

3.

NEUROCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO: ELEMENTOS DE APRENDIZAGEM PRESENTES NA LITERATURA EM LÍNGUA PORTUGUESA SOBRE NEUROEDUCAÇÃO

Klyntton Horst da Fonseca
Daniela Alves de Alves

Introdução

A neuroeducação é um campo emergente e interdisciplinar que alia neurociências, psicologia e educação a fim de aprimorar e/ou potencializar os processos educacionais. Além disso, busca compreender o aprendizado no sistema neural a fim de balizar as práticas pedagógicas. Este trabalho é fruto da dissertação de mestrado homônima, defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação. O objetivo deste trabalho foi levantar as técnicas aplicadas e os elementos de aprendizagem presentes nas produções em língua portuguesa de neuroeducação em contextos de educação formal entre os anos 2019 e 2021. Realizamos uma investigação nas plataformas Portal de Periódicos da CAPES e Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES.

No século XX, as neurociências surgiram como uma disciplina inovadora, integrando conceitos de diversas áreas como biologia, psicologia e neurofisiologia. Caracterizadas por uma abordagem interdisciplinar, as neurociências se estabeleceram como um campo de estudo singular, focado na compreensão dos circuitos neuronais e da medula espinhal, fundamentais para compreender como o cérebro aprende (Abi-Rached; Rose, 2010).

Institucionalizada na década de 1960, o conceito de neurociências ganhou destaque na "década do cérebro" nos anos 90

(Vidal; Ortega, 2019, p. 13), impulsionando pesquisas que exploram fenômenos diversos, incluindo o campo educacional (Bartoszeck, s.d.). A identidade do neurocientista reflete essa abordagem plural, sendo reconhecido como um estudioso interdisciplinar dedicado à compreensão dos aspectos que compõem o cérebro, num campo científico predominantemente acadêmico (Bacheschi; Guerreiro, 2004).

A neuroeducação também surge como um campo interdisciplinar que alia neurociências, psicologia cognitiva e educação, buscando compreender o funcionamento do cérebro aplicado aos processos de ensino e de aprendizagem. A partir da ideia de que é uma ferramenta para otimizar o processo educativo, a neuroeducação visa aprimorar a compreensão sobre como as pessoas aprendem, além de auxiliar na formulação de políticas públicas na área educacional (Silva, 2021).

Uma vez que estamos tratando deste campo, vale destacar que a educação é um processo fundamental que envolve a transmissão e a aquisição de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes (Durkheim, 2011). Extrapola a simples instrução formal em salas de aula e abrange todo o processo de desenvolvimento pessoal, social e cultural de um indivíduo ao longo da vida. Através da educação, formal e informal, as pessoas são capacitadas a compreender o mundo ao seu redor, a se relacionar de forma mais significativa com os outros e a contribuir para o progresso da sociedade (Libâneo, 2010).

Tanto a educação formal quanto a informal desempenham papéis importantes no desenvolvimento do conhecimento e das habilidades ao longo da vida. Dessa forma, considerando esses elementos, poderíamos afirmar que a educação é um fenômeno que acontece a todo instante.

A neuroeducação, enquanto campo científico, busca contribuir com o conhecimento acumulado sobre o processo de aprendizagem. A partir deste estudo, buscamos investigar as técnicas aplicadas e os elementos de aprendizagem presentes nas produções em língua portuguesa sobre o campo da neuroeducação em contextos de

educação formal entre os anos 2019 e 2021. A educação intencional é uma abordagem formal, planejada e sistematizada (Gohn, 2010). O objetivo ao analisar teses, dissertações e artigos também seria o de compreender as áreas predominantes na produção de resultados de pesquisa no campo e suas áreas de fronteira dentro do campo da neuroeducação.

Buscamos contribuir com um resgate histórico do campo, identificando suas tendências e reunindo informações sobre os elementos de aprendizagem presentes nas publicações analisadas. Pressupomos e defendemos uma ciência capaz de capacitar educadores para fundamentar suas práticas sem reduzir a complexidade humana e os processos educativos a entendimentos unilaterais, centrados no cérebro, abordagem por vezes propagada em ambientes de formação no formato de “neuromitos” tão comuns na divulgação científica desta área de conhecimento (Bowers, 2016, p. 15).

Contextualização histórica das neurociências e educação

A neuroeducação, uma união recente entre neurociências e educação, busca aprimorar práticas pedagógicas por meio de uma melhor compreensão do Sistema Nervoso Central. O surgimento das neurociências modernas na década de 1960 marcou uma mudança significativa nos estudos do cérebro (Abi-Rached; Rose, 2010). Essa transformação foi caracterizada pela integração de várias disciplinas e pela adoção de uma abordagem neuromolecular.

