



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA

SEBASTIÃO THIAGO PONTES COSTA

CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA

FORTALEZA

2024

SEBASTIÃO THIAGO PONTES COSTA

CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Marcos Antônio de Araújo Silva

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C875c Costa, Sebastião Thiago Pontes.
Contribuições da Neurociência para o ensino de Física / Sebastião Thiago Pontes Costa.
– 2024.
36 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro
de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Antônio de Araújo Silva.

1. Neurociência. 2. Ensino de Física . 3. Abordagens neurocientíficas. I. Título.

CDD 530

SEBASTIÃO THIAGO PONTES COSTA

CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Licenciatura em Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Física.

Aprovado em: 26/09/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Antônio de Araújo Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luan Vieira de Castro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. André Auto Moreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

À minha querida companheira, Eliane Vasconcelos, os meus mais profundos agradecimentos. Sua paciência, compreensão e amor foram de extrema importância. Agradeço por cada palavra de encorajamento, por cada sorriso e por estar ao meu lado em todos os momentos.

Gostaria de expressar minha gratidão ao meu pai, Benedito Costa, por todo apoio. Sua perseverança e compromisso com o trabalho sempre foram admiráveis e me serviram como fonte de inspiração para a conclusão desta jornada.

A minha mãe, Livramento Pontes, quero agradecer os momentos em que muitas vezes em que, com sua intuição conseguiu saber exatamente o que preciso. Obrigado pelo carinho e apoio constantes.

Aos meus irmãos Rômulo e Vinícius, pela amizade. Sou grato por todo apoio e companheirismo em todos os momentos que precisei.

Ao meu avô, Sebastião Costa seu conhecimento prático sempre foram uma fonte de inspiração para mim. Como agricultor, sempre demonstrou a imprescindível observação do meio ambiente. Sua habilidade em prever o tempo, e o cultivo da terra com precisão e paciência é um testemunho de uma ciência intuitiva que enriquece o conhecimento científico formal. Agradeço por todas as histórias e ensinamentos. Também dedico esse trabalho a você, que sempre mostrou que a verdadeiro conhecimento vem conexão entre a teoria e prática.

Ao meu orientador, Professor Marcos Antônio, pela orientação ao longo do processo. Suas observações foram de grande importância para a realização deste trabalho.

Ao meu Professor e Coordenador Afrânio Coelho, agradeço pelas aulas descontraídas e pela oportunidade de participar do programa de Residência Pedagógica.

Agradeço também aos membros da banca, Professores André Auto e Luan Vieira, pelo tempo e dedicação investidos.

Também gostaria de agradecer a Soraya Galdino, sou grato pela assistência e suporte durante essa jornada onde sempre fui atendido com prontidão, eficiência e gentileza.

Ao meu amigo Nathanael Robledo, que não me deixou esquecer de que seu nome deveria estar aqui imortalizado nas páginas deste TCC. Obrigado pelos bons momentos.

Agradeço aos meus colegas Marcos Venicio e Jardel Felix pelos momentos de descontração e pelas constantes atualizações em relação ao nosso curso.

À Universidade Federal do Ceará, por proporcionar um ambiente acadêmico de excelência para o pleno desenvolvimento. Agradeço também a todos professores do curso de Licenciatura em Física.

RESUMO

A aplicação da Neurociência no ensino de Física representa uma fronteira inovadora no campo educacional, oferecendo novas perspectivas sobre como os alunos aprendem e retêm conceitos complexos. A Neurociência, que estuda o funcionamento do cérebro e do sistema nervoso, fornece perspectivas valiosas sobre os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem. O objetivo da pesquisa foi descrever como os princípios e descobertas da neurociência podem ser aplicados de maneira eficaz e inovadora no ensino de física, visando melhorar a compreensão, a retenção e o desempenho dos alunos nesta disciplina. A presente pesquisa consistiu em uma revisão de literatura, a metodologia adotada envolve uma seleção criteriosa de literatura relevante, abrangendo livros, artigos científicos, dissertações e teses. A busca por essas fontes foi realizada em plataformas digitais, com foco em publicações dos últimos dez anos para assegurar a atualidade e o embasamento teórico adequado. Os principais achados indicam que a integração de conhecimentos da Neurociência no ensino de Física pode enriquecer a experiência de aprendizagem. O uso de múltiplos canais sensoriais, como recursos visuais, experimentos práticos e simulações, mostrou-se eficaz na facilitação da compreensão dos conceitos físicos.

Palavras-chave: neurociência; ensino de física; abordagens neurocientíficas.

ABSTRACT

The application of Neuroscience in physics education represents an innovative frontier in the educational field, offering new perspectives on how students learn and retain complex concepts. Neuroscience, which studies the functioning of the brain and nervous system, provides valuable insights into the cognitive processes involved in learning. The objective of the research was to describe how principles and findings from neuroscience can be effectively and innovatively applied to teaching physics, with the aim of enhancing students' understanding, retention, and performance in the subject. This research involved a literature review, with a methodology that includes a careful selection of relevant literature, encompassing books, scientific articles, dissertations, and theses. The search for these sources will be conducted on digital platforms, focusing on publications from the last ten years to ensure up-to-date and appropriate theoretical grounding. The main findings indicate that integrating neuroscience knowledge into physics teaching can enrich the learning experience. The use of multiple sensory channels, such as visual resources, practical experiments, and simulations, has proven effective in facilitating the understanding of physical concepts.

Keywords: neuroscience; physics education; neuroscientific approaches.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Geral.....	12
2.2 Específicos.....	12
3 METODOLOGIA.....	13
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
4.1 Contribuições da neurociência para a educação.....	14
4.1.2 Ensino focado nas neurociências e métodos pedagógicos para aprimorar as capacidades mentais.....	18
4.2 A física no cérebro.....	19
4.2.1 Interligação da neurociência com a BNCC.....	22
5 RESULTADOS.....	25
6 DISCUSSÃO.....	31
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A neurociência investiga o sistema nervoso central e sua complexidade. Acredita-se que estudos nessa área possam beneficiar a educação, oferecendo aos professores uma nova perspectiva sobre como as práticas educativas podem afetar as estruturas cerebrais individuais dos alunos, por meio do estudo da biologia, anatomia e fisiologia do cérebro (Loureiro; Silva, 2022).

Assim, a neurociência interage com a educação ao fornecer uma base para entender o processo de aprendizagem do ponto de vista fisiológico, estrutural, funcional e patológico do ser humano. Ela investiga temas como memória, humor, atenção e sono, ou seja, aspectos comportamentais gerais que podem impactar o processo de aprendizagem.

A neurociência se estabeleceu formalmente no século XIX com estudos sobre estímulos cerebrais, revelando que o cérebro responde a mudanças por meio de sinapses neurais. Eric Kandel, considerado um dos pioneiros da neurociência, afirmou que nossas sinapses moldam quem somos: "somos moldados pelo que aprendemos e lembramos" (Fernandes, 2006, p. 40). Em outras palavras, todos os cérebros têm a capacidade de se alterar e evoluir, demonstrando que o cérebro pode mudar através de novas experiências de aprendizado (Guimarães *et al.*, 2023).

Seguindo a perspectiva neurocientífica, pode-se afirmar que o processo de aprendizagem está ligado às fundações químicas e físicas da função neural. Dessa forma, essa estrutura química e física opera de modo a receber, transmitir e interpretar informações. Em outras palavras, a neurociência desempenha um papel crucial ao aprofundar o entendimento sobre o funcionamento do cérebro.

