as contribuições do conhecimento da interrelação entre o Sistema Nervoso e a Aprendizagem humana na formação inicial docente e no contexto escolar, publicados na língua portuguesa, espanhola ou inglesa, referentes à realidade brasileira;

II. Trabalhos disponíveis nas seguintes bases de dados: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, SciELO, Scopus, BDTD e Google Acadêmico.

b) - Para o refinamento da revisão foram excluídos os trabalhos que:

I. Não atendessem aos critérios de inclusão;

II. Cuja amostra fosse constituída por animais não humanos;

III. Pesquisas que não foram desenvolvidas no Brasil.

1.2 Pesquisa Documental

Essa etapa da pesquisa teve o objetivo de analisar os Projetos Pedagógicos de Cursos de licenciatura em Ciências Biológicas[2], cujas ementas encontraram-se disponíveis para consulta nos sites das instituições, para identificar a inclusão e configuração curricular dos conteúdos relacionados à relação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem. Na pesquisa documental se estudam documentos que não foram analisados enquanto objeto científico. Assim, o desafio desta técnica de pesquisa é:

> [...] a capacidade que o pesquisador tem de selecionar, tratar e interpretar a informação, visando compreender a interação com sua fonte. Quando isso acontece há um incremento de detalhes à pesquisa e os dados coletados tornam-se mais significativos. (KRIPKA *et al*., 2015, p. 243).

Dessa forma, podemos afirmar que por meio da pesquisa documental é possível encontrar dados em fontes primárias (documentos), selecioná-los e analisá-los de forma detalhada, para extrair as partes significativas ao interesse do estudo e compreendê-las, para resolver o problema de investigação.

Para constituir o *corpus* da pesquisa utilizamos os seguintes mecanismos de busca: portal e-Mec, para identificação do número de Universidades e Institutos Federais distribuídos nas cinco regiões brasileiras e seus respectivos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas. E, para diminuir o viés da coleta de dados, considerando a possibilidade da não atualização dos dados no site e-Mec, optamos por realizar uma segunda busca – no Google utilizando os seguintes descritores de busca "Universidades Federais do Brasil" e "Institutos Federais do Brasil" – que permitiu o acesso a lista de Instituições Federais de Ensino Superior distribuídas nas cinco regiões brasileiras.

[2] Foram identificadas duas denominações que têm sido dadas aos cursos de licenciatura para formação de professores de Biologia, como: licenciatura em Ciências Biológicas (10); licenciatura em Biologia (02). Nesta pesquisa adotamos a denominação licenciatura em Ciências Biológicas, considerando a sua diversidade interna de disciplinas científicas, tal como a Neurociência, por exemplo.

Com base no problema da pesquisa, definimos como fontes de estudo os Projetos Pedagógicos de Cursos (PPC) de licenciatura em Ciências Biológicas das Instituições Federais Ensino do Brasil. O *corpus* da pesquisa foi composto por **08** PPC, **03** Matrizes Curriculares (de 11 instituições), de que foram extraídas **12** ementas (disciplinas). Trata-se de um recorte específico de uma parcela de 223 cursos de licenciaturas em Ciências Biológicas em funcionamento, dos quais selecionamos apenas os cursos em que foram identificados em seus PPC ou Matrizes Curriculares a relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem.

Como procedimentos de análise de dados documentais utilizamos a Análise de Conteúdo de Bardin (2016). A autora define-a como:

> Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens. (BARDIN, 2016, p. 48).

Nesse sentido, o uso da Análise de Conteúdo se justifica pelo fato de ela ser uma "[...] técnica, sem dúvidas de maior prestígio científico da observação documental." (BRAVO, 1991, p. 287). Para sistematização da análise de dados, seguimos as três fases descritas por Bardin (2016, p. 124), que são:

I. **Pré-análise:** Nesta fase realiza-se a *Leitura Flutuante* que, segundo Bardin (2016), tem a finalidade de o pesquisador estabelecer contato com os documentos, selecionando e organizando-os, para *Constituição do Corpus* da pesquisa, que, posteriormente, passará pela etapa de *Preparação do Material para Análise*.
II. **Exploração do material:** Uma vez organizado o material, este passa a ser explorado com finalidade de constituir as *Unidades de Contextos* que são excertos significativos do texto do documento em análise (nesse caso extraídos das ementas), que são fundamentais para definir a essência do texto, ou seja, a sua unidade base, definida por Bardin (2016) como *Unidade de Registro*. Na presente pesquisa, para identificação e armazenamento das *Unidades de Contexto* e de *Registro*, utilizamos uma planilha no Excel para esse processamento de dados. Os *Eixos Temáticos* são resultantes das articulações entre as *Unidades de Registro* que para Rodrigues (2019, p. 27), são formados por "meio de um procedimento minucioso de interpretação das similaridades, confluências e divergências". Logo após, os *Eixos*

Temáticos são articulados e dão origem as *Categorias de Análise*, que permitem a classificação de elementos textuais semelhantes entre si, possibilitando seu agrupamento. As categorias de análise podem ser construídas com base em critérios tais como: análise temática, análise léxica (significado e sentido das palavras), expressiva (variações na linguagem e escrita) ou sintática (adjetivos, verbos e pronomes).

III. **Tratamento de resultados**: na última fase é realizado o tratamento dos resultados por meio do *Movimento Dialógico das Categorias* e das *Inferências e Interpretações do Pesquisador*. Nesta fase, segundo Rodrigues (2019, p. 31), o pesquisador poderá "Realizar a interlocução dos dados com os conceitos balizados pelos aportes teóricos da pesquisa, para proporcionar compreensões do objeto investigado". Desta forma, é por meio do movimento dialógico que o pesquisador extrai suas inferências e realiza suas intepretações com base nas conexões entre o texto do *corpus* e o aporte teórico ou conceitual da pesquisa, o que possibilita a compreensão do objeto de pesquisa investigado.

A partir desse momento, apresentamos a descrição da análise documental (categorização) com base na Análise de Conteúdo. No entanto, queremos antes apresentar: a) Processo de constituição do *corpus* da Pesquisa, ou seja, o relato sobre os dados correspondentes às ementas dos componentes curriculares que nos levaram a analisar somente 08 PPC, 03 Matrizes Curriculares e incluir 12 ementas como *corpus* desta pesquisa, b) Quantidade de ementas por IFES e c) Apresentação na íntegra das ementas.

a) Processo de constituição do corpus da Pesquisa

Com base no problema da pesquisa, definimos como fontes de estudo os Projetos Pedagógicos de Cursos (PPC) de licenciatura em Ciências Biológicas das Instituições Federais Ensino do Brasil. Na primeira etapa de levantamento parcial dos dados, foram identificadas 107 Instituições (69 Universidades Federais e 38 Institutos Federais) e um total de 223 PPC (referentes aos 223 cursos de Ciências Biológicas identificados nas instituições, considerando que para cada curso existe um PPC, que estaria disponível no site oficial).

No entanto, na segunda etapa, que, consistiu na coleta dos PPC nos sites oficias das instituições, encontramos algumas dificuldades de acesso, alguns PPC não estavam disponíveis para consulta, outros estavam sem permissão para download e, outros ainda, não possuíam ementas em seu corpo textual, as ementas estavam disponíveis nas Matrizes Curriculares

disponibilizadas no Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas. Dessa forma, entramos em contato com a coordenação de tais cursos, via e-mail e com carta de pedido oficial assinada pelo orientador e coordenação do programa (PPGECM), para a solicitação dos PPC com as respectivas ementas. Nesse sentido, surgiram outros empecilhos como e-mail das instituições estavam desatualizados ou o e-mail disponível não pertencer ao setor responsável por essa demanda, sendo nossa solicitação encaminhada para outros setores, e, em alguns casos, não obtivemos respostas aos e-mails enviados as instituições.

Diante de tais situações, foram selecionadas apenas instituições que possuíam PPC com ementas em seus sites, ou que nos enviaram tais documento, ou ainda, Matrizes Curriculares com ementas acessíveis nos sites das instituições. Assim, foram pré-selecionadas 83 instituições, 134 PPC e 165 ementas (componentes curriculares). Destes 134 PPC, foram incluídos nesta pesquisa 08 PPC, 03 Matrizes Curriculares e 12 ementas, pois trazem conteúdos diretamente relacionados à interrelação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem. Ressaltamos que das 165 ementas pré-selecionadas, 153 são de componentes curriculares em que se referem à aprendizagem como conteúdo de estudo, tais como: Psicologia da Educação, Psicologia da Aprendizagem ou Aprendizagem e Desenvolvimento Humano. No entanto, não abordam diretamente a relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem, motivo pelo qual não foram incluídas neste estudo.

b) Quantidade de ementas por IFES

Na tabela 1, abaixo, apresentamos a quantidade de ementas inclusas por IFES.[3]

Tabela 1 - Distribuição de ementas por IFES (UF e IF)[4]

Regiões	**Tipo de Instituição**	**N° de Ementas por Região**
Norte	UF IF	01 01
Nordeste	UF IF	**05**
Centro-Oeste	UF IF	01
Sudeste	UF IF	01
Sul	UF IF	**02** **01**
		Total: **12**

Fonte: Autora (2023)

[3] IFES - Instituições Federais de Ensino Superior.
[4] UF - Universidades Federais; IF - Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia

Assim, em síntese, o *corpus* da pesquisa foi constituído por **08** PPC, **03** Matrizes Curriculares e **12** ementas analisadas: 10 ementas de Universidades Federais e 02 de Institutos Federais. Com base nos achados deste trabalho, considerando que a pesquisa foi realizada em 83 Instituições Federais de Ensino Superior do Brasil e que apenas 11 instituições apresentam PPC ou Matrizes Curriculares com conteúdos relacionados a Neurociência da Aprendizagem, podemos constatar, nesse contexto, que dentre as regiões do Brasil, o Nordeste (05 ementas) e Sul (03 ementas) são as regiões com probabilidade de investirem em restruturação curricular dos cursos de formação de professores para que continuem a serem inclusas disciplinas da Neurociência da Aprendizagem.

c) Apresentação na íntegra das ementas

Quadro 2 - Descrição das ementas que relacionam Sistema Nervoso e Aprendizagem

Disciplina:	**Neurociência do Aprendizado**	**Tipo:** Optativa	***f* * da ementa na IFES**
Ementa 45h/a	"Bases neurológicas do aprendizado. O tecido nervoso como base orgânica da mente. Memória, atenção, linguagem e aprendizado. Plasticidade neural. Desenvolvimento e envelhecimento do sistema nervoso e aprendizado." (UTFPR, 2016, p.134).		1 UTFPR
Disciplina:	**Neurociência Básica**	**Tipo:** Optativa	
Ementa 60h/a	"Estudo multidisciplinar da organização do sistema nervoso a nível de sistemas (neuroantômico-funcional), celular (neurônio e glia), molecular (sistemas de neurotransmissores), das bases biológicas das funções cognitivas e emocionais do cérebro, das patologias que afetam estas funções e de seu tratamento farmacológico. Princípios gerais e histórico da neurociência, neuroanatomia funcional de invertebrados e mamíferos, morfologia e fisiologia dos neurônios, principais vias neurais em mamíferos, sistemas de neurotransmissores, sistemas sensoriais e motores, cronobiologia, neurobiologia das emoções, aprendizagem e memória, a mente e a consciência, linguagem, neurobiologia e psicofarmacologia das doenças mentais e neurodegenerativas, abuso de drogas." (UFPR, 2012, p.1).		1 UFPR
Disciplina:	**Neurociência Básica para Formação de Professores**	**Tipo:** Eletiva	1
Ementa 30h/a	"Reflexão sobre os avanços e descobertas das neurociências ligadas à educação. Estudo sobre o funcionamento do cérebro e o desenvolvimento dos processos neuropsicobiológicos, associados a questões de gênero, faixa geracional e ética numa interlocução entre aprendizagem da matemática e a formação de professores." (IFSUL, 2018, p.1).		IFSUL
Disciplina:	**Neurobiologia do Processo Ensino Aprendizagem**	**Tipo:** Optativa	1

Ementa 30 h/a	"Estruturas cerebrais como interfaces do processo ensino-aprendizagem. Fundamentos da anatomia, fisiologia e neuroquímica da aprendizagem. Neurobiologia das emoções. O cérebro da criança e do adolescente. Diferenças cerebrais entre os sexos. Aspectos neurobiológicos dos transtornos de aprendizagem. Abordagem da prática educacional." (UFT, 2017, p. 109)		UFT
Disciplina:	**Introdução a Neurociência**	**Tipo:** Obrigatória	1 UFABC
Ementa 48h/a	"Neuroanatomia celular. Neurofisiologia celular. Transmissão sináptica. Anatomia do cérebro. Visão. Audição. Sensação somática. Controle químico do cérebro. Sistema motor. Motivação. Emoção. Doenças mentais. O sono. O desenvolvimento do cérebro. Linguagem. Aprendizado e memória." (UFABC, 2016, p. 122)		
Disciplina:	**Introdução a Neurociências com Enfoque na Aprendizagem**	**Tipo:** Optativa	1 UFMS
Ementa 68h/a	"Auxiliar a formação de professores, com discussões sobre a maturação do cérebro, considerando os principais distúrbios e transtornos da aprendizagem. Estudar a anatomia e o funcionamento cerebral, com ênfase na plasticidade do cérebro e a sua relação com a aprendizagem efetiva e reabilitação humana. Discutir as funções executivas superiores, bem como a influência social, cultural e histórica do indivíduo na sua aprendizagem." (UFMS, 2019, p. 35)		
Disciplina:	**Neurobiologia da Aprendizagem**	**Tipo:** Optativa	2 UFRB
Ementa 68h/a	"Importância e tendências da Neurociência Cognitiva para a Educação. O papel da emoção para a aprendizagem. Bases biológicas da cognição e aprendizagem humana. Importância dos órgãos dos sentidos para a aprendizagem humana e as inteligências múltiplas. Especialização hemisférica (linguagem, fala, processamento visuo-espacial, atenção, percepção) e suas variações (preferência manual e dominância do hemisfério esquerdo para a linguagem). Plasticidade cerebral nos mecanismos da linguagem, memória e aprendizagem. Teorias e modelos sobre a memória (memória de curta, média e longa duração). A memória e o cérebro (sinapses nervosas, aprendizagem, amnésia, consolidação da memória, memória e lobos cerebrais). Bases biológicas da linguagem e as contribuições de Paul Broca e Karl Wernicke e sua relação com as pesquisas atuais sobre a aquisição e processamento da linguagem. Teorias e distúrbios da linguagem, incluindo a afasia de Broca e Wernicke. Bases biológicas do desenvolvimento e comportamento humano. Caracterização patológica e intervenção pedagógica dos principais distúrbios e transtornos fisiológicos da aprendizagem (fala, escrita, aritmética, psicomotores e comportamento)." (UFRB, 2019, p. 1).		
Disciplina:	**Neurofisiologia**	**Tipo:** Optativa	2 UFCA
Ementa 64h/a	"Introdução ao Sistema Nervoso. Aspectos anatômicos e funcionais do neurônio. Sinapse. Impulso Nervoso. Organização Anatômica e Funcional do Sistema Nervoso. Principais Sistemas Sensoriais do organismo. Sistema Motor Somático. Noções sobre o desenvolvimento ontogenético e filogenético do Sistema Nervoso. Neuroplasticidade cerebral. Aprendizagem e memória. Relações entre a neuroplasticidade, memória e aprendizagem. Experiências práticas em neuroplasticidade. Relações entre a educação, dificuldades de aprendizagem e neuroplasticidade." (UFCA, 2017, p. 150).		
Disciplina:	**Contribuições da Neuropsicologia para a Educação**	**Tipo:** Optativa	

Ementa 45h/a	"Contribuições da Neuropsicologia do desenvolvimento para a formação do professor da Educação infantil e dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Aspectos neuropsicológicos dos processos cognitivos e suas relações com o processo de ensino-aprendizagem. Principais Transtornos de Aprendizagem e do Neurodesenvolvimento: Dislexia, Disgrafia, Discalculia, TDAH. Elaboração de um planejamento pedagógico para diferentes quadros clínicos, considerando as suas especificidades neurodesenvolvimentais e cognitivas." (UFRPE, 2018, p. 172)		1 UFRPE
Disciplina:	**Neurobiologia da Aprendizagem**	**Tipo:** Optativa	1 UFS
Ementa 60 h/a	"Introdução à neurociência da aprendizagem; conceitos fundamentais sobre memória e aprendizagem; Neuroeducação." (UFS, 2008, p. 1)		
Disciplina:	**Fundamentos da Neurociência**	**Tipo:** Optativa	1 IFPA
Ementa 60h/a	"Mecanismos de excitação neuronal (potencial de repouso, potencial de ação). Sinapse elétrica e química e sistemas de neurotransmissores. Sistemas sensoriais. Sistema motor (medular e cortical). Controle autônomo do comportamento e a motivação. Sistemas de controle da emoção. Mecanismos de linguagem e atenção. Mecanismos de memória e aprendizado. Transtornos mentais." (IFPA, 2013, p.137).		
Disciplina:	**Neurofisiologia**	**Tipo:** Optativa	1 UFS
Ementa 60h/a	"Neurônios e neuróglia. Sinalização neuronal. Transmissão sináptica. Neuroplasticidade. Organização geral do sistema sensorial: receptores sensoriais e transdução de sinais. Sistema somestésico e sentidos especiais. Sistemas geradores de movimento. Sistemas neurovegetativos. Sistema vestibular. Sistema imunoneuroendócrino. Homeostasia e controle de comportamentos motivados. Ritmos biológicos. Aspectos neurofisiológicos relacionados à percepção, atenção, memória e aprendizagem. Aspectos neurofisiológicos relacionados à emoção. Envelhecimento." (UFS, 2008, p.1)		
* A frequência significa a recorrência das ementas encontradas nas IFES. Algumas Instituições apresentam diferentes campus nos quais as ementas são iguais.			

Fonte: Autora (2023)

Ao observarmos as ementas selecionadas, verificamos que os componentes curriculares possuem a carga horária entre 30 e 68 horas, o que defendemos ser insuficiente para o aprofundamento nos temas, quando consideramos o nível de complexidade dos conteúdos nas ementas analisadas, ficando na prática inviável com a carga horária estipulada. Além disso, dentre às 12 disciplinas (ementas) analisadas, apenas 01 é obrigatória, o que torna o acesso dos licenciandos às disciplinas optativas reduzido, uma vez que, não há a obrigatoriedade para cursá-las ao longo da graduação.