Abi-Rached e Rose propuseram o conceito de "olhar neuromolecular" (2010, p. 12), que enfatiza uma abordagem molecular reducionista para estudar aspectos neurais, dissecando elementos do sistema nervoso, comportamentos e processos cerebrais até seus componentes moleculares. Essa abordagem levou a uma nova compreensão do cérebro, concebido como um sistema biológico complexo. Além disso, permitiu investigações diretas sobre fenômenos

neurobiológicos e, aliado aos avanços tecnológicos, contribuiu para o crescimento do campo.

Essa colaboração entre diferentes campos impulsionou a pesquisa sobre o cérebro e as condições neurológicas e psiquiátricas. A abordagem interdisciplinar visa reunir pesquisadores de áreas como neurofisiologia, neuroanatomia, neuroquímica, psicologia e psiquiatria. Já o termo "neurociências" começou a aparecer na literatura acadêmica no final dos anos 1960, com o objetivo de unificar os estudos do sistema neural e do comportamento (Abi-Rached; Rose, 2010).

Mais tarde, o fenômeno neurocientífico ganhou destaque, especialmente na década de 1990, conhecida como a "década do cérebro", com um aumento significativo de estudos e investimentos. O Programa de Pesquisa em Neurociências (NRP) nos EUA, apoiado por subsídios federais, iniciou esforços colaborativos entre diferentes institutos e disciplinas e iniciativas semelhantes surgiram na Europa, embora com menos financiamento. Os diretores do National Institute of Mental Health (NIMH) afirmaram que os transtornos psíquicos deveriam ser compreendidos como transtornos cerebrais. A Organização Mundial da Saúde (OMS) também considerou quadros neurológicos como grandes riscos à saúde pública (Vidal; Ortega, 2019).

O avanço das neurociências transformou o sistema neural em um foco central, visto como determinante das características humanas, desde aspectos saudáveis até patológicos, criando uma espécie de "neurocultura" (Ortega; Vidal, 2007). As tecnologias de imagem, como Tomografia Computadorizada, Imagem de Ressonância Magnética e Tomografia por Emissão de Pósitrons, consolidaram representações do cérebro como fontes objetivas de conhecimento, deslocando as experiências subjetivas para um segundo plano.

A partir dos anos 2000, ocorreu a "virada neural", onde estudos das ciências humanas adotaram conceitos neurocientíficos. Estes estudos salientaram que seria crucial evitar conclusões reducionistas que desconsiderassem aspectos históricos, culturais, econômicos e sociais que atravessam o comportamento humano (Ortega; Vidal,

2007); (Vidal; Ortega, 2019). As ciências humanas não descartam os avanços das neurociências, mas criticam interpretações simplistas de fenômenos complexos e interdisciplinares, considerando suas implicações sociais, culturais e psicológicas (Alvarado, 2019).

Vivemos a atualização da chamada biopolítica com as demandas e tecnologias do mercado atual, enfocando neurônios e neurotransmissores e exigindo alta eficiência (Silva; Vaz, 2016). O uso do termo biopolítica, nesse contexto, remete à formulação de Michel Foucault, para quem o poder moderno não se exerce somente por meio da repressão, mas sobretudo por mecanismos que regulam, normatizam e otimizam a vida. No cenário atual, essa racionalidade se reinventa ao explorar os circuitos cerebrais como alvos privilegiados de intervenção e modulação, integrando saberes biomédicos, psicológicos e econômicos na produção de subjetividades funcionalmente ajustadas às lógicas neoliberais de produtividade e autocontrole.

Esse "sujeito cerebral" permite novas interpretações contextuais e contingentes e representa uma nova figura antropológica (Vidal; Ortega, 2007, p. 257). Para os autores, essa figura seria produto de um processo histórico e cultural em que o cérebro passa a ser concebido não somente como órgão biológico, mas como uma identidade pessoal, da mente, das emoções e da moralidade. Neste sentido, o cérebro se torna a própria subjetividade, afastando explicações sociais, culturais e psicológicas em favor de narrativas neurobiológicas. Essa subjetivação biologizante seria, portanto, atravessada por discursos de responsabilização individual e práticas de gestão de si que se alinham a lógicas neoliberais de governo da vida.