Para isso, são estudados grupos de neurônios interligados em circuitos, como, por exemplo, a interação do cérebro com as funções musculares. Existem fibras nervosas que se inserem nos músculos, formando assim um sistema neuromuscular que possibilita atividades como escrever, falar e ler (Loureiro; Silva, 2022). Além disso, todos esses aspectos estão influenciados pelo comportamento, o que representa outra dimensão que a neurociência também explora ao buscar compreender como os alunos se comportam na sala de aula.

Uma função crucial dessa conexão entre neurociência e educação é compreender o funcionamento dos pensamentos, da memória, do planejamento, das habilidades que são desenvolvidas tanto na sala de aula quanto na escola em geral.

Segundo Relvas (2009), as investigações científicas em neurociência tiveram início no começo do século XIX. Nessa época, os fisiologistas Gustav Fritsch e Eduard Hitzig observaram que estimulações elétricas em áreas específicas do córtex cerebral provocavam movimentos. Broca e Wernicke contribuíram ao confirmar que a linguagem também é organizada em regiões específicas do córtex cerebral. Em 1890, Santiago Ramón y Cajal estabeleceu que cada célula nervosa é única, distinta e individual, e que essas células respondem a estímulos, conectando-se por sinapses. Na década de 1970, novas técnicas de imagem, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, foram desenvolvidas para fornecer informações fisiológicas e patológicas detalhadas, nunca antes alcançadas.

A neurociência traz à educação a análise de como aspectos como memória, esquecimento, sono, atenção, medo, humor, afetividade, movimento, sentidos e linguagem são estruturados fisicamente nos cérebros humanos. Esses conhecimentos podem ser fundamentais para a compreensão e o planejamento das práticas pedagógicas, se estudados com cuidado, pois, de acordo com Guerra (2011), *"a educação pode se beneficiar dos insights da neurobiologia para lidar com as dificuldades escolares e suas intervenções terapêuticas. A reflexão sobre as oportunidades e desafios do diálogo entre neurociência e educação pode resultar em avanços significativos para ambas as áreas"* (p. 8).

A pesquisa sobre a aplicação da neurociência no ensino de física é de extrema relevância devido aos desafios persistentes enfrentados por estudantes e educadores nessa área. A física é frequentemente percebida como uma disciplina complexa e abstrata, o que pode dificultar a compreensão e a retenção de conceitos-chave pelos alunos. Ao integrar conhecimentos neurocientíficos, podemos identificar estratégias educacionais mais eficazes que considerem como o cérebro humano aprende, processa e armazena informações relacionadas à física. Isso não apenas pode melhorar o desempenho acadêmico dos alunos, mas também aumentar o interesse e a motivação pela disciplina, contribuindo para uma educação mais inclusiva e adaptada às diferentes capacidades e estilos de aprendizagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Descrever como os princípios e descobertas da neurociência podem ser aplicados de maneira eficaz e inovadora no ensino de física, visando melhorar a compreensão, a retenção e o desempenho dos alunos nesta disciplina.

2.2 Específicos

- a) Explorar como as descobertas da neurociência podem ser aplicadas para aprimorar estratégias educacionais e promover o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.
- b) Analisar a literatura acadêmica atual sobre estratégias pedagógicas que incorporam princípios neurocientíficos no ensino de física, buscando compreender suas fundamentações teóricas e resultados observados.
- c) Discutir as implicações teóricas e educacionais das descobertas da neurociência para o ensino de física, visando ampliar o entendimento sobre como esses conhecimentos podem contribuir para a melhoria do processo educacional e para a promoção de uma educação mais alinhada às necessidades individuais dos alunos.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa consistiu em uma revisão de literatura sobre a aplicação da neurociência aplicada ao ensino de Física, com o objetivo de identificar contribuições e implicações para a prática pedagógica nesta área.

A metodologia adotada envolve uma seleção criteriosa de literatura relevante, abrangendo livros, artigos científicos, dissertações e teses. A busca por essas fontes foi realizada em plataformas digitais, com foco em publicações dos últimos dez anos para assegurar a atualidade e o embasamento teórico adequado. No entanto, também foram consideradas publicações mais antigas quando se tratar de autores renomados cujas obras tenham provocado avanços significativos na compreensão da interação entre Neurociência e ensino de Física.

Para a seleção das fontes, foram utilizados critérios como relevância para o tema, atualidade das publicações e qualidade das produções científicas. A qualidade será avaliada com base na pertinência dos resumos e no Qualis dos periódicos, priorizando artigos classificados nas áreas A e B (nível 2), devido ao impacto significativo dessas publicações.

A pesquisa foi conduzida com base em uma abordagem qualitativa, permitindo uma análise otimizada das contribuições da Neurociência para o ensino de Física. Segundo Rossman e Rallis (1998 *apud* Creswell, 2007), a pesquisa qualitativa proporciona um entendimento detalhado sobre as experiências e práticas pedagógicas. Esta revisão tem caráter básico em educação em ciências, conforme definido por Moreira (2004), que caracteriza essa abordagem como a busca por respostas a questões relacionadas ao ensino, aprendizagem e formação docente, dentro de um quadro teórico e metodológico sólido.

A análise e síntese das informações visam destacar como as descobertas neurocientíficas podem ser aplicadas para melhorar o processo de ensino e aprendizagem em Física, além de identificar lacunas na literatura existente e sugerir direções para futuras pesquisas na área. Assim, a revisão contribuirá para a compreensão e aplicação dos princípios da Neurociência na prática pedagógica, buscando efetivar um ensino mais eficaz e fundamentado cientificamente.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo descreve-se os principais tópicos relacionados a temática abordada da presente pesquisa, sempre interligando a física, neurologia e educação, isto é, realizando uma junção do ensino de física com a neurociência. Além disso, é abordado ainda a intervenção da BNCC que segue parâmetros de metas a serem cumpridas.

4.1 Contribuições da neurociência para a educação

No estudo da ciência neural, é crucial compreender os neurônios e a plasticidade do cérebro humano. De acordo com Reis *et al.* (2016), a neuroplasticidade refere-se à capacidade do cérebro de se remodelar em resposta a experiências e estímulos. Esse fenômeno é observado em diferentes situações, como no aprendizado de novos conceitos, línguas ou habilidades como o xadrez. Durante esses processos, ocorre uma modificação nas conexões entre as células cerebrais, o que fortalece o aprendizado obtido. Portanto, a neuroplasticidade representa a capacidade do cérebro de se adaptar às diversas experiências da vida, independentemente de serem positivas ou negativas.

O cérebro humano é composto por bilhões de neurônios que interagem entre si. Essas células são essenciais no processo, podendo se conectar e desconectar, além de comunicarem-se por meio de sinapses. Conforme descrito por Izquierdo (2008), a potencialização a longo prazo ocorre quando neurônios específicos se comunicam frequentemente, fortalecendo as sinapses, um aspecto crucial para o processo de aprendizagem. Assim, ao aprender algo novo, as conexões dentro de uma rede neuronal são reforçadas. Futuramente, ao revisar esse aprendizado, a ativação dessa rede será facilitada e as conexões se fortalecerão ainda mais.