Quadro 3 - Ano de publicação dos PPC, das Matrizes Curriculares e Quantidade de ementas

N° de PPC e Matrizes curriculares das IFES	**Ano de Publicação dos PPC e Matrizes Curriculares***	**Quantidade de Ementas**
PPC 01	2012	01
PPC 02	2013	01

PPC 03	2016	01
PPC 04	2016	01
PPC 05	2017	01
PPC 06	2017	01
PPC 07	2018	01
PPC 08	2018	01
MC 01	2019	01
MC 02	2019	01
MC 03	2008	02
***PPC**: Projeto Pedagógico de Curso e **MC:** Matriz Curricular		

Fonte: Autora (2023)

Com base no Quadro 3, é possível identificarmos que houve maior frequência de publicações de PPC ou Matrizes Curriculares que abordam ementas sobre a relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem nos anos de 2016 a 2019. Podemos constatar também que das 12 ementas 10 são recentes (consideramos recente os anos a partir de 2010 em diante).

1.2.1 Categorização

Neste tópico, apresentamos o processo de categorização das ementas, por meio da Análise de Conteúdo. A Tabela 2, a seguir, ilustra em síntese os procedimentos de categorização.

Tabela 2 - Procedimentos de categorização

Momentos	**Descrição de cada Procedimento**
1° Momento	Constituição das Unidades de Registro extraídas das ementas: apresentamos o procedimento de identificação das Unidades de Registro das ementas dos componentes curriculares dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas que trazem a relação de Sistema Nervoso e Aprendizagem, obtidas por meio do alinhamento semântico[5] das Unidades de Registro das ementas analisadas.
2° Momento	Apresentamos a articulação das Unidades de Registro em Eixos Temáticos.
3° Momento	Constituição das Categorias de Análise: apresentamos as Categorias de Análise constituídas por meio do agrupamento entre os Eixos Temáticos.

Fonte: Autora (2023)

[5] Foram agrupadas e diferenciadas por cores as Unidades de Registro que possuíam um mesmo sentido temático dentro da área de Ciências Biológicas.

1.2.2 Constituição das Unidades de Registro

Apresentamos os procedimentos que nos conduziram à identificação das Unidades de Registro das ementas dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas, constituídas a partir da "leitura exaustiva" dos conteúdos das ementas que nos levaram a identificar os elementos essenciais para compreensão do problema da pesquisa. Esse momento está organizado em duas etapas, a saber:

(I) Procedimento de identificação das Unidades de Registro das ementas

Realizamos esse procedimento com base nos dados descritos no Quadro 4. As Unidades de Registro surgem das Unidades de Contexto, que são os trechos significativos encontrados nas ementas que orientam a construção das Unidades de Registro, como descreve Bardin (2016):

> A unidade de contexto serve de unidade de compreensão para codificar a unidade de registro e corresponde ao segmento da mensagem, cujas dimensões (superiores às da unidade de registro) são ótimas para que se possa compreender a significação exata da unidade de registro. Esta pode, por exemplo, ser a frase para a palavra e o parágrafo para o tema. (BARDIN, 2016, p.137).

Devido à natureza textual das ementas definimos as Unidades de Contexto como sendo a própria ementa. Além disso, devido as ementas trazerem conteúdos agrupados e que são difíceis de serem sintetizados em palavras ou fases, utilizamos a "palavra", ou "frase" e ou o "tema" como as Unidades de Registro. Nesse sentido, a autora salienta que a Unidade de Registro pode ser de natureza variável e, permanentemente, são feitos recortes semânticos dos conteúdos textuais que podem ser sintetizados em "palavra", "frase" ou até mesmo "tema" (BARDIN, 2016, p.134). Apresentamos a seguir as Unidades de Registro constituídas das 12 ementas analisadas, enquanto Unidades de Contexto.

Quadro 4 - Constituição das Unidades de Registro das ementas

Nº	Unidades de Contexto	Unidades de Registro
1	"Bases neurológicas do aprendizado. O tecido nervoso como base orgânica da mente. Memória, atenção, linguagem e aprendizado. Plasticidade neural. Desenvolvimento e	Bases neurológicas do aprendizado
		O tecido nervoso como base orgânica da mente
		Memória
		Atenção

	envelhecimento do sistema nervoso e aprendizado.” (UTFPR, 2016, p.134).	Linguagem
		Aprendizado
		Plasticidade neural
		Desenvolvimento e sistema nervoso
2	“Estudo multidisciplinar da organização do sistema nervoso a nível de sistemas (neuroantômico-funcional), celular (neurônio e glia), molecular (sistemas de neurotransmissores), das bases biológicas das funções cognitivas e emocionais do cérebro, das patologias que afetam estas funções e de seu tratamento farmacológico. UNIDADES: Princípios gerais e histórico da neurociência, neuroanatomia funcional de invertebrados e mamíferos, morfologia e fisiologia dos neurônios, principais vias neurais em mamíferos, sistemas de neurotransmissores, sistemas sensoriais e motores, cronobiologia, neurobiologia das emoções, aprendizagem e memória, a mente e a consciência, linguagem, neurobiologia e psicofarmacologia das doenças mentais e neurodegenerativas, abuso de drogas.” (UFPR, 2012, p.1).	Estudo multidisciplinar da organização do sistema nervoso a nível de sistemas (neuroantômico-funcional)
		Estudo multidisciplinar da organização do sistema nervoso a nível celular (neurônio e glia)
		Estudo multidisciplinar da organização do sistema nervoso a nível a nível molecular (sistemas de neurotransmissores)
		Estudo multidisciplinar das bases biológicas das funções cognitivas e emocionais do cérebro
		Estudo multidisciplinar das patologias que afetam as funções cognitivas e emocionais e de seu tratamento farmacológico
		História da neurociência
		Morfofisiologia dos neurônios
		Principais vias neurais em mamíferos
		Sistemas de neurotransmissores
		Sistemas sensoriais
		Neuroanatomia funcional de invertebrados e mamíferos
		Sistemas motores
		Cronobiologia
		Neurobiologia das emoções
		Aprendizagem
		Memória
		A mente e a consciência
		Linguagem
		Neurobiologia
		Psicofarmacologia das doenças mentais e neurodegenerativas
		Abuso de drogas
3	“Reflexão sobre os avanços e descobertas das neurociências ligadas à educação. Estudo sobre o funcionamento do cérebro e o desenvolvimento dos processos neuropsicobiológicos, associados a questões de gênero, faixa geracional e ética numa interlocução entre aprendizagem da matemática e a formação de professores.” (IFSUL, 2018, p.1).	Avanços e descobertas das neurociências ligadas à educação
		Estudo sobre o funcionamento do cérebro.
		Estudo sobre o desenvolvimento dos processos neuropsicobiológicos, associados a questões de gênero, faixa geracional e ética.
		Aprendizagem da matemática
		Formação de Professores
4	“Estruturas cerebrais como interfaces do processo ensino- aprendizagem. Fundamentos da anatomia, fisiologia e neuroquímica da	Estruturas cerebrais como interfaces do processo ensino- aprendizagem
		Fundamentos da anatomofisiologia
		Neuroquímica da Aprendizagem.

	aprendizagem. Neurobiologia das emoções. O cérebro da criança e do adolescente. Diferenças cerebrais entre os sexos. Aspectos neurobiológicos dos transtornos de aprendizagem. Abordagem da prática educacional.” (UFT, 2017, p. 109)	Neurobiologia das emoções
		O cérebro da criança e do adolescente.
		Diferenças cerebrais entre os sexos
		Neurobiologia dos transtornos de Aprendizagem
		Abordagem da prática educacional.
5	“Neuroanatomia celular. Neurofisiologia celular. Transmissão sináptica. Anatomia do cérebro. Visão. Audição. Sensação somática. Controle químico do cérebro. Sistema motor. Motivação. Emoção. Doenças mentais. O sono. O desenvolvimento do cérebro. Linguagem. Aprendizado e memória.” (UFABC, 2016, p. 122)	Neuroanatomorfofisiologia celular
		Transmissão sináptica
		Anatomia do cérebro
		Visão
		Audição
		Sensação somática
		Controle químico do cérebro
		Sistema motor
		Motivação
		Emoção
		Doenças mentais
		Sono
		Desenvolvimento cerebral
		Linguagem
		Aprendizado
		Memória
6	“Auxiliar a formação de professores, com discussões sobre a maturação do cérebro, considerando os principais distúrbios e transtornos da aprendizagem. Estudar a anatomia e o funcionamento cerebral, com ênfase na plasticidade do cérebro e a sua relação com a aprendizagem efetiva e reabilitação humana. Discutir as funções executivas superiores, bem como a influência social, cultural e histórica do indivíduo na sua aprendizagem.” (UFMS, 2019, p. 35)	Maturação do cérebro
		Principais distúrbios e transtornos da aprendizagem.
		Anatomofisiologia cerebral,
		Plasticidade cerebral e sua relação com a aprendizagem efetiva e reabilitação humana
		Funções Executivas Superiores
		Influência sociocultural e histórica do indivíduo na aprendizagem.
7	“Importância e tendências da Neurociência Cognitiva para a Educação. O papel da emoção para a aprendizagem. Bases biológicas da cognição e aprendizagem humana. Importância dos órgãos dos sentidos para a aprendizagem humana e as inteligências múltiplas. Especialização hemisférica (linguagem, fala, processamento visuo-espacial, atenção, percepção) e suas variações (preferência manual e dominância do hemisfério esquerdo para a linguagem). Plasticidade cerebral nos mecanismos da linguagem, memória e aprendizagem. Teorias e modelos sobre a memória (memória de curta,	Importância e tendências da Neurociência Cognitiva para a Educação.
		O papel da emoção na aprendizagem
		Bases biológicas da cognição e aprendizagem humana.
		Importância dos órgãos dos sentidos para a aprendizagem humana e as inteligências múltiplas.
		Linguagem
		Fala
		Processamento visuo-espacial
		Atenção
		Percepção
		Dominância do hemisfério esquerdo para a linguagem

	média e longa duração). A memória e o cérebro (sinapses nervosas, aprendizagem, amnésia, consolidação da memória, memória e lobos cerebrais). Bases biológicas da linguagem e as contribuições de Paul Broca e Karl Wernicke e sua relação com as pesquisas atuais sobre a aquisição e processamento da linguagem. Teorias e distúrbios da linguagem, incluindo a afasia de Broca e Wernicke. Bases biológicas do desenvolvimento e comportamento humano. Caracterização patológica e intervenção pedagógica dos principais distúrbios e transtornos fisiológicos da aprendizagem (fala, escrita, aritmética, psicomotores e comportamento).” (UFRB, 2019, p.1).	Plasticidade cerebral nos mecanismos da linguagem, memória e aprendizagem.
		Teorias e tipos de memória (memória de curta, média e longa duração)
		A memória e o cérebro (sinapses nervosas, aprendizagem, amnésia, consolidação da memória, memória e lobos cerebrais).
		Bases biológicas da linguagem
		Contribuições de Paul Broca e Karl Wernicke e sua relação com as pesquisas atuais sobre a aquisição e processamento da linguagem.
		Teorias e Distúrbios da linguagem, incluindo a afasia de Broca e Wernicke.
		Bases biológicas do desenvolvimento e comportamento humano.
		Caracterização patológica e intervenção pedagógica dos principais distúrbios e transtornos fisiológicos da aprendizagem.
8	“Mecanismos de excitação neuronal (potencial de repouso, potencial de ação). Sinapse elétrica e química e sistemas de neurotransmissores. Sistemas sensoriais. Sistema motor (medular e cortical). Controle autônomo do comportamento e a motivação. Sistemas de controle da emoção. Mecanismos de linguagem e atenção. Mecanismos de memória e aprendizado. Transtornos mentais.” (IFPA, 2013, p.137).	Excitação neuronal (potencial de repouso, potencial de ação)
		Sinapse elétrica e química e sistemas de neurotransmissores
		Sistemas sensoriais
		Sistema motor (medular e cortical)
		Controle autônomo do comportamento e a motivação
		Sistemas de controle da emoção
		Mecanismos de linguagem e atenção
		Mecanismos de memória e aprendizado
		Transtornos mentais
9	“Introdução ao Sistema Nervoso. Aspectos anatômicos e funcionais do neurônio. Sinapse. Impulso Nervoso. Organização Anatômica e Funcional do Sistema Nervoso. Principais Sistemas Sensoriais do organismo. Sistema Motor Somático. Noções sobre o desenvolvimento ontogenético e filogenético do Sistema Nervoso. Neuroplasticidade cerebral. Aprendizagem e memória. Relações entre a neuroplasticidade, memória e aprendizagem. Experiências práticas em neuroplasticidade. Relações entre a educação, dificuldades de aprendizagem e neuroplasticidade.” (UFCA, 2017, p. 150).	Sistema Nervoso
		Anatomofisiologia neuronal
		Sinapse e impulso nervoso
		Neuroanatomorfofisiologia
		Sistemas sensoriais
		Sistema somático
		Desenvolvimento ontofilogenético do Sistema Nervoso
		Relações entre a neuroplasticidade, memória e aprendizagem
		Experiências práticas em neuroplasticidade
		Relações entre a educação, dificuldades de aprendizagem e neuroplasticidade
10	“Introdução à neurociência da aprendizagem; conceitos fundamentais sobre memória e aprendizagem; Neuroeducação.” (UFS, 2008, p. 1)	Neurociência da Aprendizagem
		Memória
		Aprendizagem
		Neuroeducação

11	"Neurônios e neuróglia. Sinalização neuronal. Transmissão sináptica. Neuroplasticidade. Organização geral do sistema sensorial: receptores sensoriais e transdução de sinais. Sistema somestésico e sentidos especiais. Sistemas geradores de movimento. Sistemas neurovegetativos. Sistema vestibular. Sistema imunoneuroendócrino. Homeostasia e controle de comportamentos motivados. Ritmos biológicos. Aspectos neurofisiológicos relacionados à percepção, atenção, memória e aprendizagem. Aspectos neurofisiológicos relacionados à emoção. Envelhecimento." (UFS, 2008, p.1)	Neurônios e neuróglia
		Sinalização neuronal e Transmissão sináptica
		Neuroplasticidade
		Sistema Sensorial
		Sistema somestésico e sentidos especiais
		Sistemas geradores de movimento
		Sistemas neurovegetativos
		Sistema vestibular
		Sistema imunoneuroendócrino
		Homeostasia e controle de comportamentos motivados
		Ritmos biológicos
		Neurofisiologia da percepção, atenção, memória e aprendizagem e emoção
		Envelhecimento
12	"Contribuições da Neuropsicologia do desenvolvimento para a formação do professor da Educação infantil e dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Aspectos neuropsicológicos dos processos cognitivos e suas relações com o processo de ensino-aprendizagem. Principais Transtornos de Aprendizagem e do Neurodesenvolvimento: Dislexia, Disgrafia, Discalculia, TDAH. Elaboração de um planejamento pedagógico para diferentes quadros clínicos, considerando as suas especificidades neurodesenvolvimentais e cognitivas." (UFRPE, 2018, p. 172)	Contribuições da Neuropsicologia do desenvolvimento na Educação infantil e Ensino Fundamental I.
		Neuropsicologia cognitiva e sua relação com ensino e aprendizagem
		Transtornos específicos de Aprendizagem e do Neurodesenvolvimento
		Planejamento pedagógico para os diferentes quadros clínicos, considerando os principais transtornos de aprendizagem

Fonte: Autora (2023)

Com base no Quadro 4, apresentado anteriormente, das 12 ementas analisadas, obtivemos 122 Unidades de Registro. Após extraímos as Unidades de Registro das Unidades de Contexto, verificamos a frequência das Unidades de Registro contidas nas ementas dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas. No Quadro 5, de alinhamento de tais Unidades, apresentamos a frequência das Unidades de Registro encontrada nos cursos analisados.

(II) Alinhamento das Unidades de Registro

Após a identificação das Unidades de Registro e da frequência com que aparecem nas ementas, procedemos ao refinamento por meio de cores, que indicarão a formação dos Eixos Temáticos. Considerando que dentre as 122 Unidades de Registro existem algumas com o mesmo significado ou significados próximos, utilizamos o alinhamento semântico com cores

para agrupar as Unidades de Registro iguais ou semelhantes em um mesmo grupo. Ou seja, cores iguais significam convergência das Unidades de Registro a um determinado Eixo Temático.