Os autores chamam a atenção para a influência das neurociências na cultura popular, por exemplo, na expansão de "neuro" disciplinas e na comercialização de produtos neurocientíficos, de tal forma que esse reducionismo ao cérebro inaugura o "cerebralismo", onde o cérebro se torna o ator social principal, responsável pela identidade e desempenho do indivíduo (VIDAL; ORTEGA, 2019, p. 31).

Neuroeducação e o cenário brasileiro

A neuroeducação, união recente entre neurociências e educação, busca aprimorar práticas pedagógicas mediante uma melhor compreensão do Sistema Nervoso Central. Como campo interdisciplinar, a neuroeducação se forma a partir da relação entre os conhecimentos de diversas disciplinas, incluindo neurociências, psicologia, pedagogia, neurociências cognitivas, psicobiologia e neuropsicologia. Esta hibridação resulta em um perfil profissional não bem definido (Tokuhamas-Espinosa, 2008).

Desde a década de 1970, a neuroeducação passou a ser abordada considerando problemas práticos, funcionais, teóricos e éticos, por autores pioneiros no campo, tais como Kao Liang Chow, David L. Stewart (1972) e Howard Gardner (1974). Howard Gardner (1974), autor da Teoria das Inteligências Múltiplas, abordou a necessidade de um elo entre neurologia, psicologia e educação para formar "neuroeducadores". Em seus estudos, buscou compreender a biologia do aprendizado e suas bases neurológicas, numa perspectiva interdisciplinar.

A pesquisadora Tokuhama-Espinosa (2008) acredita que as neurociências, a psicologia e a educação têm o objetivo comum de compreender o processo de ensino e aprendizagem, sendo que a neuroeducação se beneficiaria das contribuições mútuas entre neurocientistas e educadores, por exemplo, com avanços significativos nas últimas três décadas. O campo das neurociências e da educação no Brasil está crescendo rapidamente, o que se evidencia por um aumento em pesquisas, artigos e livros.

Felipe Lisboa (2016) destaca a neuroeducação como uma abordagem promissora para melhorar o ensino e a aprendizagem, apesar dos desafios na integração das disciplinas. Lisboa identifica três perspectivas na aproximação entre neurociências e educação:

1. Neuroeducação de neurocientistas: focada em fornecer conhecimentos sobre o sistema neural aos educadores, algumas vezes

reducionistamente, em outras integrando disciplinas para abordar a complexidade da aprendizagem.

2. Neuroeducação dos educadores: preocupada com a formação e eficácia das pesquisas, produzindo materiais que auxiliam na prática pedagógica e compreensão dos processos de ensino e aprendizagem.

3. Neuroeducação dos neuroeducadores: categoria defendida pelo Instituto de Pesquisas em Neuroeducação que aplica neurociências não somente na educação, mas também em contextos clínicos, com foco em potencializar o aprendizado e resolver problemas específicos de aprendizagem.

Como observou Lisboa (2016), grande parte das pesquisas foca no cérebro como o principal ator no processo educacional, vendo-o como um órgão central e maximizável no ensino e aprendizagem.

Por tudo isso, consideramos prudente permanecer entre os extremos do neuroceticismo e do neuroentusiasmo, compreendendo que o campo neurocientífico, ainda que possa gerar conhecimentos relevantes para a Educação, não é capaz, sozinho, de explicar a aprendizagem e suas dificuldades e muito menos de resolver os inúmeros problemas e desafios do campo educacional” (LISBOA, 2016, p. 164).

As neurociências educacionais estão ganhando consistência, especialmente com a criação do programa de formação Mind, Brain and Education (MBE), que alia várias disciplinas para melhorar a compreensão do aprendizado. Críticos, como Breuer (1999) e Alvarado (2019), alertam sobre a aceitação acrítica de estudos neurocientíficos e a disseminação de neuromitos e questionam a alta credibilidade dada às neurociências e a "neurologização" da escola, apontando problemas em pesquisas alarmistas e reducionistas. Apesar disso, para os autores, há um consenso de que as neurociências podem contribuir para as práticas pedagógicas.

Autores como Alvarado (2019), Tokuhamas-Espinosa (2008), Zaro *et al.* (2010) e Louzada (2011) apontam que a principal dificuldade

é aliar neurociências cognitivas, educação e psicologia em torno de problemas comuns e destacam a necessidade de padrões de estudo, métodos de tradução de resultados científicos e o cuidado para evitar reducionismos e hiperespecialização. Eles ainda argumentam contra a mercantilização da educação e a neuropsicologização de questões escolares complexas, e defendem o papel ativo da educação na produção de conhecimentos independente de outras disciplinas.