O processo educacional é impactado por diversos elementos, e é crucial adotar comportamentos que promovam hábitos saudáveis, pois isso contribui significativamente para o bem-estar do indivíduo, facilitando o processo de aprendizagem como ressaltado por Amaral e Guerra (2020, p. 90):

Uma dieta adequada proporciona os nutrientes essenciais para as reações químicas e a síntese de proteínas necessárias na formação e eliminação de sinapses, cruciais para a construção e fortalecimento da memória e, conseqüentemente, do processo de aprendizagem. O sono, período fisiológico em que os circuitos neurais são reativados e reorganizados através da neuroplasticidade, representa o momento de consolidação das informações processadas durante o estado de vigília. A prática de exercícios físicos melhora o desempenho cognitivo ao influenciar funções como atenção, memória e habilidades executivas.

A intenção do professor é crucial nesse contexto, pois os educadores têm um papel fundamental como facilitadores das mudanças nos neurônios que favorecem a aprendizagem (Coch; Ansari, 2009). Em outras palavras, para promover a aprendizagem eficaz, é essencial que os professores atuem de forma proativa como mediadores das transformações neurais que impulsionam esse processo. Considerando todos esses aspectos, é viável criar um ambiente favorável ao aprendizado e otimizar o potencial individual do educando.

É fundamental entender como o cérebro humano realiza o processamento e a memorização de informações para desenvolver estratégias de ensino mais eficientes. A neurociência tem desempenhado um papel importante nesse aspecto, possibilitando a identificação e compreensão dos processos cognitivos que influenciam a aprendizagem, como a atenção, memória, percepção e tomada de decisões.

Além disso, a neurociência se torna a cada dia mais importante no processo ensino-aprendizagem ao identificar elementos que podem impactar esse processo, como o estresse, a ansiedade e a fadiga. Compreender o impacto desses fatores na aprendizagem é essencial para criar estratégias que possam impactar de forma positiva o desempenho dos alunos.

A neurociência tem contribuído de maneira significativa para a educação ao identificar novas abordagens pedagógicas que podem ser adotadas para promover o desenvolvimento cognitivo dos alunos. Essas abordagens englobam práticas como a aprendizagem ativa, a aprendizagem por meio de projetos, o ensino personalizado e o uso de jogos como ferramentas educacionais, entre outras metodologias (Bacich, 2017).

A neurociência oferece perspectivas importantes para a educação, embora não seja capaz de explicá-la completamente ou oferecer soluções definitivas que garantam resultados; ela não representa uma solução milagrosa. Em vez de propor

uma abordagem pedagógica completamente nova, a neurociência foca em entender como o cérebro aprende e sugere formas de tornar esse processo mais eficaz.

4.1.1 Aprimoramento da capacidade de atenção, concentração e memória dos estudantes.

A aprendizagem é uma atividade que abrange processos complexos envolvendo a interação entre estímulos internos e externos que são capazes de reforçar positivamente ou negativamente sinapses neurais. Através do entendimento do funcionamento dos mecanismos neurais envolvidos na aprendizagem, a neurociência é capaz de contribuir enriquecendo o processo de descoberta e aplicação do conhecimento científico, contribuindo em uma reformulação dos processos educativos não somente em sala de aula, mas sim em todo ambiente escolar (Brockington, 2021).

Cada indivíduo possui suas próprias características, habilidades e preferências. Ao aplicar essa perspectiva à educação, é essencial compreender as necessidades individuais de aprendizagem dos alunos, especialmente no que diz respeito à atenção, concentração e memória, a fim de proporcionar uma educação eficaz. Nesta seção, exploraremos a relevância dessas habilidades cognitivas e como a neurociência pode ser utilizada para melhorá-las.

A capacidade de atenção, concentração e memória desempenha um papel crucial no processo educacional. Estudantes que encontram dificuldades nessas áreas podem enfrentar obstáculos ao absorver, reter e recuperar informações. Contudo, a neurociência tem oferecido importantes conhecimentos sobre essas funções cerebrais, permitindo o desenvolvimento de estratégias e métodos para aprimorar essas habilidades nos alunos.

A neurociência tem revelado informações importantes sobre a plasticidade do cérebro, destacando sua capacidade notável de se adaptar e se remodelar ao longo da vida. Isso significa que o cérebro pode se recuperar de lesões, adquirir novas habilidades e ajustar-se a novas experiências. Além disso, os estudos das redes neurais, responsáveis pelo processamento de informações e controle de diversas funções, e dos hemisférios cerebrais também são contribuições significativas da neurociência para diversos campos. O hemisfério esquerdo está associado à linguagem, lógica e pensamento analítico, enquanto o hemisfério direito é mais envolvido com percepção espacial, criatividade e emoções.

No que se refere a outras funções cerebrais, como a memória, Pereira et al. (2018) enfatizam que esta é explorada em várias áreas do conhecimento, o que a torna um tema de natureza interdisciplinar. É objeto de estudo em diversos campos, abrangendo uma ampla gama de disciplinas. O sistema de memória pode ser definido como o processo pelo qual adquirimos, formamos, armazenamos e recordamos informações. A fase de aquisição é conhecida como aprendizagem, enquanto a recordação também é referida como expressão, recuperação e lembrança (Cammarota; Izquierdo; Bevilaqua, 2008, p. 242).

Quando se trata de aprendizagem, é crucial considerar a memória de curto e longo prazo. De acordo com Moreira-Aguiar et al. (2008), a memória de curto prazo é responsável pelo processamento de informações recentes, enquanto a memória de longo prazo permite a retenção de informações importantes para o aprendizado ao longo do tempo. Ambos os tipos de memória desempenham um papel fundamental na aquisição, retenção e evocação de conhecimentos durante o processo educacional.

Outros dois elementos essenciais neste contexto são a concentração e a atenção, que, embora muitas vezes consideradas como um único conceito, têm suas próprias distinções. Enquanto o termo "concentração" deriva da ideia de reunir ou focar algo em um ponto central, o termo "atenção" implica em entrar em contato ou estender a mente para algo. Dessa forma, entende-se que concentração envolve direcionar o foco para uma única tarefa ou estímulo, enquanto atenção refere-se à habilidade de manter um estado de alerta e vigilância ampla diante de estímulos diversos.

Atenção e concentração estão interligadas, pois a atenção auxilia na seleção e processamento das informações cruciais para a construção do conhecimento, enquanto a concentração possibilita que os alunos se dediquem plenamente a essas informações. Além disso, a concentração desempenha um papel importante na melhoria da memória de longo prazo, pois quando os alunos estão concentrados em uma tarefa, têm maior probabilidade de integrar novas informações à sua rede de conhecimento já existente.

Ademais, é essencial usar ferramentas que melhorem a atenção, concentração e memória dos alunos para promover uma educação eficaz e facilitar o processo de aprendizagem. Ao considerar as necessidades individuais de cada aluno e aplicar os conhecimentos da neurociência, podemos criar estratégias e

técnicas apropriadas para fortalecer essas habilidades cognitivas. Com uma melhor capacidade de concentração e atenção, os alunos poderão absorver informações de maneira mais eficiente, e uma memória melhorada facilitará a retenção e recuperação de conhecimentos. Isso resultará em um ambiente de aprendizagem mais favorável ao sucesso acadêmico e pessoal dos estudantes.

4.1.2 Ensino focado nas neurociências e métodos pedagógicos para aprimorar as capacidades mentais

A aprendizagem baseada no cérebro abrange um campo de estudo que se estende por várias disciplinas, como neurociência, psicologia cognitiva e educação. Esta abordagem multidisciplinar permite uma compreensão mais profunda de como o cérebro humano processa e armazena informações, possibilitando o desenvolvimento de estratégias de ensino mais eficazes e adaptadas às necessidades individuais dos alunos. Essas estratégias visam não apenas facilitar a assimilação inicial de conhecimentos, mas também promover a retenção a longo prazo e a aplicação prática do aprendizado nas diversas áreas da vida dos estudantes.