Quadro 5 - Unidades de Registro Alinhadas e sua frequência nas ementas

Unidades de Registro Alinhadas	**f**
Bases neurológicas do aprendizado	01
Bases biológicas da cognição e aprendizagem humana	01
Aprendizado	02
Aprendizagem	02
Aprendizagem da matemática	01
Formação de professores	01
Abordagem da prática educacional	01
Neurociência da Aprendizagem	01
Neuropsicologia cognitiva e sua relação com ensino e aprendizagem	01
Neuroquímica da Aprendizagem	01
Estruturas cerebrais como interfaces do processo ensino - aprendizagem	01
Plasticidade neural	01
Neuroplasticidade	01
Plasticidade cerebral e sua relação com a aprendizagem efetiva e reabilitação humana	01
Experiências práticas em neuroplasticidade	01
Cronobiologia	01
Sono	01
Ritmos biológicos	01
A influência sociocultural e histórica na aprendizagem	01
Abuso de drogas	01
Atenção	02
Motivação	01
Controle autônomo do comportamento e a motivação	01
Homeostasia e controle de comportamentos motivados	01
Emoção	01
Neurobiologia das emoções	02
O papel da emoção na aprendizagem	01
Sistemas de controle das emoções	01
Memória	04
Teorias e tipos de memória (memória de curta, média e longa duração)	01
A memória e o cérebro (sinapses nervosas, aprendizagem, amnésia, consolidação da memória, memória e lobos cerebrais)	01
O tecido nervoso como base orgânica da mente	01
A mente e a consciência	01
Linguagem	04
Bases biológicas da linguagem	01
Contribuições de Paul Broca e Karl Wernicke e sua relação com as pesquisas atuais sobre a aquisição e processamento da linguagem.	01
Dominância do hemisfério esquerdo para a linguagem	01
Teorias e Distúrbios da linguagem, incluindo a afasia de Broca e Wernicke.	01
Mecanismos de linguagem e atenção	01
Fala	01
Plasticidade cerebral nos mecanismos da linguagem, memória e aprendizagem	01
Relações entre a neuroplasticidade, memória e aprendizagem.	01

Funções Executivas superiores	01
Estudo multidisciplinar das bases biológicas das funções cognitivas e emocionais do cérebro.	01
Importância dos órgãos dos sentidos para a aprendizagem humana e as inteligências múltiplas	01
Sistemas sensoriais	03
Sistema vestibular	01
Audição	01
Sensação somática	01
Sistema somático	01
Processamento visuo-espacial	01
Visão	01
Percepção	01
Sistema Sensorial	01
Sistema somestésico e sentidos especiais	01
Sistemas geradores de movimento	01
Sistema motor (medular e cortical)	01
Sistema motor	02
Contribuições da Neuropsicologia do desenvolvimento na Educação infantil e Ensino Fundamental I	01
Neuroeducação	01
Importância e tendências da Neurociência Cognitiva para a Educação	01
Avanços e descobertas das neurociências ligadas à educação	01
História da neurociência	01
Estudo multidisciplinar da organização do sistema nervoso a nível de sistemas (neuroan[a]tômico-funcional)	01
Estudo multidisciplinar da organização do sistema nervoso a nível celular (neurônio e glia)	01
Estudo multidisciplinar da organização do sistema nervoso a nível a nível molecular (sistemas de neurotransmissores)	01
Sistemas de neurotransmissores	01
Morfofisiologia dos neurônios	01
Principais vias neurais em mamíferos	01
Sistema nervoso	01
Neurobiologia	01
Fundamentos da anatomofisiologia	01
Estudo sobre o funcionamento do cérebro	01
Neuroanatomia funcional de invertebrados e mamíferos	01
Neuroanatomorfofisiologia celular	01
Transmissão sináptica	01
Anatomia do cérebro	01
Controle químico do cérebro	01
Excitação neuronal (potencial de repouso, potencial de ação)	01
Sinapse elétrica e química e sistemas de neurotransmissores	01
Neurônios e neuróglia	01
Sinalização neuronal e Transmissão sináptica	01
Desenvolvimento e sistema nervoso	01
Diferenças cerebrais entre os sexos	01
O cérebro da criança e do adolescente	01
Estudo sobre o desenvolvimento dos processos neuropsicobiológicos, associados a questões de gênero, faixa geracional e ética	01
Desenvolvimento cerebral	01
Maturação do cérebro	01

Bases biológicas do desenvolvimento e comportamento humano	01
Desenvolvimento Ontofilogenético do Sistema Nervoso	01
Envelhecimento	01
Transtornos mentais	01
Principais distúrbios e transtornos da aprendizagem	01
Neurobiologia dos transtornos de Aprendizagem	01
Caracterização patológica e intervenção pedagógica dos principais distúrbios e transtornos fisiológicos da aprendizagem	01
Transtornos específicos de Aprendizagem e do Neurodesenvolvimento	01
Relações entre a educação, dificuldades de aprendizagem e neuroplasticidade	01
Planejamento pedagógico para os diferentes quadros clínicos, considerando os principais transtornos de aprendizagem	01
Psicofarmacologia das doenças mentais e neurodegenerativas	01
Doenças mentais	01
Sistemas neurodegenerativos	01
Sistemas imunoindrócrino	01

Fonte: Autora (2023)

Após o alinhamento semântico das 122 Unidades de Registro, reduzimo-las a 17 Unidades, com base na similaridade semântica. Esse processo de alinhamento é demostrado no Quadro 6, em que partimos dos pressupostos que uma mesma ideia pode ser expressa por meio de palavras diferentes que conduzem a uma mesma temática. Assim, unimos e reduzimos por meio de um tema, as Unidades de Registro que apresentassem mesmo significado. Esse refinamento semântico e redução das Unidades de Registro é essencial para o processo de constituição dos Eixos Temáticos e, posteriormente, das Categorias de Análise.

Quadro 6 - Unidades de Registro Alinhadas

Unidades de Registro Alinhadas
Aprendizagem
Processos Cognitivos
Formação de Professores
Neurociência da Aprendizagem
Motivação
Emoção
Neuroplasticidade
Ritmos biológicos
Funções Executivas Superiores
A influência sociocultural e histórica na aprendizagem
Importância dos órgãos dos sentidos para a aprendizagem humana
Sistema Somático-Motor
Neuroeducação
Anatomofisiologia do Sistema Nervoso
Desenvolvimento do Sistema Nervoso
Transtornos de Aprendizagem e Dificuldades de Aprendizagem
Planejamento pedagógico para os diferentes quadros clínicos, considerando os principais transtornos de aprendizagem

Fonte: Autora (2023)

1.2.3 Articulação das Unidades de Registro em Eixos Temáticos

Nesse segundo momento, apresentamos a articulação das 17 Unidades de Registro alinhadas em Eixos Temáticos, por meio de confluências e divergências, ou seja, identificando similaridades e divergência entre elas, que nos conduziu a elaboração dos Eixos Temáticos. Nesse sentido, Rodrigues salienta que:

> A articulação entre as Unidades de Registro para constituir os Eixos Temáticos é realizada por meio de suas divergências e confluências e se configura como um procedimento minucioso de interpretação de cada uma das Unidades de Registros, articulando-as entre si [...]. (RODRIGUES, 2016, p. 107).

A constituição dos Eixos Temáticos a partir das Unidades de Registro alinhadas exige intepretações minuciosas do pesquisador, uma vez que, é por meio dos Eixos Temáticos que serão formadas as Categorias de Análise. Ao final deste processo, obtivemos 07 Eixos Temáticos, a saber: Neurociência da Aprendizagem; Importância do Sistema Sensorial, Somático-Motor para a aprendizagem; Neuroeducação; Neuroanatomorfofisiologia; Neurodesenvolvimento; Transtornos de Aprendizagem e Dificuldades de Aprendizagem e Planejamento pedagógico para os principais transtornos de aprendizagem.

Apresentamos, a seguir no Quadro 7, a articulação das 17 Unidades de Registro em 07 Eixos Temáticos.

Quadro 7 - Articulação das Unidades de Registro em Eixos Temáticos

Unidades de Registro Alinhadas	**Eixos Temáticos**
Aprendizagem	Neurociência da Aprendizagem
Processos Cognitivos	
Formação de Professores	
Neurociência da Aprendizagem	
Motivação	
Emoção	
Neuroplasticidade	
Ritmos biológicos	
Funções Executivas Superiores	
A influência sociocultural e histórica na aprendizagem	
Importância dos órgãos dos sentidos para a aprendizagem humana	Importância do Sistema Sensorial, Somático-Motor para a aprendizagem
Sistema Somático-Motor	
Neuroeducação	Neuroeducação
Anatomofisiologia do Sistema Nervoso	Neuroanatomorfofisiologia
Desenvolvimento do Sistema Nervoso	Neurodesenvolvimento
Transtornos de Aprendizagem e Dificuldades de Aprendizagem	Transtornos de aprendizagem e dificuldades de aprendizagem

Planejamento pedagógico para os diferentes quadros clínicos, considerando os principais transtornos de aprendizagem	Planejamento pedagógico para os principais transtornos de aprendizagem

Fonte: Autora (2023)

Assim, constituímos 07 Eixos Temáticos (Quadro 8), a partir dos quais serão constituídas as Categorias de Análise.

Quadro 8 - Eixos Temáticos

Eixos Temáticos
Neurociência da Aprendizagem
Importância do Sistema Sensorial, Somático-Motor para a aprendizagem
Neuroeducação
Neuroanatomorfofisiologia
Neurodesenvolvimento
Transtornos de aprendizagem e dificuldades de aprendizagem
Planejamento pedagógico para os principais transtornos de aprendizagem

Fonte: Autora (2023)

1.2.4 Articulação dos Eixos Temáticos em Categorias de Análise

Neste terceiro momento, apresentamos as Categorias de Análise constituídas ao longo do processo de tratamento e análise de dados. A constituição das categorias de análise é:

> [...] uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão das características comuns destes elementos. (BARDIN, 2016, p. 147).

Ainda, Paulin reitera que o processo de categorização e análise interpretativa dos dados "[...] exprime um olhar que carrega a experiência própria, a interpretação, a nossa posição, bem como o contexto histórico que vivenciamos, o objeto investigado e a problemática da pesquisa." (PAULIN, 2015, p. 87).

Assim, realizamos a articulação de 07 Eixos Temáticos em 02 Categorias de Análise (Quadro 9).

Quadro 9 - Constituição das Categorias de Análise a partir dos Eixos Temáticos

Eixos Temáticos	Categorias de Análise
Neurociência da Aprendizagem	Neurociência da Aprendizagem
Importância do Sistema Sensorial, Somático-Motor para a aprendizagem	
Neuroeducação	
Neuroanatomorfofisiologia	
Neurodesenvolvimento	
Transtornos de aprendizagem e dificuldades de aprendizagem	Transtornos e Dificuldades de Aprendizagem e Intervenção Pedagógica
Planejamento pedagógico para os principais transtornos de aprendizagem	

Fonte: Autora (2023)

O processo de tratamento dos dados presente nas ementas analisadas permitiu a constituição de duas Categorias de Análise, a saber: ***(I)*** Neurociência da Aprendizagem; ***(II)*** Transtornos e Dificuldades de Aprendizagem e Intervenção Pedagógica. Podemos verificar que a constituição categorial se vincula ao problema de pesquisa que é: *"Como os estudos da relação entre o Sistema Nervoso e a Aprendizagem estão inclusos e configurados nos currículos das licenciaturas em Ciências Biológicas das Universidades e Institutos Federais Brasileiros, e, quais as potencialidades dos estudos neurocientíficos da aprendizagem na formação inicial de professoras/es de Biologia?"*

1.3 Referencial Conceitual

Nesse momento, apresentamos a base conceitual que subsidia esta pesquisa. Neste referencial iremos apresentar os aspectos conceituais sobre Sistema Nervoso e Aprendizagem; Dificuldades de Aprendizagem versus Transtornos de Aprendizagem e Currículo e Formação Docente.

1.3.1 Sistema Nervoso e Aprendizagem

Segundo Tortora e Derrickson (2016, p. 555-556), dentre os sistemas corporais, o sistema nervoso é um dos mais complexos e constitui-se como o sistema responsável por nossas percepções, memória, comportamentos e movimentos voluntários. O sistema nervoso (SN), possui duas principais divisões, o sistema nervoso central (SNC) e o sistema nervoso periférico (SNP). O sistema nervoso central (SNC) reúne as estruturas localizadas dentro do crânio e coluna vertebral, as quais são encéfalo e medula espinhal. Já o sistema nervoso periférico é

formado por gânglios, nervos e terminações nervosas. “Ambos são constituídos de dois tipos celulares principais: neurônios e gliócitos.” (LENT, 2010, p.4).

Os neurônios são as principais células com capacidade de sinalização elétrica do sistema nervoso. Ao contrário, as células da glia ou gliócitos não são capazes de realizar sinalização elétrica, no entanto, possuem a função de suporte à atividade neural realizada pelos neurônios. Segundo Purves, as células da glia possuem funções de:

> Manter o ambiente iônico das células nervosas, modular a velocidade de propagação do sinal nervoso, modular a atividade sináptica por meio da captação de neurotransmissores na fenda sináptica ou próximo a ela, fornecer arcabouço estrutural durante alguns aspectos de desenvolvimento neural e auxiliar (e, às vezes impedir) a regeneração neural após lesão. (PURVES, 2010, p.9).

Sem as células da glia, as funções do SNC, como a aprendizagem, não seriam possíveis, pois toda atividade neural produtora de aprendizado depende do trabalho das células gliais. Portanto, o agrupamento entre neurônio e células da glia formam circuitos neurais no sistema nervoso que funcionam como repositório de informações que geram aprendizado. Quanto mais essas redes multicelulares forem complexas maior será a complexidade cognitiva e comportamental no sistema nervoso que as desenvolvem (LENT, 2018, p.41).

Nessa perspectiva, sobre os neurônios, Tortora e Derrickson defendem que:

> [...] os neurônios (células nervosas) apresentam excitabilidade elétrica, ou seja, a capacidade de responder a um estímulo e convertê-lo em um potencial de ação. Um estímulo é qualquer mudança no ambiente que seja forte o suficiente para iniciar um potencial de ação. Um potencial de ação (impulso nervoso) é um sinal elétrico que se propaga pela superfície da membrana de um neurônio. Ele começa e se propaga devido à passagem de íons (como sódio e potássio). (TORTORA; DERRICKSON, 2016, p. 407).

Nesse sentido, a morfofisiologia dos neurônios possui estruturas especializadas que possibilita a capacidade de sinalização, essas estruturas são: dendritos, corpo celular, axônio e terminais sinápticos. Os dendritos são regiões responsáveis pela recepção de estímulos, por isso ramificam-se de modo semelhante a uma árvore, multiplicando as regiões receptoras de informação. É por meios dos dendritos que os neurônios recebem os sinais elétricos vindos de outras células nervosas (LENT, 2010, p. 16). O corpo celular, também denominado de soma, é o local de metabolismo celular (KANDEL, 2014, p. 20). O axônio é um prolongamento formado a partir do corpo celular e tem como função a transmissão da informação (PURVES, 2010, p.7). Após a informação ser transferida pelo axônio chega na região final do neurônio, os terminais

sinápticos, onde ocorre a comunicação neural, chamada de sinapse. “A célula nervosa que está transmitindo o sinal é chamada de célula pré-sináptica; a célula receptora do sinal é a célula pós-sináptica.” (KANDEL, 2014, p.20).

Existem dois tipos de sinapses, com base em seus mecanismos de transmissão podem ser classificadas em sinapse elétrica ou química, conforme salienta Purves:

> Na sinapse elétrica, a corrente flui através de junções comunicantes, as quais são canais de membrana especializados que conectam as duas células. Em contraste, as sinapses químicas permitem a comunicação neurônio-a-neurônio através da secreção de neurotransmissores; esses agentes químicos liberados pelos neurônios pré-sinápticos produzem uma corrente secundária nos neurônios pós-sinápticos por ativação de moléculas receptoras específicas. (PURVES, 2010, p.85).

Para Riesgo (2016, p.11), a sinapse elétrica está mais relacionada ao desenvolvimento neuropsicomotor, já a sinapse química relaciona-se mais com o processo de aprendizagem. As sinapses elétricas por serem mais simples são mais rápidas e apresentam baixa capacidade de modulação, ao contrário, as sinapses químicas são mais lentas e possuem maior capacidade modulatória, podendo modificar as mensagens que transmitem de acordo com as circunstâncias (LENT, 2010, p.112).

Assim, as sinapses químicas são as regiões especificas dos circuitos neurais onde o processo de aprendizagem acontece, como descreve Lent:

> A sinapse, portanto, é a sede celular da aprendizagem e da memória, o local onde se dão os mecanismos moleculares de que os neurônios dispõem para prolongar a permanência de um fenômeno observado ou captado. Representa o sítio mais reducionista de representação da aquisição e consolidação dos fenômenos de aprendizagem. É na sinapse que o neurônio aprende. (LENT, 2018, p. 33).

Dessa forma, a aprendizagem pode envolver a formação de novas sinapses ou perda de outras, podendo ser reestruturadas conforme os estímulos que forem válidos a sobrevivência e bem estar do indivíduo. Dado que a aprendizagem é um processo diário conforme as experiências de vida e que os circuitos neurais são flexíveis, toda aprendizagem envolve formação e perdas de sinapses, ou seja, é condicionada por meio da plasticidade cerebral que segundo Filho, Bridi e Rotta (2016, p.4), pode acontecer por: plasticidade sináptica, remodelamento neuronal e neurogênese. Entende-se como plasticidade “o conjunto de

processos fisiológicos, em nível celular e molecular, que explica a capacidade das células nervosas de mudar suas respostas a determinados estímulos.” (IZQUIERDO, 2011, p.55).

A plasticidade cerebral é modelada pelas mudanças ambientais em que o aprendiz se encontra. Pois,

> [...] está diretamente relacionada com o estímulo oferecido, ou seja, ao fornecermos um estímulo incorreto, obteremos uma resposta inadequada. Sendo assim, com estratégias bem elaboradas, ao oferecermos um estímulo mais próximo do correto ou funcional, estaremos exigindo e proporcionando uma reorganização cerebral mais próxima do típico ou esperado. (BITENCOURT; ROTTA, 2016, p. 170).

Nesse contexto, fica clara a influência dos estímulos ambientais na aprendizagem, pois aprender é um processo que decorre das mudanças no sistema nervoso central, que, são realizadas a fim de adaptam-se aos estímulos ambientais impostos. Dessa forma, corroboramos com Rotta sobre a seguinte definição de aprendizagem:

> A aprendizagem é definida como modificações do SNC, mais ou menos permanentes, quando o indivíduo é submetido a estímulos e/ou experiências de vida, que serão traduzidas em modificações cerebrais. Dessa forma, fica bem claro que as alterações plásticas são as formas pelas quais se aprende. (ROTTA, 2016, p. 469).

Ou seja, a aprendizagem ocorre no sistema nervoso central, gerida por um conjunto de células nervosas altamente excitáveis que trabalham mediadas pela ação de estímulos internos e externos. Para realizar essa tarefa, os neurônios, uma vez excitados, possuem a capacidade de plasticidade gerando sinais elétricos através das membranas neurais que são transferidos de uma célula a outra, permitindo com que o cérebro receba, processe e armazene informação na forma de aprendizado.

Dessa forma, é no sistema nervoso central, especificamente no cérebro que se integram as capacidades cognitivas, os registros de diferentes experiências socias e impactos emocionais. Para Falco e Kuz (2016, p. 45), o cérebro é o único órgão capaz de desenvolver aprendizagem. Esta, no entanto, requer o trabalho de todo o corpo, mas é o cérebro que seleciona, prioriza, processa informações, registra, evoca, ordena respostas motoras e consolida capacidades, constituindo-se a unidade receptora de estímulos. Assim, a aprendizagem é constituída por um grande número de processos, dos quais alguns dos mais importantes são a motivação, emoções, atenção e memória. São todos processos neurais necessário para levar em consideração ao enfrentar o desafio de ensino, por isso, é essencial que o professor tenha uma compreensão básica da estrutura e função do sistema nervoso (FALCO; KUZ, 2016, p. 46).

1.3.2 Dificuldades de Aprendizagem versus Transtornos de Aprendizagem

As dificuldades de aprendizagem são difíceis de serem descritas pois envolvem várias causas, podem surgirem nos anos iniciais ou ao longo do ensino fundamental e médio, também podem ser de natureza transitória ou permanente, ou ainda, ter causa socioeconômica, emocional ou pedagógica. Além disso, é comum encontramos os termos dificuldades de aprendizagem como sinônimo de transtornos de aprendizagem, porém são condições diferentes. Nesse sentido, concordamos com Rotta (2016), a qual conceitua e diferencia as dificuldades de aprendizagem e transtornos de aprendizagem da seguinte forma:

> Dificuldades para a aprendizagem é um termo genérico que abrange um grupo heterogêneo de problemas capazes de alterar as possibilidades de a criança aprender, independentemente de suas condições neurológicas para fazê-lo. A expressão transtornos da aprendizagem deve ser reservada para aquelas dificuldades primárias ou específicas, que são resultado de alterações do SNC e que constituem os transtornos capazes de comprometer o desenvolvimento. (ROTTA, 2016, p. 97).