Já Jeffrey Bowers (2016) é cético em relação às contribuições da neuroeducação para a sala de aula, criticando estudos por serem triviais, enganosos ou injustificáveis. Ele argumenta que muitas das “descobertas” das neurociências já eram conhecidas e estudadas por disciplinas como psicologia cognitiva antes do advento da neuroeducação, questionando a relevância desses estudos para a prática educacional.

Portanto, a neuroeducação é ainda um campo em disputa, bem como não pode ser vista como uma solução universal e inovadora para os desafios educacionais, sendo crucial um diálogo franco entre neurocientistas e educadores para uma aplicação crítica das pesquisas. Coch e Ansari (2009) propõem que educadores utilizem pesquisas neurocientíficas com cautela, integrando-as às teorias educacionais básicas. Nesse sentido, a neuroeducação não é uma solução mágica para os desafios educacionais. Reverter-Bañon (2021) e Guerim (2020) advogam por uma transdisciplinaridade crítica, reconhecendo a complexidade e a interdependência entre os aspectos biológicos e sociais, enfatizando uma visão integrada do ser humano.

Metodologia

Nesta pesquisa, realizamos a análise de conteúdo de artigos, teses e dissertações relacionados à neuroeducação publicados no Portal de Periódicos da CAPES e no Catálogo de Teses e Dissertações CAPES, nos anos de 2019 a 2021. Foram identificadas 90 produções no Portal de Periódicos que, após uma análise dos títulos e resumos, exclusão das publicações duplicadas, trabalhos que não tinham relação

com os objetivos propostos ou que estavam em língua estrangeira, resultaram em 19 artigos.

Já no Catálogo de Teses e Dissertações foram identificadas 28 publicações, sendo 21 dissertações de mestrado e 7 teses de doutorado. Uma leitura flutuante dos documentos selecionados permitiu excluir duplicatas e trabalhos não pertinentes aos objetivos da pesquisa, resultando em 4 dissertações de mestrado e 3 teses de doutorado para análise mais aprofundada.

Para facilitar a análise dos trabalhos selecionados, foram construídas duas tabelas contendo informações como links, autores, títulos, resumos e palavras-chave dos 26 trabalhos. Além disso, foram identificadas as áreas das revistas em que os artigos foram publicados, acessando os respectivos sites, e as áreas das dissertações e teses foram obtidas do Banco de Teses e Dissertações da CAPES. Também foi indicado se essas publicações possuíam pesquisa empírica ou não. Com base nessas informações, foi feita a seleção do corpus de análise para a pesquisa. A leitura completa e reflexiva dos objetos de análise foi então iniciada a partir desses dados.

Áreas predominantes e áreas de fronteira na produção de conhecimento sobre neuroeducação

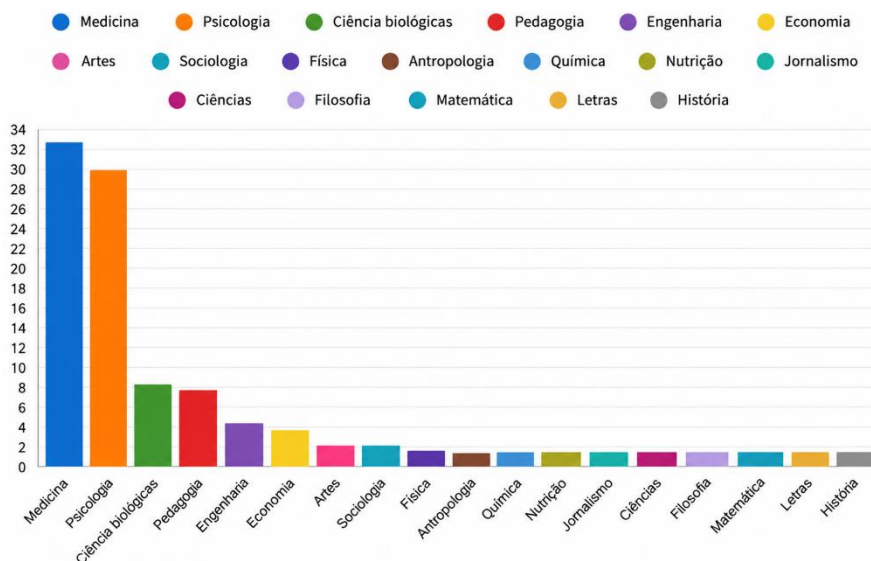
As publicações que foram objeto da pesquisa são aqui denominadas "publicações-objeto" (artigos, teses e dissertações) para facilitar a compreensão. Neste material, investigamos as áreas predominantes e as áreas de fronteira na produção de conhecimento sobre neuroeducação.