Diversas metodologias de ensino têm sido propostas com base nos princípios da aprendizagem baseada no cérebro, como a aprendizagem ativa, a aprendizagem por projetos, o ensino personalizado e o ensino baseado em jogos. Cada uma dessas metodologias tem como objetivo estimular o pensamento crítico, a criatividade, a resolução de problemas e outras habilidades cognitivas importantes para o sucesso acadêmico e profissional dos estudantes. Segundo Gülpinar (2005), os estudos da neurociência trouxeram uma nova perspectiva para refletir sobre a aprendizagem, o ensino e suas práticas. Como resultado, surgiram modelos e abordagens de Aprendizagem Baseada no Cérebro, como Brain/Mind Learning de Caine e Caine, o Sistema 4MAT de McCharty, o Aprendizado Compatível com o Cérebro de Hart, o Sistema de Pensamento/Aprendizagem de Edwards e Sparapani, além do Ensino Baseado no Cérebro de Herrman. O autor observa que a neurociência e a neurociência cognitiva forneceram uma base teórica para outras abordagens e modelos centrados no aprendiz e construtivistas, como Aprendizagem

Experiencial, Múltiplas Inteligências, Aprendizagem Cooperativa e Aprendizagem Auto-Regulada.

Assim, estudos mais aprofundados sobre os diversos processos de aprendizagem oferecem a oportunidade de entender os processos educacionais de uma maneira radicalmente diferente do que tem sido feito até agora, facilitando a ligação ideal entre Educação e Neurociência. Compreender como as informações captadas do ambiente para construir representações físicas do mundo são codificadas no cérebro pode fornecer insights valiosos sobre a aprendizagem de conteúdos científicos, conhecimentos que seriam impossíveis de serem obtidos de outra forma.

À medida que avançam as pesquisas sobre o funcionamento do cérebro, surgem diversas interpretações sobre descobertas da neurociência cognitiva que podem estar relacionadas à prática educacional. Estas frequentemente revelam mudanças estruturais e funcionais no cérebro humano após diferentes processos de aprendizagem.

Por fim, é fundamental ressaltar que a aprendizagem baseada no cérebro e as estratégias de ensino associadas estão em constante evolução, demandando um compromisso contínuo com pesquisa e experimentação. O objetivo dessas abordagens é criar ambientes educacionais mais eficazes, inclusivos e significativos, que capacitem todos os alunos - independentemente de suas características individuais - a alcançarem seu máximo potencial de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo, o que deveria ser o foco central da educação.

4.2 A física no cérebro

Atualmente, há um conhecimento limitado sobre os mecanismos neurais que sustentam a aprendizagem de conceitos de Física. Uma das poucas investigações nessa área foi conduzida por Mason e Just em 2015. O estudo oferece evidências das mudanças cerebrais que ocorrem não apenas após, mas durante o processo de aprendizagem. Utilizando imagens de ressonância magnética funcional, os pesquisadores examinaram os padrões de atividade cerebral enquanto os participantes aprendiam conceitos de mecânica através de quatro diferentes

sistemas: uma balança de banheiro, o freio de um carro, um extintor de incêndio e um trompete.

As representações neurais associadas à compreensão do funcionamento desses dispositivos foram registradas antes, durante e após três fases progressivas de ensino: inicialmente foram fornecidas informações sobre os componentes do sistema, em seguida foram apresentadas as relações causais parciais do funcionamento desses sistemas, e finalmente foram transmitidas informações completas sobre seu funcionamento. Em vez de simplesmente buscar correlações entre funções cognitivas e ativações em áreas cerebrais específicas, o objetivo principal deste estudo foi identificar como um novo conhecimento físico é construído no cérebro ao longo de diferentes estágios de aprendizagem (Mason; Just, 2016).

Na pesquisa de Mason e Just (2016) utilizando ressonância magnética funcional, os cérebros de 14 estudantes da Universidade Carnegie Mellon foram examinados enquanto aprendiam pela primeira vez sobre esses quatro sistemas mecânicos simples. O ensino foi dividido em três tipos distintos de blocos. No primeiro bloco, os alunos receberam uma descrição dos componentes dos sistemas, que incluía uma imagem real e um diagrama esquemático, acompanhados por uma frase explicativa. No segundo bloco, foram fornecidas informações causais parciais, introduzindo a primeira metade da sequência causal do funcionamento de cada sistema. O terceiro e último bloco apresentou informações funcionais completas, proporcionando uma descrição abrangente do funcionamento dos sistemas mecânicos. Após cada bloco, os participantes foram solicitados a refletir sobre o sistema que acabara de ser explicado.

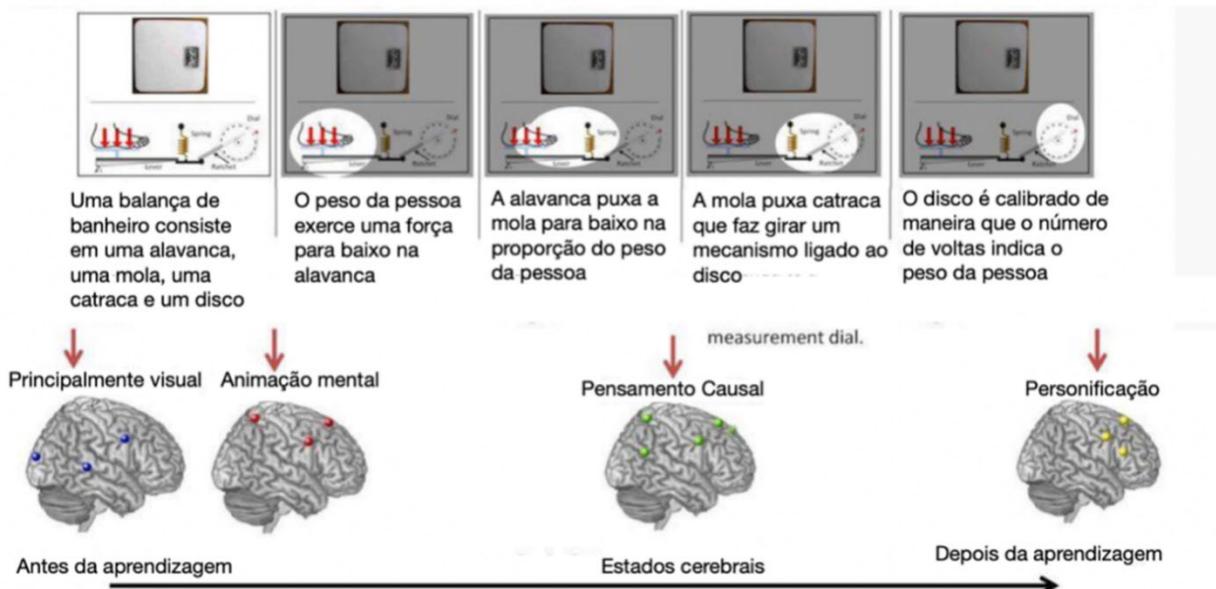
Os resultados indicaram que após cada fase de ensino, houve uma mudança nos padrões de pensamento dos estudantes. Esta série de explicações possibilitou aos pesquisadores identificarem as redes neurais que foram ativadas durante cada estágio do processo de aprendizagem, acompanhando a transformação de novos conceitos de informações verbais e visuais para representações neurais.