Para a autora, diferente dos transtornos de aprendizagem que envolve alterações funcionais do sistema nervoso central, nas dificuldades de aprendizagem existem fatores tanto de ordem interna quanto externa, os quais são: **(I)** fatores relacionados a escola que estão intrinsicamente ligados ao desempenho escolar, visto que, se o estudante não tiver acesso à boas condições físicas da sala de aula (ambiente estruturalmente seguro e agradável), métodos de ensino e materiais adequados as suas necessidades, como também boas condições do corpo docente (qualificação, motivação, remuneração), seu rendimento escolar será baixo; **(II)** fatores relacionados com a família em que condições socioeconômicas como histórico de alcoolismo, uso de drogas e desemprego influenciam o fracasso escolar e **(III)** fatores relacionados ao estudante como transtornos psiquiátricos, deficiência mental ou patologias que afetam o sistema nervoso central podem acometer o processo de aprendizagem do mesmo (ROTTA, 2016, p. 98-100).

Nesse sentido, de acordo com a OCDE (2007, p. 95-98), o ambiente social influencia no processo aprendizagem, uma vez que, estar em sociedade e desenvolver interações positivas faz com que o cérebro libere oxitocina, substância que desempenha um papel fundamental na ativação de boas emoções, propiciando um vínculo social harmônico em sala de aula, tornando-a um ambiente frutífero para a aprendizagem. Além disso, a regulação das emoções é um fator imprescindível para que ocorra o aprendizado, pois o estudante que é feliz em sua comunidade tende a ser motivado e produtivo. Nessa perspectiva, Ohlweiler 2016, acrescenta que “o

glutamato, o GABA, a dopamina, a noradrenalina, a serotonina e a acetilcolina são os principais neurotransmissores envolvidos com a aprendizagem e a memória e são moléculas pequenas e simples." (OHLWEILER, 2016, p. 35).

Ao contrário do que foi apresentado anteriormente, segundo a OCDE (2007, p. 98-100), as emoções negativas como estresse e excesso de medo podem prejudicar a construção do conhecimento e memória, tendo em vista que o corpo em tais situações entra em estado de alerta e acaba liberando vários hormônios que induzem respostas constantes para tentar tirar o indivíduo do "perigo" (estresse e medo). Dessa forma, as funções vitais acabam focando a atenção e energia do estudante no que é importante no momento, sobreviver a tais situações, o que prejudica o desenvolvimento da aprendizagem, pois as funções cognitivas não estão voltadas para o aprendizado no momento.

Nesse sentido, concordamos com as afirmações de Cosenza e Guerra (2011) quando salientam que "é importante que o ambiente escolar seja planejado de forma a mobilizar as emoções positivas (entusiasmo, curiosidade, envolvimento, desafio), enquanto as negativas (ansiedade, apatia, medo, frustração) devem ser evitadas para que não perturbem a aprendizagem." (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 84).

Quanto aos transtornos de aprendizagem, em virtude das diferentes definições na literatura sobre os mesmos, apresentaremos neste trabalho, as definições de autores que consideramos consistentes com as nossas concepções sobre os transtornos de aprendizagem mais estudados na área educacional como: dislexia, discalculia, disgrafia, Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Segundo Oliveira e colaboradores (2020, p.11), a **dislexia** pode ser definida como uma dificuldade na leitura e escrita, fazendo com que se tenha um impasse entre os sons da fala com a escrita e a troca de letras semelhantes como p,b,d e q. Ou seja, a dislexia é um desequilíbrio no desenvolvimento das habilidades de reconhecimento de palavras e de ortografia (APA, 2014, p. 67). Existem três tipos de dislexia: a visual, a auditiva e a mista que combina as duas descritas anteriormente. Para Rotta e Pedroso (2013, p.135), o disléxico visual confunde palavras e letras por meio de processos de inversões e reversões o que gera dificuldades de reter sequências visuais observadas. Já na dislexia do tipo auditiva, a característica principal é "[...] a dificuldade em relacionar o som (fonema) com o símbolo (grafema) e tem como causa um possível déficit no processamento fonológico ou no processamento auditivo central." (OLIVEIRA, *et al*., 2020, p.11).

A **discalculia** é uma disfunção das habilidades matemáticas, segundo Hudson (2019, p. 42), indivíduos com discalculia podem apresentar dificuldades na interpretação dos números,

como por exemplo, não saber diferenciar qual número é maior que outro; não saber arredondar número quando preciso; inverter valores que possuem números semelhantes como, escrever 350 ao invés de 305; apresenta dificuldades em interpretar enunciados de questões, ou ainda, podem utilizar os dedos com frequência para realizar cálculos (não conseguem calcular mentalmente) e possuem dificuldades em multiplicação, dentre outras.

Na **disgrafia** o estudante sabe escrever, mas a ortografia é afetada devido à dificuldade em desenhar as letras, torando-as ilegíveis e desorganizadas, esse transtorno é conhecido como "letra feia" (OLIVEIRA *et al*., 2020, p.13). Na disgrafia, a expressão de ideias por escrito também é afetada, uma vez que, o indivíduo não consegue escrever as ideias nos mesmos ritmos que vão surgindo na mente, acarretando em dificuldades no planejamento textual. Para Hudson (2019):

> Indivíduos com disgrafia estão dentro da faixa normal de inteligência, mas eles lutam para colocar suas ideias no papel de forma clara e coerente. Sua caligrafia pode ser ilegível ou desorganizada apesar do considerável esforço empregado, e há uma disparidade entre ideias e compreensão expressas verbalmente e aquelas apresentadas por escrito. Sua capacidade de leitura é normal, mas a ortografia pode ser afetada, embora este nem sempre seja o caso. (HUDSON, 2019, p. 71).

A escrita é um dos meios de comunicação mais importante para a avaliação do processo de aprendizagem, não somente isso, é por meio da escrita que o indivíduo pode se comunicar socialmente de forma clara e objetiva. Assim, o domínio da escrita desenvolvida por meio da escolarização exerce efeitos na comunicação social que é direito da cidadania, é por meio desse direito que o cidadão pode reivindicar seus direitos, ter liberdade de expressão e exercer seus deveres. Desse modo, a falta de identificação e tratamento da disgrafia promove barreiras cognitivas que interferem na participação social dos indivíduos que a possuem, pois a capacidade de se comunicar e transferir suas ideias em formas de textos encontra-se comprometida.

A APA, no Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM -V), define o **TDAH** (Transtornos do Déficit de Atenção e Hiperatividade) como:

> [...] um transtorno do neurodesenvolvimento definido por níveis prejudiciais de desatenção, desorganização e/ou hiperatividade-impulsividade. Desatenção e desorganização envolvem incapacidade de permanecer em uma tarefa, aparência de não ouvir e perda de materiais em níveis inconsistentes com a idade ou o nível de desenvolvimento. Hiperatividade-impulsividade implicam atividade excessiva, inquietação, incapacidade de permanecer sentado, intromissão em atividades de outros e incapacidade de aguardar – sintomas que são excessivos para a idade ou o nível de desenvolvimento. (APA, 2014, p. 32)

Nesse contexto o TDAH é classificado como um distúrbio neurobiológico mais frequente na infância e predominante no sexo masculino. Caracteriza-se pela falta de atenção hiperatividade e impulsividade, interferindo no desempenho individual, escolar e relacionamento interpessoal.

Segundo Becker e Riesgo, "os transtornos do espectro autista (TEA) são um grupo de transtornos do neurodesenvolvimento que têm em comum uma díade bem definida de sintomas, caracterizada por déficits na interação social e comunicação, bem como um repertório restrito de interesses." (BECKER; RIESGO, 2016, p. 357). Existem diferentes tipos de TEA, que para os autores possuem etiologia multifatoriais e constituem-se como transtornos heterogêneos e complexos.

Nessa perspectiva, as definições anteriormente apresentadas nos permitem compreender que a aprendizagem é um processo multifatorial que propicia a reorganização das conexões neurais no cérebro para readaptar-se a novas circunstâncias e, é notada por meio de mudanças comportamentais constantes como consequência da aquisição de novos conhecimentos e experiências. Assim, os aspectos neurobiológicos, ambientais e comportamentais envolvidos na aprendizagem são importantes para o entendimento tanto do ato de aprender quanto de ensinar. Demandando nesse sentido, um conjunto de ações pedagógicas que influenciam o desenvolvimento do aprendizado, como atividades de práticas coletivas que promovem o aprendizado entre pares, uma vez que, somos seres que aprendemos ao longo da evolução com outros seres humanos.

1.3.3 Currículo e Formação Docente

O currículo é um documento que organiza e delimita os conteúdos a serem ensinados, fazendo com que os sistemas de ensino, professores e estudantes estejam constantemente seguindo um padrão, ou seja, seguindo um mesmo objetivo de ensino e aprendizagem. Segundo Sacristán (2013), o currículo tem o seguinte conceito:

> Em sua origem, significava o território demarcado e regrado do conhecimento correspondente aos conteúdos que professores e centros de educação deveriam cobrir; ou seja, *o plano de estudos* proposto e imposto pela escola aos professores (para que o ensinassem) e aos estudantes (para que o aprendessem). De tudo aquilo que sabemos e que, em tese, pode ser ensinado ou aprendido, o **currículo a ensinar** é uma seleção organizada dos conteúdos a aprender, os quais, por sua vez, regularão a prática didática que se desenvolve durante a escolaridade. (SACRISTÁN, 2013, p.17).

Ou seja, para o autor o currículo tem o sentido de:

> [...] constituir a carreira do estudante e, de maneira mais concreta, os conteúdos deste percurso, sobretudo sua organização, aquilo que o aluno deverá aprender e superar e em que ordem deverá fazê-lo. (SACRISTÁN, 2013, p.16).

Dessa forma, o currículo apresenta um poder regulador, em que organiza e ao mesmo tempo une as ações de ensinar e aprender (SACRISTÁN, 2013, p.17). Assim, para que a ideia do currículo como um conjunto de conhecimentos sistematizados e padronizados possa fazer sentido deve estar, intimamente, associada às necessidades biopsicossociais, especialmente, ao desenvolvimento humano. Nessa perspectiva, ao elaborar um currículo é necessário levar em consideração a concepção de ser humano e quais as funções das instituições de ensino para promover seu desenvolvimento. Nesse sentido, corroboramos com LIMA (2007), a qual defende que na elaboração de um currículo deve-se considerar a formação humana, pois, "[...] precisa ser *situado historicamente*, uma vez que os instrumentos culturais que são utilizados na mediação do desenvolvimento e na dinâmica das funções psicológicas superiores se modificam com o avanço tecnológico e científico." (LIMA, 2007, p. 20).

Quanto a definição de formação docente ou formação de professores, Veiga (2014, p.330) postula que:

> O termo *formação* se insere como elemento do desenvolvimento profissional e de crescimento dos docentes. A formação busca a melhoria dos conhecimentos profissionais, suas habilidades e atitudes na gestão da docência em uma instituição educativa.

Deste modo, a formação docente é contínua e está relacionada ao desenvolvimento profissional, pois, para torna-se um profissional autônomo, reflexivo, crítico e solidário é necessário atualizar-se permanentemente, por meio dos estudos que considerem as mudanças da sociedade contemporânea a fim de fundamentar a prática docente com base na realidade do contexto escolar, do qual o professor faz parte. Nesse sentido, concordamos com a autora quando postula que:

> A formação significa a construção de conhecimentos relacionados a diferentes contextos sociais, culturais, educacionais e profissionais. Formar não é algo pronto, que se completa ou finaliza. Formação é um processo permanente. É interdisciplinar, por articular conhecimentos científicos, éticos, pedagógicos, experienciais. (VIEGA, 2014, p.330)

Nesse sentido, o professor é um dos profissionais que mais deve manter-se atualizado, pois o ofício de sua profissão exige o conhecimento e a compreensão das atualidades da área do saber a qual leciona, como também de outras áreas, de modo a ensinar conteúdos interdisciplinarmente, que façam conexões com o conhecimento de outras disciplinas, como também ensinar dentro do contexto social dos estudantes. Pois, a "docência é uma prática social que, para ser problematizada, compreendida e transformada, precisa ser dialogada e construída nos significados que emergem dos professores e estudantes que a concretizam." (VIEGA, 2014, p. 332).

Além disso, a formação de professores deve proporcionar o conhecimento sobre a aprendizagem dos estudantes que é um dos instrumentos mais essenciais para a prática do professor em sala de aula, o conhecimento do processo de aprendizagem. Nesse sentido, também concordamos com Nóvoa (2009), quando diz que:

> A formação de professores deve assumir uma forte componente práxica, centrada na aprendizagem dos alunos e no estudo de casos concretos, tendo como referência o trabalho escolar. (NÓVOA, 2009, p.32).

Para o autor, na formação docente é necessário que exista a análise de problemas concretos encontrados no contexto escolar e, que, por meio uma reflexão conjunta entre gestores escolares, professores e futuros professores sejam unidos conhecimentos entre teoria e prática para buscar soluções aos problemas de fracasso escolar. Dessa forma, corroboramos com Gatti (2010), quando reitera que:

> A formação de professores profissionais para a educação básica tem que partir de seu campo de prática e agregar a este os conhecimentos necessários selecionados como valorosos, em seus fundamentos e com as mediações didáticas necessárias, sobretudo por se tratar de formação para o trabalho educacional com crianças e adolescentes. (GATTI, 2010, p.1375).

Ainda, a autora enfatiza que:

> A formação de professores não pode ser pensada a partir das ciências e seus diversos campos disciplinares, como adendo destas áreas, mas a partir da função social própria à escolarização – ensinar às novas gerações o conhecimento acumulado e consolidar valores e práticas coerentes com nossa vida civil. (GATTI, 2010, p.1375).

No entanto, nos cursos de formação de professores de Biologia do Brasil, essa não é a realidade existente, uma vez que, segundo Gatti e Nunes (2009, p. 129), há nesses cursos, maior predominância de disciplinas específicas da área e poucos componentes curriculares relativos à educação e docência, pois, "Até agora, a formação para o magistério esteve dominada sobretudo pelos conhecimentos disciplinares, conhecimentos esses produzidos geralmente numa redoma de vidro, sem nenhuma conexão com a ação profissional [...]."(TARDIF, 2012, p. 23).

Nesse sentido, a formação deveria oferecer subsídios para que o professor reflita constantemente sobre suas práticas de ensino que considerem como a aprendizagem ocorre nos cérebros de seus estudantes, pois:

> [...] ao conhecer o funcionamento do sistema nervoso, os profissionais da educação podem desenvolver melhor seu trabalho, fundamentar e melhorar sua prática diária, com reflexos no desempenho e na evolução de seus alunos. Podem interferir de maneira mais efetiva nos processos de ensinar e aprender, sabendo que esse conhecimento precisa ser criticamente avaliado antes de ser aplicado de forma eficiente no cotidiano escolar. (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 145).

Nesse contexto, a neurobiologia do cérebro desempenha um papel crucial na aprendizagem humana, influenciando a plasticidade cerebral, os neurotransmissores, a estrutura cerebral, o estado emocional e o estresse. É um campo de estudo complexo e em constante evolução, o que demanda a formação contínua e continuada dos professores, em busca de compreender como os processos biológicos do cérebro estão envolvidos na aprendizagem e como isso pode ser aplicado na educação e na formação humana. E, especialmente, como permanentemente adaptar o currículo às novas descobertas desse processo. É importante ressaltar que a aprendizagem é um processo multifatorial e envolve a interação complexa entre fatores biológicos, cognitivos, emocionais e ambientais.

2. RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Neste capítulo, apresentamos os resultados da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), buscando responder à questão de investigação da RSL, a saber: "*Quais as contribuições do conhecimento da interrelação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem humana na formação inicial de professores de Biologia?"*. É com base nesta questão que a atividade de busca e seleção de estudos relevantes para esta RSL foram identificados.

Na primeira etapa de busca realizamos o levantamento geral das pesquisas relacionadas à questão de investigação. Na segunda etapa foi realizada a leitura dos títulos e resumos que nos permitiram uma pré-seleção das pesquisas. Já na última etapa, por meio da leitura dos trabalhos na íntegra, foram selecionados os que estavam, intrinsicamente, relacionados ao interesse da RSL. A seguir, é apresentada uma síntese do total de trabalhos científicos identificados, pré-selecionados e inclusos (Tabela 3).

Tabela 3 - Síntese das pesquisas identificadas relacionadas à questão de investigação

Base de Dados	**Trabalhos Identificados**	**Trabalhos Pré-selecionados**	**Trabalhos Inclusos**
Catálogo de Teses e Dissertações - CAPES	337	05	03
SciELO	347	02	0
Scopus	09	0	0
BDTD	08	01	0
Google Acadêmico	953	04	2

Fonte: Autora (2023)

Os dados apresentados na Tabela 3, corroboram com o trabalho de Carvalho (2010) que afirma que "a produção literária nacional com uma visão unificada das relações entre as ciências da mente/cérebro e a educação é escassa." (CARVALHO, 2010, p. 544). Pois, foram identificadas nas cinco bases de dados 1.654 pesquisas, destas, 12 foram pré-selecionadas, e apenas 05 foram inclusas nesta RSL, em razão de estarem de acordo com os critérios de inclusão definidos previamente. Tal fato explica-se devido a maioria dos trabalhos encontrados tratarem da relação entre aprendizagem humana e sistema nervoso na formação inicial docente em outras áreas, principalmente, na pedagogia, ou os que tratavam desse tema na área de Ciências Biológicas se referiam a professores já formados e participantes de cursos de formação continuada, e outros ainda, tratavam da Neurociência aplicada na medicina ou o estudo da aprendizagem em outros animais, como camundongos. No Quadro 10, exibimos as pesquisas

inclusas na RSL que foram compiladas e ordenadas por número, autor(es) e ano, título e a base de dados em que foram encontradas.

Quadro 10 - Trabalhos inclusos e analisados integralmente

N°	Autor(es) e Ano	Título	Tipo*	Base de Dados
1	SANTOS, M, R, 2018	O conhecimento de neurociência cognitiva e a valorização por professores de cursos de licenciatura da área de ciências da natureza.	D	Catálogo de Teses e Dissertação- CAPES
2	THOMAZ, E.M.S,2018	Neurociências e seus vínculos com ensino, aprendizagem e formação docente: percepções de professores e licenciandos da área de ciências da natureza.	D	Catálogo de Teses e Dissertação- CAPES
3	SILVA, M.A,2020	Neurociência, educação e a formação de professores: a percepção sobre origem e aceitação de neuromitos entre licenciandos em ciências da natureza.	D	Catálogo de Teses e Dissertação- CAPES
4	MENEZES, J. P. C, 2022	Neurociência e formação docente: prevalência de mitos em licenciandos e professores no ensino de ciências. Um estudo de caso no distrito federal.	A	Google Acadêmico
5	GOMES, A.R.; JUNIOR, P.D.C, 2018	Diálogos necessários: neurociência, emoções e a formação inicial de professores.	A	Google Acadêmico
***T**: Tese, **D**: Dissertação e **A**: Artigo				

Fonte: Autora (2023)

O estudo de Santos (2018) investigou "De que modo docentes dos cursos de licenciatura da área de Ciências da Natureza (Ciências Biológicas, Física, Química) da Região Metropolitana de Porto Alegre valorizam os conhecimentos da área de Neurociência Cognitiva na formação de professores?" (SANTOS, 2018, p. 17). Para buscar resposta a essa indagação, participaram da pesquisa da autora, dez professores formadores da área de Ciências da Natureza de quatro Universidades (uma pública e três privadas) de Porto Alegre. A autora, utilizou como instrumentos de coleta de dados: questionário, entrevista semiestruturada, ficha de registro de informações obtidas nos PPC dos cursos e diário de pesquisa. As conclusões da autora evidenciam que o conhecimento da Neurociência Cognitiva não está explicitamente incluso nos cursos das licenciaturas, sendo encontradas evidências tímidas de abordagens sobre memória, atenção, emoção e motivação. Além disso, para a autora a maioria dos entrevistados relataram falta de formação sobre o funcionamento cerebral e conhecimentos da Neurociência.

Assim como Santos (2018), Thomaz (2018) também discute sobre de que modo os professores da educação básica e licenciandos da área de Ciências da Natureza estão preparados para incluir no processo de ensino-aprendizagem os conhecimentos da Neurociência Cognitiva.

Os dados de sua pesquisa foram coletados por meio de questionários que foram respondidos por treze professores da educação básica e vinte licenciandos do curso de Ciências da Natureza. Com base nos resultados de seu trabalho, a autora considera que além da pouca utilização dos conhecimentos da Neurociência Cognitiva na sala de aula dos sujeitos da pesquisa, foram encontrados indícios de neuromitos relacionados a Neurociência no campo educacional. Dessa forma, a autora enfatiza a importância de melhorias na formação docente sobre os conhecimentos da Neurociência Cognitiva de modo a contribuir para a qualificação profissional dos professores do Brasil.

Silva (2020), investigou a incidência de aceitação de crenças sobre os conhecimentos da Neurociência e neuromitos de 33 universitários dos cursos de licenciatura em Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química) da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná. Para coleta de dados, o autor utilizou questionário online e entrevista semiestruturada. Como métodos de tratamento e análise dados foram utilizadas a Análise Textual Discursiva e Análise de Cluster. Para o autor, os resultados da pesquisa evidenciam que os licenciandos apresentam crenças na maioria dos dez neuromitos apresentados, o que indica a necessidade de alfabetização neurocientífica, bem como, uma educação fundamentada em evidências científicas.

Menezes (2022), teve o objetivo de analisar a prevalência de mitos sobre o conhecimento do cérebro e da Neurociência entre licenciandos em Ciências Biológicas e professores de Ciências do Fundamental II de uma escola pública de Brasília. Tais conhecimentos foram avaliados por meio de um questionário online, contendo 32 afirmações, sendo 16 referentes ao conhecimento do funcionamento cerebral e suas contribuições para o ensino e 16 relacionadas a neuromitos. Os dados analisados por meio de um programa estatístico (Statistical Package for the Social Sciences – SPSS v25) possibilitou os seguintes resultados: a média de pontuação dos conhecimentos sobre o cérebro foi de 60,3% e a pontuação média acerca dos neuromitos de 37,5%. Diante de tais fatos, o autor conclui que embora os participantes apresentassem interesse no processo de ensino-aprendizagem baseados nos saberes neurocientícos, esse conhecimento é limitado e insuficiente para o desenvolvimento de uma prática docente bem-sucedida.

Gomes e Junior (2018), tiveram como objetivo investigar as emoções de dois estudantes estagiários dos cursos de Física e Ciências Biológicas da UFTM em Minas Gerais, durante as primeiras regências (cinco aulas de 50 minutos cada) em sala de aula, por meio de observação, gravação em áudio/vídeo das regências e entrevista semiestruturada. Através destes, os autores procuram identificar comportamentos negativos e positivo e como eles influenciavam na

tomada de decisões frente as diferentes experiências em sala de aula. Diante dos resultados, os autores defendem que é fundamental existir a interrelação entre os conhecimentos da Neurociência, emoções e formação inicial docente, pois tais conhecimentos podem auxiliar os futuros professores na regulação das diferentes emoções que surgem durante a prática docente, visto que, os estagiários de licenciatura são inexperientes e as experiências negativas podem traumatizá-los, e, em posse de tais conhecimentos podem tornar-se mais flexíveis frente aos desafios enfrentados no início do exercício profissional.

Dentre as cinco pesquisas encontradas nenhuma delas teve o objetivo de investigar a configuração de conteúdos da interrelação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem nos cursos de Ciências Biológicas de Universidades e Institutos Federais do Brasil. Nesse sentido, os resultados da RSL evidenciam que a nível nacional nossa pesquisa tem o objeto de investigação original e constitui-se de grande importância para reflexões sobre a inserção do conhecimento da Neurociência da Aprendizagem na formação inicial de professores de Biologia do Brasil.

Considerando a questão de investigação "*Quais as contribuições do conhecimento da interrelação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem humana na formação inicial de professores de Biologia?",* os cincos trabalhos encontrados discutem de forma tímida esse tema na formação inicial de professores, sendo quatro deles referentes ao curso de Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química) e um ao curso de Física. Foi possível constatar que há um tímido crescimento em pesquisas que buscam entender como os conhecimentos da relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem estão configurados na formação inicial de professores da área de Ciências Biológicas.

Além disso, dentre as cinco pesquisas, três trazem evidências de que existe crença sobre neuromitos no processo de ensino-aprendizagem entre os participantes da pesquisa, o que é um fator preocupante quando se trata de professores ou formandos que atuam e atuarão em sala de aula. No entanto, ressalta-se que por mais que os autores das pesquisas encontradas salientam que existe pouco conhecimento da relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem entre os licenciando ou professores da área de Ciências da Natureza, complementam que entre eles existe a vontade de conhecer e estudar sobre o tema.

Nesse contexto, ressaltamos a importância da inclusão dos conteúdos neurocientíficos nos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas, tanto para satisfazer as necessidades e afinidades de qualificação profissional quanto para o desenvolvimento de habilidades fundamentais que permitam ao futuro professor relacionar conteúdos de Neurociência às estratégias didáticas e pedagógicas apropriadas, a fim de que os licenciados compreendam com mais clareza a funcionalidade do SNC e ações plausíveis que favoreçam a motivação para o ato

de aprender. Pois, pensar na formação inicial de professores a partir da proposta de inclusão dos conhecimentos neurocientíficos da aprendizagem é pensar em contribuir para uma formação mais humana, de modo a considerar que a aprendizagem é um processo complexo e multifatorial e, propor a inclusão desses conteúdos é estabelecer o desenvolvimento de habilidades docente que olhe para o aprendiz com um ser humano inteiro, considerando seus aspectos biológicos, sociais e emocionais.

3. DISCUSSÃO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE

3.1 Neurociência da Aprendizagem

Antes de iniciarmos as discussões dos Eixos Temáticos que compõem a presente Categoria, faremos algumas ressalvas sobre o contexto que remete aos achados desta pesquisa e sobre a configuração dos conteúdos das ementas analisadas.

Ao analisarmos as Unidades de Registro, que emergiram das ementas das licenciaturas em Ciências Biológicas, observamos que trazem de forma predominante, conteúdos como anatomia e fisiologia do sistema nervoso, sistema sensorial, memória e linguagem. Esses conteúdos quando contextualizado a aprendizagem são essenciais a formação inicial de professores, pois acreditamos que a aprendizagem é um processo que acontece com a participação integrada do sistema nervoso, do sistema sensorial, da memória e da linguagem.

Dessa forma, devido a importância e sua representatividade para o exercício profissional docente, esses conteúdos necessitam ser inclusos nas licenciaturas em componentes de natureza obrigatória, visto que, constituem a base pedagógica para o conhecimento dos estudantes e planejamento pedagógico. No entanto, a natureza obrigatória não é a realidade de todos os componentes curriculares analisados neste trabalho, tendo em vista que, dentre os 12, apenas um é obrigatório.

A condição de não obrigatoriedade dos componentes curriculares que tratam da relação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem agrava-se na perspectiva em que alguns componentes curriculares da Neurociência, que deveriam apresentar a relação de seus conteúdos com a aprendizagem, são abordados de forma superficial, por possuírem carga horária insuficiente para a compreensão da complexidade que envolve o processo de aprendizagem e, também, por serem apresentados desvinculados da aprendizagem e dos diferentes contextos da sala de aula. Dessa forma, se são inclusos na formação de professores que seja para promoverem conhecimentos sobre a aprendizagem, pois se seus conteúdos tratam do conhecimento dos sistemas do corpo humano sem relacioná-los à aprendizagem perdem a sua função na formação docente, pois já existem outros componentes curriculares como neuroanatomorfofisiologia humana que tratam especificamente desse tipo de estudo.

A exemplo desses apontamentos, apresentamos as ementas de componentes curriculares de Neurociência abaixo:

> "Neuroanatomia celular. Neurofisiologia celular. Transmissão sináptica. Anatomia do cérebro. Visão. Audição. Sensação somática. Controle químico do cérebro. Sistema motor. Motivação. Emoção. Doenças mentais. O sono. O desenvolvimento do cérebro. Linguagem. Aprendizado e memória." (UFABC, 2016, p. 122).
>
> (Disciplina: Introdução a Neurociência)
>
> "Mecanismos de excitação neuronal (potencial de repouso, potencial de ação). Sinapse elétrica e química e sistemas de neurotransmissores. Sistemas sensoriais. Sistema motor (medular e cortical). Controle autônomo do comportamento e a motivação. Sistemas de controle da emoção. Mecanismos de linguagem e atenção. Mecanismos de memória e aprendizado. Transtornos mentais." (IFPA, 2013, p.137).
>
> (Disciplina: Fundamentos da Neurociência)

Com base na análise das ementas, são predominantes os conteúdos relacionados aos sistemas nervoso, sensorial, motor e aos fatores que podem interferir na aprendizagem como motivação, emoção, e sono, porém, as ementas não apresentam tal relação. Nesse sentido, defendemos que enquanto as ementas das disciplinas deixam de trabalhar a relação desses conteúdos contextualizados com a aprendizagem para se aterem a conhecimentos básicos sobre sistemas do corpo humano[6], por exemplo, deixa-se de valorizar o que de fato interessa ao professor: a aprendizagem. Aliás, o professor, mais que qualquer profissional, precisa compreender como ocorre a aprendizagem, pois, faz parte do seu oficio fazer com que outras pessoas aprendam.

Assim, acreditamos que as configurações curriculares dos conteúdos das ementas tornam-se inviáveis quando exigem maior carga horária de estudo para o conhecimento de outros conteúdos pouco ou não relacionados ao processo de aprendizagem. Sendo que nesse caso, seria primordial "[...] reforçar dispositivos e práticas de formação de professores baseadas numa investigação que tenha como problemática a ação docente e trabalho escolar." (NÓVOA, 2009, p. 19).

Isto posto, iniciaremos a seguir as discussões que envolvem os Eixos Temáticos desta Categoria, iremos discuti-los de forma integrada, pois envolvem Unidades de Registro semelhantes e que se relacionam quando consideramos a presente Categoria. Assim, realizamos

[6] Defendemos que as disciplinas de Neurociência na formação de professores deveriam trabalhar conteúdos como o sistema nervoso relacionando-o com a aprendizagem, pois o professor precisa entender como funciona a aprendizagem no sistema nervoso central, sendo as disciplinas de Neurociência essencial para esse tipo de estudo. Pois se o conteúdo do sistema nervoso é trabalhado na disciplina de Neurociência sem ligação com a aprendizagem, poderia ser trabalhado em disciplinas específicas da área ou que pudesse ser estudado em uma disciplina que fosse pré-requisito para uma outra que sucedesse com o estudo dos conhecimentos da Neurociência da Aprendizagem.

um movimento dialógico envolvendo os seguintes Eixos Temáticos: (I) Neurociência da Aprendizagem; (II) Importância do Sistema Sensorial, Somático-Motor para a aprendizagem; (III) Neuroeducação; (IV) Neuroanatomorfofisiologia e (V) Neurodesenvolvimento.

Por meio do conhecimento sobre neuroplasticidade o professor pode ensinar em sala de aula que o cérebro não possui inteligência fixa, sendo possível por meio de estímulos aprender ou reaprender conteúdos difíceis, induzindo uma mentalidade de crescimento nos estudantes, que por sua vez, os motiva a aprender. Nesse sentido, a implementação da perspectiva neurocientífica na formação de professores, além de orientar a prática docente assertiva também agrega o desenvolvimento escolar dos estudantes. De posse dos conhecimentos da Neurociência da Aprendizagem, o docente aprende a aplicar estímulos, estrategicamente, úteis no processo de ensino e a promover o desenvolvimento de novas conexões neurais que configuram o ato de aprender, sendo possível mudar as possibilidades de aprendizagem (PIZARRO; PASTEN, 2020, p. 5).

Nesse contexto, o componente curricular *Neurofisiologia* (*vide* Quadro 2)*,* apresenta a perspectiva de práticas durante a formação profissional, voltadas à neuroplasticidade, o que defendemos como de suma importância para preparação profissional, como consta no excerto da ementa da disciplina: “Experiências práticas em neuroplasticidade.” (UFCA, 2018, p. 150). No entanto, embora esta não explicita quais práticas em neuroplasticidade os graduandos deverão estudar ou desenvolver. Logo, por reconhecermos que a aprendizagem é, essencialmente, a formação de novas conexões neurais ou o estabelecimento de conexões mais fortes desenvolvidas através de estímulos ambientais, é necessário que os docentes em formação desenvolvam práticas de neuroplasticidade em ambientes de aprendizagem.

Pois, partimos do pressuposto de que pelo motivo dos graduandos serem inexperientes seria imprescindível que na proposta curricular da disciplina *Neurofisiologia* existissem práticas de investigação de alternativas didáticas que fossem comprovadas por meio da experimentação, observação e registro de experiências reais em sala de aula. Assim, os professores em formação poderiam contestar os conteúdos estudados em Universidades na realidade da sala de aula e desenvolver habilidades de ensino voltadas a estimulação da aprendizagem.

Nesse sentido, uma alternativa didática plausível para experiências práticas em neuroplasticidade nos ambientes escolares, seria o planejamento de uma sequência didática que requeresse o conhecimento prévio dos estudantes ou informações relevantes do seu cotidiano, para introduzir conteúdos considerados complexos no ensino de Ciências ou Biologia. Pois, “[...] a neuroplasticidade é um processo desencadeado a partir do processo de ensino e de

aprendizagem juntamente com as experiências de vida a que as pessoas são expostas." (SANTOS, 2018, p. 20). Essa atividade prática pode estimular a aprendizagem, por meio de conhecimentos pré-existentes ou memória afetiva que desencadeiam maior atividade de conexões neurais e, por consequência, favorecem o desenvolvimento bem-sucedido da memória que está intrinsecamente ligada à aprendizagem.

No entanto, ressaltamos que embora a maioria das conexões neurais tenha a capacidade de exercer plasticidade com a finalidade de produzir aprendizado, existem fatores que podem inibir essa modulação neural. Os fatores que descreveremos ao longo dessa discussão representam apenas uma parte dos fatores intervenientes da aprendizagem, como emoções e motivação, que, na educação quando relacionados ao aprendizado podem ser chamados de aprendizagem socioemocional. Esta pode ser incorporada à prática pedagógica, com base em uma concepção ampla do estudante como ser humano integral - um ser social com emoções. O que é de suma importância ao considerar o processo de aprendizagem, pois este acontece em um contexto dinâmico, social e emocional. Na relação professor-estudante é substancial que o professor saiba reconhecer o estado emocional em que os estudantes se encontram, para que os ajude na regulação de suas emoções.

Sem dúvidas, os fatores socioculturais e emocionais interferem no desenvolvimento da plasticidade neural, pressupondo que a aprendizagem não depende somente da ação pedagógica direcionada e dos estímulos neurais assertivos, mas também daqueles fatores, e, que devem ser considerados no ato de ensinar e aprender. Para Cosenza e Guerra (2011, p. 130), por mais que os professores possam potencializar o processo de aprendizagem, este é um fenômeno individual e é fruto da história de vida de cada um. Entretanto, não podemos descartar a importância dos avanços dos conhecimentos neurocientíficos para o desenvolvimento do processo de aprendizagem, pois, a "Educação é o meio mais poderoso de que dispomos para melhorar a aprendizagem e superar limitações nas condições biológicas e ambientais." (GOSWAMI, 2012, p. 47, tradução nossa). Dessa forma,

> A Neurociência procura compreender os processos que sustentam a aprendizagem e delinear fatores causais nas diferenças individuais na aprendizagem. Essas percepções sobre os mecanismos de aprendizagem serão valiosas para a educação, pois proporcionarão informações sobre os motores de desenvolvimento e os alvos ideais para intervenção educacional. (GOSWAMI, 2012, p. 47, tradução nossa).

Assim, os professores não devem apenas compreender e dominar conteúdos, mas também saber como ensiná-los considerando as individualidades cognitivas de cada estudante

para que a aprendizagem alcance a todos. Por esse motivo, Ansari *et al.* (2011, p. 40) afirmam que os conhecimentos da Neurociência Cognitiva devem fazer parte da formação de professores para que estes tenham uma compreensão integral do desenvolvimento do estudante, como também das necessidades biológicas que envolvem os processos de aprendizagem. Pois, o aprendiz é um ser biopsicossocial, único, resultado do meio e de suas particulares experiências de vida que o faz aprender de modo diferente, isto é, seu contexto de vida pode potencializar ou não o processo de aprendizagem. Dessa forma, a sala de aula deve ser um ambiente estimulador, uma vez que, "Todos nascem com talentos, características e habilidades que podem ser desenvolvidas ou atrofiadas, dependendo do ambiente em que cada um vive e da educação recebida." (GONÇALVES *et al.,* 2020, p. 9).