As descobertas de Mason e Just (2015) mostram que essas representações neurais evoluíram por estágios distintos em termos de espaço e tempo, cada um envolvendo diferentes áreas do cérebro relacionadas a processos cognitivos diversos. Inicialmente, houve uma maior atividade no córtex occipital, sugerindo que a representação do sistema foi principalmente visual. Em estágios intermediários, várias regiões corticais foram ativadas, como as áreas parietal, temporal e frontal

medial, associadas a processos cognitivos como inferência causal, linguagem e movimento, redes frequentemente ativadas durante a formação de imagens mentais.

Isso indica que os estudantes estavam visualizando o movimento dos componentes mecânicos para deduzir como eles interagem em uma sequência causal de funcionamento. No estágio final, houve uma intensa atividade nas regiões frontal e motora do córtex frontal, ligadas às funções executivas e à cognição incorporada, sugerindo que os participantes imaginaram como uma pessoa, ou eles próprios, interagiria com os sistemas. Portanto, esses resultados apontam para diferentes mecanismos envolvidos na aprendizagem de sistemas mecânicos: (1) codificação de informações; (2) formação de imagens mentais, possivelmente envolvendo a visualização dos componentes em movimento; (3) formulação de hipóteses causais associadas às imagens mentais; e (4) compreensão de como uma pessoa interage com o sistema. Ver Figura 1.

Figura 1 - Diferenças na ativação cerebral correlacionadas com diferentes fases de explicação do mecanismo de funcionamento de uma balança de banheiro.



Fonte: Mason; Just (2015).

Há ativações cerebrais específicas para cada conceito estudado. Além disso, descobriram que a atividade cerebral era consistente entre todos os participantes quando pensavam no mesmo conceito; por exemplo, ao pensar em "gravidade",

todos apresentavam as mesmas regiões cerebrais ativas, as quais eram distintas das ativadas ao pensarem em "campo elétrico".

Um achado interessante foi que esses padrões de ativação neuronal aproveitavam sistemas neurais já existentes. Conceitos físicos como "frequência" ou "comprimento de onda" ativaram regiões cerebrais similares às ativadas durante a execução de dança ou ao ouvir música, sugerindo uma sobreposição funcional. Por outro lado, conceitos como "velocidade" e "aceleração", geralmente definidos por equações, ativaram áreas cerebrais associadas ao processamento aritmético e à compreensão de frases verbais.

4.2.1 Interligação da neurociência com a BNCC

A BNCC (Base Nacional Comum Curricular) é um documento que define os direitos de aprendizagem e desenvolvimento dos alunos em todas as etapas da Educação Básica no Brasil. Sua mais recente alteração se deu em julho de 2024 através da aprovação final do novo Ensino Médio. As principais alterações foram em relação a obrigatoriedade das disciplinas e suas respectivas cargas horária.

Anteriormente ao novo texto aprovado, apenas língua portuguesa e matemática eram obrigatórios em todos os anos do Ensino Médio, a base também citava sobre a flexibilização da organização curricular desta etapa de ensino, através dos itinerários formativos previsto na legislação brasileira.

A nova lei que estabelece as mudanças para o Ensino Médio com relação a carga horária e quanto aos componentes curriculares obrigatórios e itinerários formativos. Após a aprovação as disciplinas obrigatórias em todos os anos do Ensino Médio são: língua portuguesa, inglês, artes, educação física, matemática, ciências da natureza e ciências humanas. Quanto a carga horária, em que eram obrigatórias 1.800 horas para disciplinas obrigatórias e 1.200 horas para disciplinas optativas, com a nova proposta aprovada passou a ser 2.400 horas para disciplinas obrigatórias e 600 horas para disciplinas optativas (Brasil, 2024).

Sabe-se que a BNCC abrange diversas áreas do conhecimento, incluindo a de Ciências da Natureza. Sendo um documento abrangente, a integração da Neurociência pode se dar de várias formas, dependendo das diretrizes curriculares de cada sistema de ensino e das propostas pedagógicas das instituições de ensino.

Ao relacionar a Neurociência com a BNCC, destacam-se alguns aspectos importantes. A Neurociência, por sua natureza interdisciplinar, incorpora conhecimentos de várias áreas, como Biologia, Psicologia, Medicina e Física. A BNCC valoriza essa abordagem integrada, visando unir diferentes campos do saber em suas propostas pedagógicas. A BNCC discute essa perspectiva interdisciplinar como uma forma de “fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas na gestão do ensino e da aprendizagem” (Brasil, 2017, p. 16).

A Neurociência pode oferecer importantes contribuições para a compreensão dos processos neurobiológicos e do funcionamento cerebral. Essa compreensão pode ser aplicada na BNCC, especialmente na área de Ciências da Natureza, para aprofundar o conhecimento dos estudantes sobre o corpo humano, o sistema nervoso e suas interações com o ambiente, facilitando a implementação da habilidade EM13CNT203 (Brasil, 2017). Além disso, a Neurociência explora aspectos cognitivos e emocionais, como aprendizagem, memória, atenção, tomada de decisões e emoções. Esses aspectos também são abordados na BNCC, que visa o desenvolvimento integral dos alunos, levando em conta suas habilidades cognitivas e socioemocionais (Brasil, 2017; Naxara; Ferreira, 2017).

A Neurociência oferece valiosas percepções para o ensino e a aprendizagem da Física. Um dos aspectos mais relevantes é a ativação de conhecimentos prévios, que demonstra que conectar novos conceitos com aqueles já conhecidos pelos estudantes facilita a compreensão de novos conteúdos científicos. Além disso, ao estimular a curiosidade dos alunos por meio de questionamentos, experimentos e atividades práticas, a Neurociência destaca a importância da motivação no aprendizado da Física (Andrade; Prado, 2003). Esse enfoque reforça a aplicação da segunda competência geral da Educação Básica, que aborda aspectos científicos como curiosidade, investigação, análise crítica e resolução de problemas (Brasil, 2017).

Outro aspecto importante é o uso de múltiplos canais sensoriais, conforme sugerido pela Neurociência. Utilizar recursos visuais, realizar experimentos práticos, aplicar simulações e exibir vídeos permite que os alunos explorem diferentes formas de representação e assimilem os conceitos físicos de maneira mais eficaz. Além disso, a Neurociência enfatiza a necessidade de contextualizar os conceitos de forma significativa e relevante, conectando-os a situações do dia a dia, problemas

reais e aplicações práticas. Isso auxilia os estudantes a reconhecerem a utilidade e a importância dos conhecimentos de Física (Sousa; Freitas, 2022). Esses princípios estão alinhados com a proposta da BNCC de “selecionar e aplicar metodologias e estratégias didático-pedagógicas diversificadas” (Brasil, 2017, p. 17).

A metacognição, ou seja, a capacidade de refletir sobre o próprio processo de aprendizagem, também é enfatizada pela Neurociência e prevista na BNCC. No ensino de Física, é essencial estimular os alunos a refletirem sobre seus métodos de aprendizado, a identificarem suas dificuldades e a desenvolverem estratégias para superá-las. Esse enfoque promove a autorregulação da aprendizagem, ajudando os estudantes a se tornarem mais independentes e autônomos em seu processo de construção do conhecimento físico, como destacado pela BNCC (Brockington, 2021)

Baseando-se nas percepções da Neurociência, é possível desenvolver estratégias para aprimorar as práticas educacionais, considerando como o cérebro aprende, armazena informações e se desenvolve. Essas estratégias podem ajudar a melhorar o ensino e a aprendizagem, alinhando-se aos objetivos da BNCC. Assim, a Neurociência e a BNCC podem se integrar, promovendo uma educação fundamentada em evidências científicas e voltada para o desenvolvimento integral dos alunos (Camilo, 2021).