O ambiente de sala de aula e suas interações podem facilitar ou dificultar a neurofisiologia da aprendizagem. Por exemplo, a Neurociência Cognitiva e Social tem mostrado através de seus estudos que o ser humano pode aprender certos comportamentos observando outra pessoa em seu dia a dia, esse processo é chamado de sistema-espelho, onde as ações observadas são processadas no encéfalo de quem as vê de modo a influenciar suas próprias ações (OCDE, 2007, p. 95-97). Nesse caso, a aplicação dos resultados de tais estudos no ambiente de aprendizagem pode beneficiar o sistema educacional. Uma vez que, em sala de aula quando os estudantes são colocados em pares para desenvolverem diferentes atividades, cria-se oportunidades para que os que possuem dificuldades aprendam com os colegas que não as possuem, fortalecendo dessa forma as relações sociais que promovem o desenvolvimento do sentimento de pertencimento social e motivação para aprender.

Igualmente, a implementação de aulas lúdicas é necessária para motivar os estudantes, uma vez que "Motivar é criar situações que levam o estudante a querer aprender." (VIEIRA *et al*., 2010, p. 97). Se os estudantes não possuem motivação para aprender produzem emoções negativas quanto a disciplina lecionada, isso pode levar a indisciplina, estresse e dispersão dos mesmos. Por exemplo, no caso da disciplina de Biologia em que seus conteúdos requerem a compreensão de vários processos biológicos, trabalhar com ensino por investigação é uma alternativa viável, já que, essa forma de ensino desafia e mantém os estudantes atentos na construção do conhecimento, como protagonistas desse processo. Dessa forma, os estudantes encontram significado na atividade que têm a realizar, pois precisam buscar respostas ao problema investigado.

Nesse sentido corroboramos com Gonçalves *et al.* (2020), quando afirmam que:

> [...] o cérebro de um indivíduo pode ser considerado normal, porém se o ambiente for desfavorável para a aprendizagem, esse indivíduo recebe poucos estímulos – e dessa maneira, pode haver dificuldades de aprendizagem. O contrário pode ocorrer também - cérebros desprovidos podem se desenvolver com muitos estímulos. (GONÇALVES *et al*., 2020, p.2).

O fato de a aprendizagem ser um processo multifatorial moldada por fatores socio culturais e emocionais parece ser óbvio demais, o que gera uma certa negligência, levando a impactos negativos para a educação. Assim, faz-se necessário a promoção de formação de professores que possibilite o acesso a esses conteúdos, por meio dos conhecimentos da Neurociência da Aprendizagem. Pois, a falta de formação dos professores quanto à diversidade cognitiva presente no ambiente escolar leva à incompreensão das diferenças individuais de aprendizagem e ao desconhecimento de como utilizar alternativas didáticas, para o alcance das individualidades dos estudantes. Tal desconhecimento torna os professores mais propensos a desenvolverem uma educação menos inclusiva.

Pois, conforme Tardif (2012, p.129), "Embora ensinem a grupos, os professores não podem deixar de levar em conta as diferenças individuais, pois são os indivíduos que aprendem, e não os grupos." Logo, faz-se necessário que futuros docentes aprendam sobre a diversidade cognitiva existente. Uma vez que, esse conhecimento permitirá ao professor a elaboração de planos de ensino que contemplem as necessidades formativas dos estudantes com atividades especificas que estimulem as habilidades de aprendizagem inexistentes ou enfraquecidas. Por exemplo, os estudantes com deficiência visual, que por acaso adquiriram uma disfunção nas redes sinápticas localizadas no lobo occipital do cérebro, necessitam de atividades que estimulem a neuroplasticidade por outras vias de aprendizagem como o tato e audição.

Com relação a linguagem[7] , compreendemos que ela é adquirida na infância e envolve um processo de interação social que influencia a aquisição de domínio cognitivo, linguístico e discursivo. Biologicamente, a linguagem acontece com a estimulação de conexões sinápticas localizadas em áreas cerebrais, no lobo frontal, parietal e temporal, especialmente, a área de Broca (giro frontal inferior esquerdo) e a área de Wernicke[8] (região posterior do lobo temporal esquerdo). Para o ensino de Biologia, o desenvolvimento da linguagem científica é imprescindível para o desempenho nesse componente curricular, assim, deve ser visto como

[7] Vide Quadro 2 nas seguintes ementas: Neurociência do Aprendizado, 45h; Neurociência Básica, 60h; Introdução a Neurociência, 48h; Neurobiologia da Aprendizagem, 68h; Fundamentos da Neurociência, 60h.
[8] A área de Broca foi descoberta em 1861, pelo cientista Francês Paul Broca e recebe o nome em homenagem Paul Broca; a área de Wernicke foi descoberta por Karl Wernicke, em 1874.

um processo social em que os estudantes e docente aprendem e compartilham uma linguagem científica.

Nesse caso, o docente deve agir como facilitador desse tipo de linguagem, dessa forma, a implementação de atividades que estão relacionadas ao cotidiano dos estudantes aliadas a apresentação de conteúdos que envolva uma oratória científica e que os comunique por meio de analogias e tons de humor, gera atenção e afetividade nos ouvintes, propiciando a criação de memórias afetivas que são processos cognitivos fundamentais para a construção da aprendizagem, especialmente quando se considera o aprendiz como um ser biopsicossocial. Nesse sentido, corroboramos com Santos (2018) quando afirma que "Para que a aprendizagem aconteça, os mecanismos de atenção, memória, linguagem precisam estar bem estabelecidos e estimulados, pois essa ação leva em consideração todos os estados do ser: o biológico, o social, o psicológico e o cognitivo." (SANTOS, 2018, p. 21).

Outro fator observado em algumas ementas[9] é a presença de conteúdos sobre ritmos biológicos que devem ser considerados durante a aprendizagem. O ritmo biológico envolve basicamente a nutrição e o sono que são elementos chaves que influenciam na aprendizagem, pois se o aprendiz não estiver nutrido e bem descansado, as funções cognitivas não funcionam adequadamente, devido as células nervosas precisarem de nutrientes e descanso para restaurar as energias e exercer seu trabalho adequadamente. Por meio da nutrição é possível aumentar a capacidade de aprendizagem do cérebro, principalmente com consumo de ácidos graxos durante as refeições (OCDE, 2007, p. 96). A qualidade do sono está ligada à construção da memória, o que permite ao cérebro processar e arquivar as informações acessando-as quando for preciso na memória (OCDE, 2007, p. 112).

Ao consideramos a nutrição e sono como processos essenciais à aprendizagem, compreendemos que são fatores que não estão diretamente relacionadas a ação do professor, uma vez que, envolve fatores de ordem externa como a situação socioeconômica e o grau de instrução familiar. Dessa forma, "[...] enquanto ser social, o aluno sofre inúmeras influências sobre as quais o professor não exerce nenhum controle." (TARDIF, 2012, p.129). Nesse sentido, compete ao professor em posse do conhecimento da importância dos ritmos biológicos para aprendizagem, investigar se o ciclo biológico do estudante estar em equilíbrio e diante disso, propor ações de conscientização para a comunidade escolar e possíveis encaminhamentos para autoridades responsáveis por tais situações.

[9] Ementas: Neurofisiologia, 60h; Introdução a Neurociência, 48h, vide Quadro 2.

Dentre tantos fatores intrínsecos e extrínsecos que favorecem a aprendizagem, os órgãos sensoriais[10], que estão relacionados as vias sensoriais de aprendizagem (visual, auditiva e a cenestésica), podem diversificar os estímulos neurais necessários a aprendizagem de cada indivíduo. Ao considerar a diversidade cognitiva presente em sala de aula, utilizar métodos de ensino multissensoriais é proporcionar a inclusão dos diferentes estilos de aprendizagem conforme as necessidades sensoriais dos estudantes. Para Lima "[...] os sentidos funcionam com interdependência, o que tem uma relevância fundamental para os professores, pois o ensino deve mobilizar várias dimensões da percepção para que o aluno possa "guardar" conteúdos na memória de longa duração." (LIMA, 2007, p. 28).

As atividades de leitura ou escrita, o uso de imagem, de vídeos, de músicas, de aulas práticas em campo ou de laboratório são exemplos de atividades que o professor pode utilizar de forma alternada durante as aulas a fim de alcançar os diferentes estilos de aprendizagem de cada indivíduo, visto que, existem uns que aprendem com a leitura ou escrita, outros com a visualização de imagem ou vídeo relacionado ao conteúdo, outros ainda, necessitam ouvir ou experimentar. Assim, durante o processo de aprendizagem não é somente o conteúdo que deve ser interessante, mas, sobretudo, como o docente utiliza diferentes elementos didáticos multissensoriais para tornar o conteúdo cativante.

Assim como os órgãos dos sentidos, a motricidade é indissociável para a aprendizagem. No entanto, a concepção do chamado "ensino tradicional" que ainda impera nos currículos das Escolas e Universidades, salvo raras exceções, tem considerado a motricidade fundamentada em uma perspectiva dualista do estudante, que o divide em duas partes distintas para o trabalho escolar: corpo e mente. Assim, no processo de aprendizagem ainda há a tendência de trabalhar as habilidades cognitivas do estudante separadas das habilidades motoras. No entanto, sob a perspectiva que considera o estudante como um ser completo – perspectiva essa em que acreditamos e defendemos – sem dissociar motricidade e cognição (corpo-mente) propõe-se outras formas de desenvolver a aprendizagem que utilizem corpo e mente de forma mútua, como por exemplo, trabalhar no ensino de Biologia a classificação biológica por meio de mímica, em que os estudantes utilizam corpo e mente para estudarem de forma lúdica os cincos reinos dos seres vivos.

Nesse sentido, partindo do pressuposto de que somos projetados para estarmos em movimento, interagindo com o meio que nos cerca através de movimentos corporais, durante a aprendizagem, a movimentação do corpo aumenta o fluxo sanguíneo no cérebro. Assim, o

[10] Vide Quadro 2 nas seguintes disciplinas: Introdução a Neurociência, 48h; Neurobiologia da Aprendizagem, 68h; Neurofisiologia, 64h; Fundamentos da Neurociência, 60h; Neurofisiologia, 60h, Neurociência Básica, 60h**.**

oxigênio e os nutrientes que chegam ao cérebro aumentam a atividade cerebral, que é essencial para o aprendizado. Dessa forma, para proporcionar uma aprendizagem significativa que utilize corpo e mente, é necessário o desenvolvimento de aulas baseadas em Neurodidática, com a implementação de pausas cerebrais durante as mesmas. Na sala de aula, durante a aprendizagem as pausas cerebrais são curtas e simples. Podem ser feitas individualmente ou em grupo e levam alguns minutos da aula para serem realizadas. São estruturadas e baseadas em movimentos físicos, exercícios de atenção plena ou atividades sensoriais com o objetivo de tornar o estudante mais receptivo à aprendizagem. Para Baker *et al*., o objetivo das pausas cerebrais é:

> [...] reorientar ou refazer, energizar os alunos e geralmente envolvem uma pausa curta, geralmente não superior a 5 minutos, na instrução em sala de aula. sequências de bater palmas, sentar em bolas de estabilidade, alongamento e uso de atividades laterais cruzadas, como cruzar braços e pernas de um lado do corpo para o outro. (BAKER et al., 2017, p. 539, tradução nossa).

Outros aspectos a serem considerados são as funções executivas[11] as quais são essenciais para o sucesso escolar, pois são o conjunto de capacidades e habilidades que compreendem processos cerebrais que permitem lembrar e associar informações, rever a forma de pensar, planejar e evitar distrações, ou seja, são ações necessárias para atingir um objetivo. Desse modo, no processo de construção do conhecimento, o estudante deve executar tais ações, visto que, "é um ser executivo, sem pôr em prática tais habilidades, aprender não vai ser fácil nem prazeroso para ele." (FONSECA, 2014, p. 246). Nesse sentido, aprender sobre as funções executivas na formação docente orienta a aplicação de práticas intencionadas, com a utilização de materiais adequados que trabalhem as disfunções presentes em sala de aula.

Pois, disfunções nas funções executivas podem estar relacionadas a diagnósticos de transtornos de aprendizagem. Dessa forma, se o estudante apresenta um transtorno em que a função executiva denominada de memória de trabalho é afetada, caberá ao professor propor tarefas de acordo com as necessidades do estudante, designando instruções objetivas e retomando com maior frequência os objetivos da tarefa, tendo em vista que o transtorno em questão causa desiquilíbrio em reter informação na memória de trabalho. Em virtude disso, ressaltamos a importância de que a estruturação de conteúdos sobre as funções executivas no currículo de formação docente seja intencionalmente aproximada das diferentes realidades que

[11] As funções executivas são apresentadas nas seguintes disciplinas: Introdução a Neurociências com Enfoque na Aprendizagem, 68h; Neurociência Básica, 60h; Neurobiologia da Aprendizagem, 68h; Contribuições da Neuropsicologia para a Educação, 45h e Neurofisiologia, 60h, Quadro 2.

serão encontradas no ambiente da sala de aula, para que os licenciandos possam ter a oportunidade de aprender a desenvolver planos de ensino que façam sentido para as diferentes particularidades de aprendizagem no ambiente escolar.

Ademais, para Cosenza e Guerra (2011, p. 92), o desenvolvimento das funções executivas são influenciadas pelo ambiente e, como consequência disso, as habilidades que envolvem a participação das funções executivas serão diferentes para cada indivíduo. Nesse sentido, as intervenções devem partir de orientações docente que ensine de forma explícita habilidades referentes as funções executivas de cada estudante, incluindo, por exemplo, métodos de estudo que utilizem o uso da linguagem como forma de aprendizagem – como explicar conteúdo para si ou colegas – procurando desenvolver o controle atencional e inibitório da memória de trabalho. Esta trabalha permitindo que o cérebro filtre e associe informações importantes e necessárias para a reorganização de ideias, a fim de que o conteúdo seja processado e comunicado de forma lógica e compreensiva. Dessa forma, além de desenvolver as funções executivas nucleares como inibição, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva[12], o estudante desenvolve outras como planejamento e tomada de decisão.

Quanto ao conhecimento acerca do neurodesenvolvimento[13], consideramos que seja importante que as licenciaturas forneçam por meio desse conteúdo uma base para a compreensão do processo de aprendizagem nas diferentes etapas de neurodesenvolvimento. No entanto, fazemos uma ressalva para que a abordagem desse conhecimento não esteja concentrada ou fechada apenas nos estudos do neurodesenvolvimento da criança (na educação infantil e ensino fundamental I). Pois, é comum encontramos nos cursos de formação docente ementas que abordam conhecimentos sobre o desenvolvimento humano sob a perspectiva da educação infantil ou ensino fundamental I. Em contraste, há uma insuficiência de formação específica para capacitação profissional referentes as etapas do fundamental II e ensino médio que são estágios próximos do desenvolvimento adulto.

Nesse sentido, sabe-se que adolescentes, jovens e adultos também se desenvolvem ao longo da vida, pois o desenvolvimento humano é um processo dinâmico e contínuo, ou seja, "[...] é qualquer processo de mudança que ocorre a partir das interações estabelecidas dentro de um contexto que podem ser desencadeadas por processos biológicos, assim como por mudanças

[12] Segundo Diamond (2013, p.1), existem três principais funções executivas: (i) Inibição: capacidade de autocontrole comportamental e controle de interferências que inibem distratores de atenção e cognição; (II) Memória de trabalho: referente as habilidades de retenção e operação de informações; (III) Flexibilidade cognitiva: capacidade de flexibilização mental.

[13] Os conteúdos sobre neurodesenvolvimento são apresentados nas seguintes disciplinas: Neurociência do Aprendizado, 45h; Neurociência Básica para Formação de Professores, 30h; Neurobiologia do Processo Ensino Aprendizagem, 30h; Neurofisiologia, 64h, Introdução a Neurociência, 48h; Neurofisiologia, 60h, vide Quadro 2.

sociais, culturais e históricas." (ASSUNÇÃO, 2018, p. 9). Embora existam períodos sensíveis do cérebro à aprendizagem, especialmente na primeira infância, tendo em vista que algumas habilidades podem ser mais fáceis de aprender nesse período, é possível desenvolvê-las posteriormente, pois o cérebro é um órgão plástico e quando estimulado adequadamente é capaz de desenvolver neuroplasticidade.

Faz-se necessário então, que conteúdos sobre o desenvolvimento humano sejam apresentados com base nos diferentes ciclos de vida, para que se tenha capacitação profissional adequada para as diferentes etapas escolares, uma vez que, o docente em formação necessita desse conhecimento em seu currículo para discutir e aprender sobre o desenvolvimento de seus futuros estudantes, seja eles crianças, jovens ou adultos. Assim, o conhecimento sobre neurodesenvolvimento nos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas deve dispor de saberes que considerem o neurodesenvolvimento nas diferentes etapas de ensino, uma vez que, o público alvo dos professores habilitados em Biologia é diverso, podendo ser estudantes do ensino fundamental, médio ou da Educação de Jovens e Adultos (EJA). E, por outro lado, o estudo do desenvolvimento humano é importante, pois, estes estudantes podem apresentar alguns transtornos do neurodesenvolvimento que, por sua vez, pode dificultar o processo de aprendizagem, como veremos na próxima categoria.

3.2 Transtornos e Dificuldades de Aprendizagem e Intervenção Pedagógica

Na presente categoria, realizamos um movimento dialógico envolvendo os seguintes Eixos Temáticos: (I) Transtornos de aprendizagem e dificuldades de aprendizagem e (II) Planejamento pedagógico para os principais transtornos de aprendizagem.

Antes de iniciarmos as discussões, é necessário enfatizarmos que discutir os transtornos de aprendizagem não é uma tarefa simples devido às muitas concepções sobre o tema. Assim, um dos primeiros passos para compreendermos as discussões sobre a presente categoria é esclarecer a definição sobre os transtornos de aprendizagem.

Para a Associação Americana de Psiquiatria, no Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais – DSM -V (APA, 2014, p. 32), os transtornos da aprendizagem encontram-se na categoria de transtornos do neurodesenvolvimento, onde são incluídos dentre outros, o Transtorno do Espectro Autista (TEA), Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e os Transtornos Específicos da Aprendizagem. Para Rotta (2016), "[...] a expressão transtornos da aprendizagem deve ser reservada para aquelas dificuldades primárias ou

específicas, que são resultado de alterações do SNC e que constituem os transtornos capazes de comprometer o desenvolvimento." (ROTTA, 2016, p. 98). Os transtornos de neurodesenvolvimento possuem causas nas disfunções neurobiológicas, que influenciam questões internas do indivíduo, como seu estado emocional e atencional, que se torna obstáculo à aprendizagem.