5 RESULTADOS

O Quadro 1 oferece uma visão detalhada das interações entre os aspectos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os princípios da Neurociência aplicados ao ensino de Física. O objetivo desse quadro é destacar como as diretrizes da BNCC podem ser enriquecidas pelas descobertas neurocientíficas para promover uma abordagem educacional mais integrada e eficaz.

Quadro 1 – Aspectos da BNCC relacionados com a neurociência no ensino de física

Aspecto da BNCC	Descrição	Conexão com a Neurociência	Exemplos práticos
Competência geral 1 Conhecimento.	Aplicação do conhecimento de forma crítica para entender e explicar a realidade.	A neurociência destaca a importância da motivação e da autorregulação para um aprendizado eficaz.	Implementação de atividades práticas e envolventes que promovam a curiosidade, participação ativa e reflexão.
Competência geral 2 Pensamento científico, crítico e criativo.	Praticar a curiosidade intelectual apropriando-se de abordagens científicas.	Estimular a curiosidade e fortalecer o pensamento crítico tais atividades ativam e fortalecem as redes neurais melhorando o processo de ensino-aprendizagem.	A proposta de problemas reais como metodologia de ensino ativa, incentiva a investigação, formulação de hipóteses e soluções diversas.
Competência geral 3 Repertório cultural	Conhecer, compreender e reconhecer a importância das manifestações culturais.	A consolidação da memória requer repetição juntamente com a variação de estímulos. A vivência e reflexão sobre a cultura, auxilia a fixar conhecimentos de forma prolongada.	Através da contextualização cultural é possível integrar conceitos de Física/Ciência, tornando o aprendizado mais relevante.
Competência geral	Utilização de	Ambientes	O uso de software

4 Comunicação	diferentes linguagens (verbal, visual e digital) para expressar e partilhar informações, experiências e ideias.	favoráveis a educação e que incluem diferentes formas de comunicação, são capazes de estimular diversas áreas do cérebro.	de simulações para que alunos possam visualizar e explanar sobre fenômenos físicos. Apresentações orais.
Competência geral 5 Cultura digital	Utilização de tecnologias digitais para se comunicar, acessar, disseminar informações, resolver problemas.	Tecnologias digitais interativas podem aumentar o envolvimento dos alunos, tornando a aprendizagem significativa.	O uso de plataformas educacionais digitais para compartilhamento de materiais didáticos, vídeos, fóruns.
Competência geral 6 Trabalho e projeto de vida	Escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao projeto individual de vida.	O córtex pré-frontal é a área responsável pela tomada de decisões. Atividades que incentivem aos alunos refletirem sobre suas metas ajudam a desenvolver conexões nessa área do cérebro.	Visitas técnicas em laboratórios, empresas e universidades para que alunos possam vivenciar a aplicação da Física no cotidiano.
Competência geral 7 Argumentação	Argumentação com base em fatos e informações confiáveis.	A prática repetitiva de argumentações fortalece conexões neurais, facilitando a retenção de informações e a aprendizagem de longo prazo.	Discussões em grupo sobre conceitos físicos complexos. Para que alunos expliquem sobre suas ideias e questionem as dos colegas.
Competência geral 8 Autoconhecimento e Autocuidado	Compreensão da diversidade humana, reconhecimento das próprias emoções.	Através da plasticidade cerebral o indivíduo é capaz de se modificar em resposta ao ambiente e ao aprendizado.	Através de reflexão pessoal, onde alunos possam refletir sobre como se utilizam conceitos de física/ciência em suas vidas diárias.
Competência geral 9 Empatia e	Respeito mútuo e aos direitos humanos.	A neurociência faz destaque sobre a importância das	Dinâmicas em grupo incentivam a cooperação e o

Cooperação	Exercício da empatia, diálogo e solução de conflitos	emoções no processo de aprendizagem. Um ambiente seguro e positivo facilita a absorção do conhecimento.	diálogo, como debates e projetos interdisciplinares.
Competência 10 Responsabilidade e cidadania	Capacitar estudantes a agir de maneira autônoma, tomando decisões baseadas em princípios éticos, democráticos e inclusivos	A neurociência destaca as funções executivas do cérebro, como a tomada de decisão. A compreensão dessas funções pode auxiliar alunos a tomar decisões alinhadas com princípios democráticos e sustentáveis.	Estudos de caso, analisando situações reais onde a responsabilidade e a cidadania são cruciais para resolução de problemas.

Fonte: adaptado de BNCC. 2017.

A neurociência é capaz de impactar positivamente o ensino de física através da integração das principais competências gerais da BNCC, através da promoção de um processo de ensino-aprendizado eficaz e significativo. Os achados da neurociência aplicados a educação podem ser diretamente utilizados com o intuito de trabalhar o desenvolvimento de todas as competências elencadas pela BNCC durante a passagem dos estudantes pela etapa do Ensino Médio.

A competência geral 1 da BNCC, que visa o desenvolvimento da autonomia e do engajamento dos alunos com a aprendizagem, encontra apoio significativo na Neurociência, que enfatiza a importância da motivação e da autorregulação. A Neurociência sugere que estratégias que aumentam a motivação, como o uso de atividades práticas e envolventes, são fundamentais para promover um aprendizado ativo e autônomo. Por exemplo, a implementação de atividades que despertem curiosidade e engajamento ativo se alinha com essa competência ao incentivar a participação e a independência dos alunos.

Em relação a competência geral 2 da BNCC, que se foca na compreensão e aplicação de conceitos científicos, é apoiada pela Neurociência, que destaca a importância da ativação de conhecimentos prévios para a assimilação de novos conceitos. Ao utilizar estratégias como analogias e pré-testes para conectar o

conhecimento existente dos alunos com novos conceitos de Física, os educadores podem promover uma compreensão mais eficaz e contextualizada. Esta abordagem também ajuda os alunos a integrarem novos conhecimentos com o que já sabem, facilitando a construção de um entendimento mais sólido.

Já a competência geral 4 da BNCC, que envolve o uso de diferentes linguagens e mídias para interpretar e comunicar ideias, é diretamente reforçada pelos princípios neurocientíficos sobre a utilização de múltiplos canais sensoriais. A Neurociência aponta que a combinação de recursos visuais, simulações e experimentos práticos pode melhorar a compreensão e a retenção de conceitos científicos. Aplicar esses recursos no ensino de Física permite que os alunos explorem os conceitos de maneira multimodal, facilitando uma compreensão mais profunda e abrangente.

E por último a competência geral 5 da BNCC, que busca desenvolver a capacidade de reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem, é diretamente apoiada pelos princípios da Neurociência sobre a metacognição. A capacidade de refletir e ajustar estratégias de aprendizagem é crucial para a autorregulação e a independência dos alunos. Incentivar os alunos a refletirem sobre suas abordagens e ajustarem suas estratégias de estudo contribui para um aprendizado mais autorregulado e autônomo, alinhando-se perfeitamente com essa competência.

A compreensão como o cérebro é capaz de processar informações e emoções possibilita aos docentes a utilização de estratégias educacionais capazes de promover a autorregulação emocional, empatia e cooperação, onde estas estão diretamente conectadas as competências gerais 8 (Autoconhecimento e Autocuidado) e 9 (Empatia e Cooperação).

O Quadro 2 oferece uma visão detalhada das interações entre alguns aspectos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os princípios da Neurociência aplicados ao ensino de Física. O objetivo desse quadro é destacar como as diretrizes da BNCC podem ser enriquecidas pelas descobertas neurocientíficas para promover uma abordagem educacional mais integrada e eficaz.

Quadro 2 - Contribuições da neurociência para o ensino de física

Aspecto neurocientífico	Contribuição para o ensino de Física	Exemplos de aplicações	Exemplos práticos
Ativação de conhecimentos prévios	Facilita a compreensão de novos conceitos ao conectar com o conhecimento existente	Uso de analogias e pré-testes para identificar conhecimentos prévios.	Competência Geral 2: "Compreender e aplicar conceitos científicos."
Utilização de Múltiplos Canais Sensoriais	Melhora a retenção e compreensão dos conceitos através de experiências multimodais.	Aplicação de recursos visuais, simulações e experimentos práticos.	Competência Geral 4: "Utilizar diferentes linguagens e mídias para interpretar e comunicar ideias."
Importância da Motivação	Aumenta o engajamento e a persistência dos alunos na aprendizagem de Física.	Desenvolvimento de atividades que despertem curiosidade e envolvimento ativo.	Competência Geral 6: "Desenvolver a autonomia e o engajamento com a aprendizagem."
Metacognição	Promove a autorregulação e a independência no processo de aprendizagem.	Estratégias de reflexão sobre o próprio aprendizado e ajuste de abordagens	Competência Geral 1: "Desenvolver a capacidade de refletir sobre o próprio processo de aprendizagem."

Fonte: adaptado de BNCC. 2017.

A ativação de conhecimentos prévios é uma das contribuições neurocientíficas destacadas. A Neurociência demonstrou que a ativação do conhecimento pré-existente facilita a assimilação de novos conceitos, uma estratégia que pode ser diretamente aplicada no ensino de Física. Este princípio é refletido na Competência Geral 2 da BNCC, que enfatiza a importância de compreender e aplicar conceitos científicos. A utilização de analogias e pré-testes para identificar e conectar conhecimentos prévios dos alunos com novos conceitos físicos é uma aplicação prática desta teoria.

A utilização de múltiplos canais sensoriais é outro aspecto relevante. A Neurociência sugere que a combinação de diferentes modalidades sensoriais, como recursos visuais, simulações e experimentos práticos, melhora a retenção e a compreensão dos conceitos. Esta abordagem está alinhada com a Competência Geral 4 da BNCC, que incentiva o uso de diversas linguagens e mídias para interpretar e comunicar ideias. A implementação de atividades multimodais pode ajudar os alunos a internalizarem conceitos complexos de Física de maneira mais eficaz.

A importância da motivação é também um ponto fundamental. A Neurociência sublinha que a motivação é crucial para o engajamento e persistência dos alunos. Esta perspectiva é suportada pela Competência Geral 1 da BNCC, que visa desenvolver a autonomia e o engajamento dos estudantes com a aprendizagem. Para promover a motivação, atividades que despertem curiosidade e envolvimento ativo são recomendadas.

E por fim a metacognição é destacada como uma prática essencial. A Neurociência evidencia que a capacidade de refletir sobre o próprio processo de aprendizagem e ajustar estratégias é crucial para a autorregulação. Este conceito está em consonância com a Competência Geral 5 da BNCC, que incentiva a reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem. Estruturas de reflexão e estratégias de ajuste no estudo são aplicáveis para ajudar os alunos a se tornarem mais independentes e autônomos.

6 DISCUSSÃO

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza, especialmente a Física, conforme estabelecido pela BNCC, deve promover a formação de uma base sólida de conhecimentos contextualizados. Esse enfoque visa desenvolver nos estudantes a habilidade de fazer julgamentos críticos, tomar decisões, construir argumentos e apresentar propostas alternativas, utilizando diversas tecnologias de forma criteriosa. A integração dessas práticas e a colaboração com outras áreas do conhecimento estimulam debates sobre os impactos éticos, socioculturais, políticos e econômicos dos temas abordados nas Ciências da Natureza (Brasil, 2018).

Observa-se que muitos professores de Física e de outras disciplinas curriculares apoiam a aprendizagem por descoberta (Silva *et al.*, 2019). No entanto, apenas permitir que o aluno descubra o conteúdo principal não é suficiente para garantir uma aprendizagem significativa. Para que o novo conhecimento seja efetivamente assimilado, é necessário que ele seja conectado aos conhecimentos prévios do estudante.

Darroz, Rosa e Ghiggi (2015) observam que a aprendizagem mecânica de Física continua a ser predominante nas escolas brasileiras, manifestando-se de maneira bastante arbitrária. Esse tipo de aprendizagem não facilita a compreensão de novos conceitos, pois o aluno acaba dependendo apenas da associação entre o estímulo e a resposta correspondente. Assim, se o estímulo for alterado, até mesmo por um sinônimo, é improvável que o aluno forneça uma resposta correta.

Pereira, Fusinato e Gianotto (2017) afirmam que a melhoria na qualidade do ensino de Física exige uma mudança na abordagem didático-pedagógica dos professores. Os autores destacam a necessidade de uma intervenção na formação inicial que vá além do aspecto pedagógico, incentivando os futuros educadores a refletirem sobre suas práticas e atitudes. Para promover uma interação mais eficaz em sala de aula e aumentar o interesse e a participação dos alunos, é fundamental redefinir o papel do professor. Em outras palavras, é urgente uma transformação no perfil do educador (Pereira; Fusinato; Gianotto, 2017).

Manter um currículo com uma abordagem reducionista, como a do método tradicional, e realizar apenas algumas alterações pedagógicas superficiais, sem alterar sua natureza e essência, dificilmente trará resultados positivos para a formação da cidadania. É improvável que os alunos se preparem adequadamente

para participar de forma crítica em uma sociedade democrática, assegurando seus direitos e cumprindo seus deveres (Catarino; Queiroz; Araújo, 2013).

Cosenza e Guerra (2011) destacam que um ensino significativo pode provocar mudanças na taxa de conexão sináptica e impactar a função cerebral. Isso permite traçar um paralelo entre as ideias da psicologia cognitiva e a Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003). Assim, ao integrar a Neurociência com a Aprendizagem Significativa, pode-se concluir que os alunos assimilarão mais eficazmente os conteúdos de Física e os conceitos básicos de Astronomia se o professor estabelecer diversas conexões entre os novos conceitos e o conhecimento pré-existente dos alunos, além de utilizar instrumentos e estímulos que sejam instigantes e relevantes para o processo de aprendizagem.

A disposição para aprender pode impactar significativamente a forma como as informações são assimiladas. No entanto, se conceitos importantes não estiverem presentes na estrutura cognitiva do aluno, os organizadores do conhecimento atuarão como base para a aquisição de novos conceitos. Isso permitirá a formação de conceitos subsunçores, que, por sua vez, facilitarão a aprendizagem de novos conteúdos (Tironi *et al.*, 2013).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste trabalho evidenciam a importância e o impacto da Neurociência no ensino de Física. A revisão da literatura demonstrou que a aplicação dos princípios neurocientíficos pode transformar a prática pedagógica, proporcionando métodos mais eficazes e engajadores para o ensino dessa disciplina. A compreensão dos processos cerebrais e das dinâmicas de aprendizagem permite que os educadores adotem abordagens mais alinhadas com a forma como o cérebro processa e retém informações.