Apresentaremos, a partir de agora, como os conhecimentos teóricos sobre os transtornos de aprendizagem são apresentados nos cursos de formação de professores em Ciências Biológicas estudados, a partir dos excertos das ementas de disciplinas analisadas, como segue:

> "[...] Aspectos neurobiológicos dos transtornos de aprendizagem. Abordagem da prática educacional." (UFT, 2017, p. 109).
>
> (Disciplina: Neurobiologia do processo ensino aprendizagem)
>
> "Auxiliar a formação de professores, com discussões sobre a maturação do cérebro, considerando os principais distúrbios e transtornos da aprendizagem. [...]." (UFMS, 2017, p.34).
>
> (Disciplina: Introdução a Neurociências com enfoque na aprendizagem)
>
> "[...] Caracterização patológica e intervenção pedagógica dos principais distúrbios e transtornos fisiológicos da aprendizagem (fala, escrita, aritmética, psicomotores e comportamento)." (UFRB, 2019, p.1).
>
> (Disciplina: Neurobiologia da aprendizagem)
>
> "[...] Principais Transtornos de Aprendizagem e do Neurodesenvolvimento: Dislexia, Disgrafia, Discalculia, TDAH. Elaboração de um planejamento pedagógico para diferentes quadros clínicos, considerando as suas especificidades neurodesenvolvimentais e cognitivas." (UFRPE, 2018, p.172).
>
> (Disciplina: Contribuições da Neuropsicologia para a educação)

Ao analisarmos as configurações dos conteúdos das disciplinas acima, podemos constatar que dentre as 04, a disciplina *Contribuições da Neuropsicologia para a Educação* (Quadro 2) apresenta uma ementa adequada para o aprendizado dos futuros professores, pois, para elaborar um planejamento pedagógico para diferentes transtornos de aprendizagem, faz-se necessário estudar as características, comportamentos e alternativas pedagógicas condizentes com as dificuldades presentes em cada um dos transtornos. Esse exemplo de configuração do conteúdo na formação docente possibilita o aprendizado por meio da investigação de práticas viáveis ao caso estudado, e, poderia ser melhorado se a eficácia do planejamento pedagógico fosse testada no ambiente escolar com o público de interesse, a fim de descobrir os erros e

acertos da proposta e reestruturação da mesma, de acordo com as acomodações necessárias a cada perfil de aprendizagem dos estudantes com transtornos de aprendizagem.

Nesse sentido, o ensino para estudantes com transtornos de aprendizagem exige vários desafios que para serem superados requerem dos professores formação especializada. No caso do TEA, por se tratar de um espectro, o padrão cognitivo, social e comportamental pode variar bastante, impondo aos docentes desafios específicos no acolhimento de estudantes com esse transtorno. Dessa forma, para que o acolhimento aconteça é fundamental que o professor estabeleça, primeiramente, um vínculo afetivo e de confiança com o estudante, para que o mesmo se sinta confortável e confiante para realizar as atividades propostas. Estas atividades só serão, adequadamente, implementadas se o professor tiver acesso aos conhecimentos sobre como lidar com o transtorno desde a formação inicial. E, que tais conhecimentos sejam, suficientemente, fundamentados para auxiliá-lo a compreender as características do TEA e desenvolver atividades didáticas específicas para esse transtorno, principalmente, as que são voltadas ao estímulo de habilidades sociais.

Para Porciuncula (2016, p. 35), os jogos com pares é um facilitador para estimular o desenvolvimento das habilidades socias e comunicativas dos autistas. Para a autora, ao jogar entre pares, o autista desenvolve a percepção para entender diferentes atos de comunicação por meio das análises das necessidades e concepções de outros participantes durante os jogos. Nessa perspectiva, ao implementar atividades como essa em sala de aula, o professor cria meios para que os estudantes com TEA expressem melhor suas necessidades de aprendizado, por meio de atos de comunicação que foram aprendidos durante os jogos. Pois, segundo a autora, nesse tipo de jogo, os autistas podem aprender a protestar, comentar e até mesmo demostrar afeto, dentre outras funções comunicativas.

Cabe destacarmos que indivíduos com o mesmo tipo de transtorno de aprendizagem podem manifestar dificuldades e potencialidades diferentes, mesmo compartilhando um mesmo diagnóstico. Uma vez que “alguns indivíduos que são sociáveis, com boas habilidades interpessoais, saem-se melhor em atividades de grupo. Outros, porém, são mais solitários e autossuficientes, possuindo fortes habilidades intrapessoais, e preferirão trabalhar sozinhos.” (HUDSON, 2019, p. 19). Assim, é responsabilidade do professor e da equipe multidisciplinar que acompanha tais estudantes, organizar planos de aula individualizados e com materiais específicos a cada particularidade cognitiva. Nos casos de disgrafia e dislexia, uma das estratégias é a utilização da tecnologia assistiva que engloba recursos e dispositivos que promovem maior independência e equidade de acesso a aprendizagem de estudantes com transtorno de aprendizagem por meio de softwares de leitura, reconhecimento de voz, edição

de texto ou audiobooks, que, são ferramentas que podem auxiliar o aprendizado nesses casos. (HUDSON, 2019, p. 50 - 78; TEIXEIRA, 2018, p.30 -32).

Dessa forma, conhecer é o melhor meio para trabalhar com estudantes com transtornos de aprendizagem, visto que, por falta de conhecimento, os professores podem julgar o transtorno como dificuldades normais ou falta de interesse pela área das exatas, no caso da discalculia, por exemplo. Essa situação além de retardar o diagnóstico, promove a exclusão e, consequentemente, facilita a evasão ou fracasso escolar pelo fato dos estudantes se sentirem incapazes de aprender matemática. Logo, faz-se necessário que os conteúdos sobre transtornos de aprendizagem na formação de professores sejam configurados no sentido de olhar para os estudantes para além de suas dificuldades, procurando compreender o motivo da existência delas. Para que essa visão seja construída, a melhor sugestão é que os graduandos pudessem experimentar antes do exercício profissional, a realidade do ambiente escolar, para que no futuro não haja má interpretação dos diferentes transtornos e sim o acompanhamento adequado conforme o aprendizado construído ao longo da graduação.

Por esses motivos, o professor precisa dispor do conhecimento do estudante para entender os diferentes comportamentos durante a aprendizagem. Pois, ao saber identificar o estudante com TDAH, saberá que a dispersão e hiperatividade do mesmo não estão relacionadas a indisciplina e sim a uma condição clínica, que, requer o emprego de alternativas pedagógicas diferenciadas. Diante disso, segundo Hudson (2019, p.24), o professor pode alterar o ritmo da aula frequentemente e o estilo de aprendizagem para que o estudante foque a atenção e se sinta útil no processo de aprendizagem e, ao mesmo tempo, transforme a inquietação de forma proveitosa ao realizar atividades específicas ao seu caso. O emprego de atividades adequadas a cada tipo de transtorno propicia ao estudante o autoconhecimento de si mesmo e auxilia a desfazer estereótipos de limitação intelectual, permitindo-lhes usufruir de suas potencialidades quando bem estimuladas.

De modo geral, as dificuldades de aprendizagem podem ter causa neurobiológica, socioeconômica, emocional ou pedagógica. Logo, ao considerarmos que a aprendizagem sofre influência de diferentes fatores torna-se mais difícil a investigação e o auxílio docente às dificuldades de aprendizagem. Porém, como serão necessidades recorrentes e desafios a serem também superados por meio de intervenções da prática docente, compete ao professor trabalhar com implementação de estratégias de aprendizagem para acolher os estudantes com dificuldades de aprendizagem, de modo a promover a inclusão dos mesmos, traspondo as barreiras existente no processo de aprendizagem que levariam ao fracasso escolar.

Conforme apresentado, podemos observar que lidar com as dificuldades de aprendizagem não é uma tarefa fácil, pois as causas de dificuldades para aprender são diversas. Nesse contexto, considerando o grande número de estudantes existentes em sala de aula e suas dificuldades de aprendizagem, o professor pode trabalhar com os estudantes o processo de metacognição, ensinando-os a pensar sobre a própria aprendizagem, para que cada um construa a capacidade de autoavaliar-se durante a aprendizagem, refletindo e refazendo esse processo a ponto de conhecer suas capacidades e dificuldades. Nesse sentido, "[...] o aluno precisa ser capaz de "refazer" o processo da aprendizagem. Refazer implica tanto em recapitular o conteúdo ensinado, como em retomar as atividades (humanas) que o levaram a "guardar" o conteúdo na memória de longa duração." (LIMA, 2007, p. 29). Para a autora, retomar o conteúdo ao longo do tempo e de diferentes formas, possibilita o domínio gradual dos conceitos.

Além disso, como as dificuldades de aprendizagem podem ter causas emocionais, é necessário que as aulas sejam organizadas de forma a promover o estímulo a emoções positivas que desencadeiam a atenção para aprendizagem, visto que, "se um estímulo importante, e com valor emocional é captado, ele pode mobilizar a atenção e atingir as regiões corticais específicas, onde é percebido e identificado, tornando-se consciente." (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 76-77). Logo, a motivação e o estímulo de boas emoções se bem condicionadas ao longo da aula podem beneficiar o bem-estar dos estudantes o que potencializa a construção da aprendizagem, pois "[...] a aprendizagem humana dificilmente decorre numa atmosfera de sofrimento emocional, de incompreensão penalizante ou debaixo de uma autorepresentação ou autoestima negativas, exatamente porque ela tem, e assume sempre, uma significação afetiva, isto é, conativa." (FONSECA, 2014, p. 242). Desse modo, ensinar de forma lúdica, através de dinâmicas e jogos educativos que proporcionem a aquisição do conhecimento de forma prazerosa, constitui-se numa ferramenta de ensino motivadora.

Para Cosenza e Guerra (2011, p. 131), os fatores socioeconômicos como ausência de condições financeiras para adquirir material didático, meios de informação ou ambiente familiar desestruturado sem a possibilidade de manter uma rotina de estudos em casa não contribuem para o desenvolvimento da aprendizagem do estudante, pois essas condições socioeconômicas nas quais se encontra não oportunizam o funcionamento adequado do sistema nervoso.

No ensino de Biologia, as tecnologias digitais podem facilitar a aprendizagem dinamizando as formas de apender por meio de recursos interativos que despertam habilidades autônomas e formativas dos estudantes, possibilitando a compreensão e assimilação de conteúdos considerados difíceis nessa área de estudo, como genética, ecologia, botânica e

fisiologia. Assim, as tecnologias digitais podem ser utilizadas para estudar conceitos por meio de investigação cientifica ou por meio de ensino hibrido pode-se estudar a experimentação em laboratórios online, ou ainda, realizar atividades em ambientes virtuais de aprendizagem (DAMASCENO, 2019, p .49; GUERRA; GHIDINI; SILVA; 2022, p. 394). Oportunizando aos estudantes o desempenho no ambiente escolar que se constrói por meio da motivação ao utilizar recursos tecnológicos e que vão ao encontro de uma formação pessoal, profissional e social, conforme as exigências da sociedade contemporânea.

Nesse sentido, reiteramos que o uso das tecnologias digitais na prática docente deverá permitir aos estudantes: buscar dados de forma crítica nas diversas mídias; o domínio da linguagem da cultura digital ampliando as possibilidades de acesso ao conhecimento científico; como também, propor, por meio da tecnologia, soluções a problemas da vida cotidiana que estimulem a criatividade e investigação dos estudantes e que os auxiliem na aprendizagem. Dessa forma, as tecnologias digitais como recursos auxiliadores da aprendizagem, são recursos válidos para auxiliar os estudantes com dificuldades para que possam construir a aprendizagem também com base nas habilidades digitais. Nesse sentido, cita-se a utilização das tecnologias digitais não como a solução para os problemas da educação, mas como um dos meios de recursos pedagógicos, que se bem utilizado em sala de aula, pode auxiliar na aprendizagem de conteúdos e potencializar as habilidades acadêmicas dos estudantes.

Nesse contexto, ressaltarmos que a compreensão do impacto dos fatores intrínsecos e extrínsecos na aprendizagem é fundamental para que o professor saiba orientar a prática pedagógica em sala de aula, pois as “[...] dificuldades para a aprendizagem são resultado de alguma falha intrínseca ou extrínseca desse processo, ou de ambas.” (ROTTA, 2016, p. 97). Assim, o meio ambiente e as questões internas influenciam diretamente no aprendizado dos estudantes, sendo esse processo cognitivo influenciado por diversos fatores como relações sociais, estímulos familiares, emoções, entre outros componentes, que se favorecidos e estimulados devidamente podem conduzir a melhores experiências.

4. PROPOSTA DE COMPONENTES CURRICULARES

A análise dos dados documentais acima fornece subsídios de que os conhecimentos da relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem são úteis para os docentes e, portanto, merecem que seus conhecimentos sejam inseridos na formação inicial de professores. Diante dos fatos, quais conhecimentos da Neurociência devem ser inseridos no currículo das licenciaturas?

Tomando como base todos os aspectos discutidos até então e considerando que os avanços e contribuições das Neurociências no campo educacional exigem mudanças e reestruturação curricular das licenciaturas, faz sentindo propormos, nesta seção, a inclusão de componentes curriculares que julgamos necessários à formação docente. Assim, tendo em vista as necessidades formativas analisadas nos PPC e Matrizes Curriculares de licenciaturas em Ciências Biológicas, propomos a inclusão de dois componentes curriculares neurocientíficos.

A proposta justifica-se pela necessidade de uma formação docente ampla, com base nos conhecimentos neurocientíficos para o melhor preparo do exercício profissional. Dessa forma, a proposta curricular contempla conhecimentos acerca do sistema nervoso, aprendizagem humana, neuroplasticidade, sono, emoção, memória, motivação, nutrição, fatores internos/externos, transtornos/distúrbios e dificuldades de aprendizagem, por meio dos quais, os discentes serão preparados para o desenvolvimento de habilidades profissionais, para o ensino de Biologia, conforme o Quadro 11.

Quadro 11 - Proposta de Componentes Curriculares

COMPONENTE CURRICULAR:	**Neurociência da Aprendizagem I**
Tipo: Obrigatório	**Carga Horária:** 60
Pré -Requisitos: Citologia, Anatomia, Fisiologia e Embriologia Humana	
Ementa: Estudo integrado da neurobiologia da aprendizagem humana (sinapses, neuroplasticidade, bases neurais) e de seus fatores intervenientes tais como motivação, afetividade, atenção, sono e nutrição; da importância das funções executivas no processo ensino-aprendizagem. Estudo do neurodesenvolvimento e transtornos de aprendizagem sob a perspectiva biopsicossocial.	
Bibliografia básica: LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 2010. IZQUIERDO, I. **Memória.** 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. KANDEL, E. R. *et al*. **Princípios de Neurociências**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; McGraw Hill, 2014.	

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia.** 14ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

ROWLAND, C. A Incrível Conexão Intestino Cérebro. **Descubra a relação entre as emoções e o equilíbrio intestinal**. São Paulo: Isis: 1ª ed. 2020.

ROTTA, T. N.; OHLWEILER, L.; RIESGO, R. S. (Org.). **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e Multidisciplinar**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

ROTTA, N. T.; BRIDI FILHO, C. A.; BRIDI, F. R. S. (Org.). **Plasticidade cerebral e aprendizagem: abordagem multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2018.

COMPONENTE CURRICULAR:	**Neurociência da Aprendizagem II**
Tipo: Obrigatório	**Carga Horária:** 60

Pré -Requisitos: Neurociência da Aprendizagem I

Ementa:
Elaboração de plano de aula em ensino de Ciências ou Biologia com base em Neurociência da Aprendizagem. Estudo de casos em Transtornos de Aprendizagem. Realização de atividades práticas em neuroplasticidade voltadas à aprendizagem em ambientes escolares, contemplando estudantes com ou sem Dificuldades de Aprendizagem. Construção de material didático com base nos diferentes estilos de aprendizagem dos estudantes.

Bibliografia básica:

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

KANDEL, E. R. *et al*. **Princípios de Neurociências**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; McGraw Hill, 2014.

PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ROTTA, N. T.; BRIDI FILHO, C. A.; BRIDI, F. R. S. (Org.). **Plasticidade cerebral e aprendizagem: abordagem multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2018.

ROTTA, T. N.; OHLWEILER, L.; RIESGO, R. S. (Org.). **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e Multidisciplinar**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

ROTTA, N.; BRIDI FILHO, C.; BRIDI, F. (Org.). **Neurologia e aprendizagem: Abordagem multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2016.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia.** 14ª ed. Porto Alegre. Artmed, 2016.

Fonte: Autora (2023)

A proposta da disciplina **Neurociência da Aprendizagem I**, tem por objetivo auxiliar os professores na compreensão teórica das bases neurobiológicas da aprendizagem. Nessa perspectiva, é necessário que o professor em formação tenha, antes, o conhecimento sobre a citologia, anatomia, embriologia e fisiologia do sistema nervoso, a fim de fornecer a base para o estudo do processo de aprendizagem que ocorre por meio das células neurais. Motivo pelo

qual consideramos aquelas disciplinas como requisitos aos estudos da Neurociência da Aprendizagem I, tendo em vista que os licenciandos precisam ter conhecimentos sólidos sobre desenvolvimento humano e neuroanatomorfofisiologia, para compreender os conteúdos abordados na disciplina de Neurociência da Aprendizagem I.

Consideramos como conteúdos importantes na disciplina de Neurociência da Aprendizagem I, além da neurobiologia da aprendizagem, estudar sobre as contribuições das funções executivas no processo de aprendizagem e como ele pode ser moldado pela emoção, afetividade, motivação, sono e nutrição. Outro conhecimento que defendemos ser importante para o exercício profissional do professor é compreender as principias causas e manifestações dos transtornos e dificuldades de aprendizagem e as possíveis intervenções com base em estudos de caso que se aproximem da realidade da sala de aula.