Os principais achados indicam que a integração de conhecimentos da Neurociência no ensino de Física pode enriquecer a experiência de aprendizagem. O uso de múltiplos canais sensoriais, como recursos visuais, experimentos práticos e simulações, mostrou-se eficaz na facilitação da compreensão dos conceitos físicos. Além disso, a importância da motivação e do envolvimento ativo dos alunos foi destacada como fundamental para uma aprendizagem significativa. A promoção da metacognição, que envolve a reflexão dos alunos sobre seus próprios processos de aprendizagem, também foi identificada como crucial para o desenvolvimento de habilidades autônomas e a superação de dificuldades.

Em termos de sugestões para pesquisas futuras, o estudo poderia se expandir para incluir a investigação longitudinal da implementação de estratégias baseadas na Neurociência, para avaliar seus efeitos ao longo do tempo e sua eficácia contínua. Além disso, o desenvolvimento e a avaliação de ferramentas pedagógicas específicas que integrem princípios neurocientíficos seriam valiosos para a prática educacional.

A formação de professores também merece atenção, com pesquisas focadas na eficácia de programas que incluam a Neurociência em seus currículos. Avaliar como essa formação pode influenciar a adoção de práticas pedagógicas baseadas em evidências científicas pode proporcionar insights importantes para melhorar o ensino de Física. Outra área promissora é a exploração da interação entre a Neurociência e outras disciplinas curriculares, investigando como a colaboração interdisciplinar pode revelar novas abordagens para o ensino e a aprendizagem.

Essas sugestões visam aprofundar a compreensão sobre a aplicação da Neurociência no ensino de Física e contribuir para a melhoria contínua das práticas pedagógicas. A integração dos avanços científicos com as práticas educacionais é

crucial para a ascensão do processo educacional que se deve-se ter como objetivo o desenvolvimento integral de uma sociedade justa, igualitária e próspera.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Paulo Estevão; PRADO, Paulo Sérgio T. do. Psicologia e Neurociência Cognitivas: Alguns avanços recentes e implicações para a educação. **Psicologia: reflexão e crítica**, Paraná, v. 16, n. 1, p. 129-136, 2003.
- AUSUBEL, David Paul. **A aquisição e retenção de conhecimento**: uma visão cognitiva. Holanda: Springer Science & Business Media Dordrecht, 2003.
- BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre:Penso Editora, 2017.
- BROCKINGTON, Guilherme. Neurociência e Ensino de Física: limites e possibilidades em um campo inexplorado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, p. 20-21, 2021.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da educação: Brasília, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 13 jul. 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. **O que muda no ensino médio a partir de 2025. 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2024/agosto/o-que-muda-no-ensino-medio-a-partir-de-2025>. Acesso em: 24 set. 2024
- CAMMAROTA, Martín; BEVILAQUA, Lia R. M.; IZQUIERDO, Iván. **Aprendizado e Memória**. In: *Mente e Comportamento*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- COCH, Donna; ANSARI, Daniel. Pensar em mecanismos é fundamental para conectar neurociência e educação. **Córtex**, Washington, v. 45, n. 4, p. 546-547, 2009.
- CATARINO, Giselle Faur de Castro; QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campello; ARAÚJO, R. M. X. Dialogismo, ensino de física e sociedade: do currículo à prática pedagógica. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 19, n. 2, p. 307- 322, 2013.
- CAMILO, Cíntia Moralles. Neuroscience and Learning in Science Teaching (Neurociência e Aprendizagem no Ensino de Ciências). **Journal of Education and Learning Research**, v. 7, n. 1, 2021, p. 31-38.
- DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, Cleci Werner da; GHIGGI, Caroline Maria. **Método tradicional x aprendizagem significativa**: investigação na ação dos professores de Física. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 5, n. 1, p. 70-85, 2015.
- FERNANDES, R.S.; PARK, M.B. Lembrar-esquecer: trabalhando com as memórias infantis. **Cadernos Cedes**, Campinas, volume 26, n. 68, p. 39-59, 2006.
- GUERRA, L.B. O diálogo entre a neurociência e a educação: da euforia aos desafios e possibilidades. **Revista Interlocução**, Belo Horizonte, v. 04, n. 4, p. 3-12, 2011.
- GUIMARÃES, Ueudison Alves et al. Práticas pedagógicas: a neurociência aplicada na educação. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, São Paulo, v. 4, n. 12, p. 412-413, 2023.

GÜLPINAR, Mehmet Ali. Os Princípios da Aprendizagem Baseada no Cérebro e os Modelos Construtivistas na Educação. **Ciências da Educação: teoria e prática**, Arábia Saudita, v. 5, n. 2, 2005.

IZQUIERDO, Iván *et al.* A evidência para potenciação hipocampal a longo prazo como base da memória para tarefas simples. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 80, p. 115-127, 2008.

LOUREIRO, Bruna Cristina Oliveira; SILVA, Marcelo Castanheira. Ensino de física para a primeira série do novo ensino médio por meio de webquest. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 6, n. Especial, p. 255-260, 2022.

MASON, Robert A.; JUST, Marcel Adam. Neural representations of physics concepts. **Psychological science**, Flórida, v. 27, n. 6, p. 904-913, 2016.

MASON, Roberto A.; JUST, Marcel Adão. O ensino de física induz mudanças na representação do conhecimento neural durante etapas sucessivas de aprendizagem. **Neuroimagem**, Flórida, v. 111, p. 36-48, 2015.

MOREIRA-AGUIAR, Viviane *et al.* Memória de longo prazo modulada pela memória de curto prazo. **Paidéia**, Ribeirão Preto, v. 18, p. 331-339, 2008.

NAXARA, Kelly; FERREIRA, Victor Silva. Implicações da Neurociência na Educação. **Revista de Pós Graduação Multidisciplinar**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 11-21, 2017.

PEREIRA, F. da C. *et al.* Funções cognitivas e os impactos das tecnologias digitais na memória. **Temas em saúde**, João Pessoa, v. 18, n. 4, 2018.

PEREIRA, Ricardo Francisco; FUSINATO, Polônia Altoé; GIANOTTO, Dulcinéia Ester Pagani. A prática pluralista na formação inicial de professores de física. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 19, 26-27, 2017.

RELVAS, M.P. **Neurociência e educação**. 1.ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2009.

REIS, Alexsandro Luiz *et al.* **A Neurociência e a Educação: como nosso cérebro aprende?** III Curso de Atualização de Professores da Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio. Ouro Preto: Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2016.

SOUSA, Carlos Eduardo Batista; FREITAS, Priscila dos Santos Caetano de. The Connection Between Piaget's Theory and Cognitive Neuroscience in Physics Teaching. **Journal of Education and Learning Research**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2022.

SILVA, Ismenia Cerqueira *et al.* Práticas experimentais para o ensino de Física baseadas na aplicação do modelo de aprendizagem por descoberta. *In: Anais...IV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; V SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG*. Centro Universitário UNIFACIG, Minas Gerais, 7 e 8 de novembro de 2019.

TIRONI, Cristiano Rodolfo; SCHMIT, Eduardo; SCHUHMACHER, Vera Rejane Niedersberg; SCHUHMACHER, Elcio. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. *In: Anais... IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS ÁGUAS DE LINDÓIA, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013*.