Entretanto, é preciso ter-se em mente que, embora a configuração dos conteúdos pareça estruturalmente separada, sendo possível caracterizar os conteúdos da neurobiologia da aprendizagem e seus fatores intervenientes, funções executivas, transtornos e dificuldades de aprendizagem como campos específicos de estudo, é muito difícil separá-los em termos de fenômenos, pois estão intimamente relacionados. Por esse motivo, é muito importante ter-se uma visão integrada, desses conteúdos na disciplina de Neurociência da Aprendizagem I, que advém da perspectiva biopsicossocial, em que se considera os diversos contextos dos estudantes. As diversidades contextuais podem beneficiar ou prejudicar o funcionamento sadio das funções cognitivas do estudante.

Assim, o professor saberá que o medo e estresse, por exemplo, podem inibir o aprendizado, o que o instruirá a investir em práticas motivadoras, menos exaustivas e severas. Fornecendo a esse profissional em formação a compreensão de que os processos cognitivos dependem, também, da influência do ambiente social da sala de aula e externo a ela, dos procedimentos didáticos do professor e das condições neurobiológicas e emocionais do estudante.

A compreensão dos professores sobre a aprendizagem precisa ser ampliada com a disciplina **Neurociência da Aprendizagem II** a qual tem por proposta estudar sobre a neuroplasticidade da aprendizagem na perspectiva prática, pois defendemos que a capacitação profissional na formação docente deve promover a interrelação da teoria com a prática. Nesse sentido, a disciplina Neurociência da Aprendizagem II tem como proposta a articulação com os conhecimentos da disciplina Neurociência da Aprendizagem I, para desenvolvimento de habilidades profissionais em contextos reais ou simulados, fortalecendo a identidade do professor como mediador persistente da aprendizagem. Nessa perspectiva, partilhamos das

ideias de Nóvoa (2009) quando afirma que na formação docente deve existir “estudo aprofundado de cada caso, sobretudo dos casos de insucesso escolar” e “obstinação e persistência profissional para responder às necessidades e anseios dos alunos.” (NÓVOA, 2009, p. 19).

Não propormos os componentes curriculares como um modelo que acabará com os problemas relacionados ao ensino e aprendizagem e nem como método inovador que irão revolucionar a formação inicial de professores. Em vez disso, a nossa proposta tem como finalidade orientar, por meio desses conteúdos, um planejamento curricular e uma prática pedagógica mais humana, considerando as condições biopsicossociais dos estudantes que são fatores que não podem ser desconsiderados no ato de ensinar e aprender. Assim, a proposta teórica da disciplina Neurociência da Aprendizagem I só fará sentido quando seus conteúdos forem trabalhados relacionados a aprendizagem, sendo seus conceitos postos em prática através da disciplina Neurociência da Aprendizagem II, que permitirá ao professor em formação reflexões sobre sua prática docente.

Por fim, no decorrer desta pesquisa, deparamo-nos com a insuficiência da inclusão de conteúdos relacionados a relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem nos cursos de formação de professores de Biologia. Desta maneira, delineamos sugestões que poderão contribuir para futuras pesquisas, que possibilitem aos pesquisadores, investigar sobre novos temas de Neurociência na Formação Inicial e Continuada de Professores da Educação Básica ou Superior, bem como, sobre dificuldades de aprendizagem dos estudantes, para melhorar a compreensão das contribuições dos conhecimentos da Neurociência no processo de Ensino-Aprendizagem e nas reformas curriculares que possibilitem a formação de professores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para responder ao problema de pesquisa que consistiu em saber: *Como os estudos da relação entre o Sistema Nervoso e a Aprendizagem estão inclusos e configurados nos currículos das licenciaturas em Ciências Biológicas das Universidades e Institutos Federais Brasileiros, e, quais as potencialidades dos estudos neurocientíficos da aprendizagem na formação inicial de professoras/es de Biologia?* Inicialmente, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com um padrão determinado para identificarmos trabalhos desenvolvidos que se relacionassem com nosso problema de pesquisa. Por meio de busca avançada, identificamos um total de 1.654 pesquisa. Dentre os estudos identificados, apenas 05 foram incluídos nesta pesquisa, pois, embora de forma tímida, trazem uma relação entre Sistema Nervoso e Aprendizagem.

Com base no problema da pesquisa, definimos como as fontes de estudo: os Projetos Pedagógicos de Cursos (PPC) das licenciaturas em Ciências Biológicas, das Instituições Federais de Ensino Superior do Brasil. Sendo selecionadas apenas instituições que possuíam PPC com ementas, ou que nos enviaram tais documentos, ou ainda, que possuíam as Matrizes Curriculares com ementas acessíveis nos sites das instituições.

Por meio da Analise de Conteúdo, os dados documentais da pesquisa nos permitiram a construção de duas categorias de análise:

> a) Neurociência da Aprendizagem: com base nos Eixos Temáticos é possível observarmos que apresentam temas fundamentais para serem estudados na formação inicial de professores em Ciências Biológicas. Entretanto, ressaltamos que algumas das Unidades de Registro desses Eixos Temáticos quando configurados nas ementas não trazem relação direta entre Sistema Nervoso e Aprendizagem, configuração essa que julgamos inadequada quando se trata de ementas de disciplinas da Neurociência que deveriam disponibilizar conteúdos contextualizados ao ofício docente que é a promoção da aprendizagem. Nesse sentido, ao longo das discussões tentamos trazer exemplos práticos de como os conhecimentos da Neurociência podem auxiliar a formação de habilidades da prática docente;
>
> b) Transtornos e Dificuldades de Aprendizagem e Intervenção Pedagógica: foi constituída por meio de dois Eixos Temáticos, a saber: (I) Transtornos de aprendizagem e dificuldades de aprendizagem e (II) Planejamento pedagógico para os principais transtornos de aprendizagem. Estes nos permitiram abordar as questões relativas aos transtornos e dificuldades de aprendizagem. Além disso, buscamos

> discorrer sobre possíveis intervenções pedagógicas considerando as individualidades e dificuldades que cada caso impõe, requerendo estratégias didáticas da parte do professor.

Podemos afirmar que os resultados da pesquisa nos permitiram constatar que: das 165 ementas (componentes curriculares) resultantes de 134 PPC e 03 Matrizes Curriculares, apenas em 12 ementas identificamos a inclusão de estudos da relação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem, porém, destas 12 ementas, apenas 01 é componente curricular obrigatório. Fato que enfraquece o processo de inclusão curricular para estudo efetivo pelos licenciandos. Assim, podemos concluir que os estudos da relação entre o Sistema Nervoso e Aprendizagem estão tímida e insuficientemente inclusos e configurados como não-obrigatórios nos currículos das licenciaturas em Ciências Biológicas, das Instituições Federais de Ensino Superior Públicas analisadas. A insuficiência na inclusão e configuração curricular constituem um fator preocupante, tendo em vista que, diminui as chances dos licenciandos desenvolverem conhecimentos neurocientíficos que lhes permitisse a compreensão dos fatores neurobiológicos da aprendizagem humana, considerando a importância de tal conhecimento na prática pedagógica, para lidar com indivíduos em desenvolvimento. Aqui estão as potencialidades do estudo neurocientífico da aprendizagem na formação inicial de professoras/es de Biologia.

Diante das constatações, defendemos que é necessário que haja uma reestruturação curricular nas licenciaturas em Ciências Biológicas, para inclusão de componentes curriculares que permitam a construção de conhecimentos e saberes sobre as bases neurobiológicas da aprendizagem. Assim, devido a insuficiência constatada, propomos a inclusão de dois componentes curriculares, a saber: **Neurociência da Aprendizagem I e II**. O primeiro componente curricular tem uma proposta teórica e integradora entre aprendizagem e o conhecimento sobre sistema nervoso, sistema sensorial, funções executivas e conativas (emoção, motivação) e a influência de fatores intrínsecos e extrínsecos à aprendizagem. Para o segundo, sugerimos uma proposta de práticas em neuroplasticidade para a aprendizagem em que os licenciandos terão a oportunidade de desenvolver de forma prática os conhecimentos adquiridos no primeiro.

Portanto, acreditamos que essa pesquisa é relevante não só para a área do ensino de Biologia, mas para a educação em geral, pois fornece subsídios aos pesquisadores, formadores de professores, licenciandos e, sobretudo, planejadores curriculares, por oferecer contribuições para reflexão e discussão sobre a realidade dos currículos da área de formação de professores,

em especial, de Ciências Biológicas, na perspectiva de aprimoramento da formação profissional e da futura prática docente.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais:** DSM**.** 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

ANSARI, D.; COCH, D.; SMEDT, B. A. Connecting education and cognitive neuroscience: Where will the journey take us? **Educational Philosophy and Theory**, Reino Unido, v. 43, n.1, p.37-42, 2011.

ASSUNÇÃO, R. **Desenvolvimento humano como processo de (re)construção do sujeito no contexto de um curso de formação de professores**. 2018. 183 f. Dissertação (Programa de Mestrado em Processos de Desenvolvimento Humano e Saúde) - Universidade de Brasília, UnB, Brasil, 2018.

BAKER, E. A. et al. Implementing and evaluating environmental and policy interventions for promoting physical activity in rural schools. **Journal of School** Health, v. 87, n. 7, p. 538-545, 2017.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** 70ª ed. Lisboa, Portugal: Almedina, Brasil, 2016.

BECKER, M. M.; RIESGO, R.S. Aspectos neurobiológicos dos transtornos do espectro autista. In: ROTTA, N.T.; OHLWEILER.L.; RIESGO, R. S. **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. 2ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2016.

BRAVO, R. S. **Técnicas de investigação social**: teoria e ejercicios. 7ª ed. Madrid: Paraninfo, 1991.

BITENCOURT, D, C; ROTTA, N.T. Pediasuit e a plasticidade cerebral nas disfunções neuromotoras. In: ROTTA, N. T.; BRIDI FILHO, C. A.; BRIDI, F. R. S. **Plasticidade cerebral e aprendizagem**: Abordagem multidisciplinar. 1ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2018.p. 167-181.

CARVALHO, F. A. H. de. Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. **Trabalho, Educação e Saúde**, Rio de Janeiro, v. 8 n. 3, p. 537-550. 2010.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação:** como o cérebro aprende**.** 1ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DAMASCENO, M. S.M. **Uso de tecnologias digitais de informação e comunicação no ensino de ciências e biologia**. 2019. 144 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2019.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annual Review of Psychology**, v. 64, p. 135–168, 2013.

FALCO, M.; KUZ. A. Comprendiendo el Aprendizaje a través de las Neurociencias, con el entrelazado de las TICs en Educación. **Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación**, Buenos Aires, n.17, p. 43-51, 2016.

FILHO, C. A. B.; BRIDI. F. R. S. B.; ROTTA, N.T. Intervenções terapêuticas que promovem o desenvolvimento sináptico. In: ROTTA, N. T.; BRIDI FILHO, C. A.; BRIDI, F. R. S.

Plasticidade cerebral e aprendizagem: Abordagem multidisciplinar. 1ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2018.p. 1-21.

FONSECA, V. Papel das funções cognitivas, conativas e executivas na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. **Revista Psicopedagogia**, v. 31, n. 96, p. 236-253, 2014.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão Sistemática da Literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2020.

GATTI, B. A. Formação de professores no brasil: características e problemas. **Educ. Soc**, Campinas, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010.

GATTI, B. A.; NUNES, M. M. R. (Org.). Formação de professores para o ensino fundamental: estudo de currículos das licenciaturas em Pedagogia, Língua Português, Matemática e Ciências Biológicas. **Textos FCC**, São Paulo, v. 29, p. 155, 2009.

GEAKE, J. Position Statement on Motivations, Methodologies, and Practical Implications of Educational Neuroscience Research: fMRI Studies of the Neural Correlates of Creative Intelligence. **Educational Philosophy and Theory**, Reino Unido, v. 43, n.1, p. 43-47, 2011.

GOMES, A. R.; JUNIOR, P. D. C. Diálogos necessários: neurociência, emoções e a formação inicial de professores. **Revista iberoamericana de educación**, v. 78, n. 1, p. 183-204, 2018.

GONÇALVES, J. L. et al. A neurociência e sua contribuição para a aprendizagem. *In*: VI CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2.,2020, Campina Grande. **Anais** [...]. Campina Grande: CONEDU, 2020, p. 1-15.

GOSWAMI, U. Principles of learning, implications for teaching? Cognitive neuroscience and the classroom. In: SALA, S. D.; ANDERSON, M. **Neuroscience in Education the good, the bad, and the ugly**. 1ª ed. New York: Oxford University Press, 2012.

GUERRA, L. M.; GHIDINI, A. R.; DA SILVA, L. F. Tecnologias digitais de informação e comunicação aplicadas ao ensino de biologia no Brasil: um estado da arte. **Scientia Naturalis**, v. 4, n. 1, p. 385-405, 2022.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. **Metodologia de pesquisa**.5ª ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

HUDSON, D. **Dificuldades específicas de aprendizagem:** ideias práticas para trabalhar com Dislexia, Discalculia, Disgrafia, Dispraxia, TDAH, TEA, Síndrome de Asperger, TOC. Petrópolis: Vozes, 2019.

IZQUIERDO, I. **Memória**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

KANDEL, E. R. *et al*. **Princípios de Neurociências**. 5ª ed. Porto Alegre :AMGH Editora Ltda, 2014.

KRIPKA, R.; SCHELLER, M.; BONOTTO, D. L. Pesquisa Documental: considerações sobre conceitos e características na Pesquisa Qualitativa. **CIAIQ2015**, v. 2, 2015.

KAPITANGO-A-SAMBA, Kilwangy Kya. Epistemologia e Ciência da Aprendizagem no Brasil. Barra do Bugres-MT: Grupo de Pesquisa em Profissão Docente e Ciência da Aprendizagem, 2020 (Projeto).

LENT, R. **O cérebro aprendiz:** neuroplasticidade e educação. 1ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Atheneu, 2018.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios:** Conceitos Fundamentais de Neurociência. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

LIBERATO, A.; SILVA, A. L. Processos do aprender: As contribuições da neurociência para a formação de professores da educação infantil. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 12., 2015, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: EDUCERE, 2015, p. 1-15.

LIMA, E. S. Currículo e desenvolvimento humano. Indagações sobre o currículo. **Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica**, 2007.

MENEZES, J. P. C. Neurociência e formação docente: prevalência de mitos em licenciandos e professores no ensino de ciências: um estudo de caso no Distrito Federal. **Formação Docente: Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores (RBPFP)**, Belo Horizonte, v. 14, n. 30, p. 181-195, 2022.

NÓVOA, A. Imagens do futuro presente. **Lisboa: Educa**, 2009.

OCDE. **La comprensión del cerebro. El nacimiento de una ciencia del aprendizaje**. Santiago: Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez, 2007.

OLIVEIRA, P.; ZUTIÃO, P.; MALH, E. Transtornos, distúrbios e dificuldades de aprendizagem: como atender na sala de aula comum. In: **Distúrbios e transtornos de aprendizagem: aspectos teóricos, metodológicos e educacionais** .1ª ed. Curitiba, PR: Bagai, 2020.

OHLWEILER, L. Fisiologia e neuroquímica da Aprendizagem. In: ROTTA, N. T.; OHLWEILER.L.; RIESGO, R. S. **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. 2ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2016. p. 28 - 42.

PAULIN, J. F. V. **Educação a distância online: potencialidades para a formação de professores que ensinam matemática**. 2015. 931 f. Tese (Programa de Pós Graduação em Educação Matemática) - UNESP, Rio Claro, 2015.

PIZARRO, A. S. C.; PASTÉN, L, E. Aportes desde las neurociencias para la comprensión de los procesos de aprendizaje en los contextos educativos. **Propósitos y Representaciones**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2020.

PORCIUNCULA, R. A. L. Investigação precoce do transtorno do espectro autista: sinais que alertam para intervenção. In: ROTTA, N.T.; BRIDI FILHO, C. A.; BRIDI, F. R. S. **Neurologia e Aprendizagem: Abordagem multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2016. p. 24-38.

PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

RIESGO, R. S. Anatomia da aprendizagem. In: ROTTA, N.T.; OHLWEILER.L.; RIESGO, R. S. **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e Multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2016.p. 9-27.

RODRIGUES, M.U. **Análise de conteúdo em pesquisas qualitativas na área de educação matemática.** Análise de conteúdo em pesquisas qualitativas na área da educação matemática. 1ª ed. Curitiba: CRV, 2019.

RODRIGUES, M.U. **Potencialidades do PIBID como espaço formativo para professores de matemática no Brasil.** 2016. 541 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2016.

ROTTA, N. T.; PEDROSO, F. S. Transtornos da linguagem escrita: dislexia. In: ROTTA, N.T.; OHLWEILER.L.; RIESGO, R. S. **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. 2ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2016. p. 133-147.

ROTTA, N. T. Plasticidade cerebral e aprendizagem. In: ROTTA, N.T.; OHLWEILER.L.; RIESGO, R. S. **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. 2ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2016. p. 469-486.

SACRISTÁN, J. G. **Saberes e incertezas sobre o currículo.** São Paulo: Penso, 2013.

SANTOS, A. K. M. **Os saberes neurocientíficos e a formação docente: percepções dos egressos dos cursos de formação inicial e continuada da Puc Minas**. 2018. 146 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, MG, Brasil, 2018.

SANTOS, M. R. **O conhecimento de neurociência cognitiva e a valorização por professores de cursos de licenciatura da área de ciências da natureza**. 2018. 80 f. Dissertação (Programa de pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2018.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª ed. Florianópolis, UFSC, 2005.

SILVA, M. A. **Neurociênia, educação e a formação de professores: a percepção sobre origem e aceitação de neuromitos entre licenciados em Ciências da Natureza**. 2020. 176 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Federal de Ponta Grossa, Paraná, 2020.

SOUSA, A. S; OLIVEIRA, G. S; ALVES, L. H. **A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos**. Cadernos da Fucamp, v.20, n.43, p. 64-83, 2021.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 13ª. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

TEIXEIRA, F. A. L. **O uso de tecnologia assistiva com alunos disléxicos**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Educação e Tecnologias Digitais do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa) – Universidade de Lisboa, 2018.

THOMAZ, E. M. S. **Neurociências e seus vínculos com ensino, aprendizagem e formação docente: percepções de professores e licenciados da área de ciências da natureza.** 2018.126

f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2018.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia.** 14ª ed. Porto Alegre: ArtMed, 2016.

VIEIRA, F. L.; SILVA, G. M.; PERES, J. P. S. ALVES, E. D. L. Causas do desinteresse e desmotivação dos alunos nas aulas de Biologia. **Univ. Hum,** Brasília, v. 7, n. 1/2, p. 95-109, 2010.

VEIGA, I, P. A. Formação de professores para a educação superior e a diversidade da docência. **Revista Diálogos em Educação**, Curitiba, v. 14, n. 32, p. 327-342, 2014.