Primeiramente, apresentamos as áreas de formação dos autores referenciados nas publicações-objeto. Investigamos as principais referências utilizadas em cada uma das 26 publicações selecionadas, para identificar as áreas que têm contribuído para o conhecimento sobre neuroeducação. Realizamos uma pesquisa individual em diversas fontes dispostas no Google para que identificássemos a trajetória

acadêmica de cada autor citado e, quando a publicação tinha mais de um autor, focamos na área do primeiro autor.

A escolha dos autores referenciados foi baseada em trechos que definiam ou debatiam os termos "neuroeducação" ou "neurociências e educação". Embora a lista de autores seja restrita, ela fornece pistas para mapear as áreas que estão compondo este campo científico emergente.

Gráfico 1: Autores(as) de referência das publicações-objeto por área.



Fonte: Acervo pessoal.

Como podemos observar, estes autores e autoras são das áreas de 1. Medicina 32,6%; 2. Psicologia 30,3%; 3. Ciências biológicas 7,9%; 4. Pedagogia 7,3%; Engenharia 3,9%; 6. Economia 2,8%; 7. Artes e Sociologia 1,7%; 8. Física, Antropologia, Química, Nutrição, Jornalismo, Ciências, Filosofia, Matemática, Letras e História 1,1%.

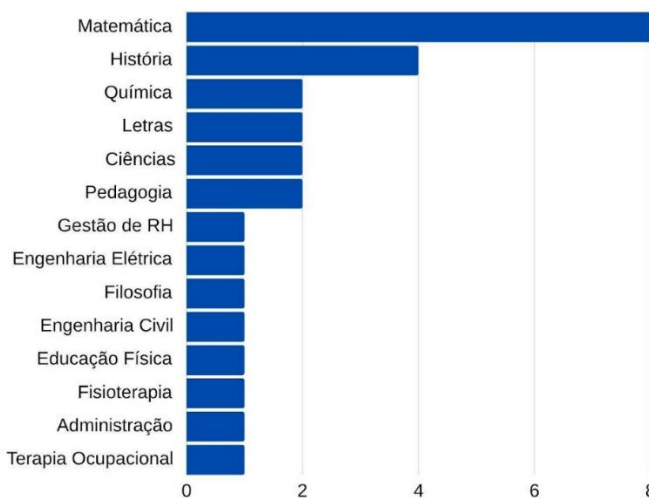
Como evidenciado, as referências utilizadas nas publicações-objeto para fundamentar as discussões sobre neuroeducação são produzidas pela grande área da saúde (medicina e psicologia). As demais áreas representadas no gráfico acima (ciências biológicas,

pedagogia, engenharia, economia, artes, sociologia, física, antropologia, química, nutrição, jornalismo, ciências, filosofia, matemática, letras, filosofia e história) demonstram que o campo tem se formado com auxílio de diversas outras áreas que estão nesta fronteira.

Contudo, em alguns campos (química, matemática e física), estas referências correspondem a trabalhos que os próprios autores das publicações-objeto produziram fora do arco temporal no qual se insere esta pesquisa, mas são reutilizadas em novas publicações como referência para fundamentar as discussões do campo da neuroeducação. Sendo assim, ocorre um processo de autorreferenciamento.

Já no gráfico a seguir, apresentamos as áreas de origem dos autores e autoras que produziram (escreveram) as 26 publicações-objeto selecionadas nesta pesquisa. Para isso, realizamos novamente uma pesquisa individual em diversas fontes dispostas no Google para que identificássemos a trajetória acadêmica de cada autor citado, e quando a publicação era construída por mais de um autor(a), pesquisamos somente a área do primeiro autor que produziu o trabalho.

Gráfico 2: Autores(as) das publicações-objeto por área.



Fonte: Acervo pessoal.

É evidente a variedade de campos dos quais estes autores se originam. Destacamos também que não há unanimidade entre os campos que mais produzem conhecimento sobre neuroeducação. Contudo, nesta pesquisa se destacam autores oriundos das seguintes áreas: 1. Matemática, com oito publicações; 2. História, com quatro publicações; 3. Química, Letras, Ciências e Pedagogia, com duas publicações cada; as demais áreas, como: Gestão de Recursos Humanos, Engenharia Elétrica, Filosofia, Engenharia Civil, Educação Física, Fisioterapia, Administração e Terapia Ocupacional, com uma publicação cada.

Como podemos observar, estas publicações-objeto são de áreas como: 1. Educação 21,1%; 2. Ciências naturais: 15,8%; 3. Psicologia e Matemática: 10,5%; 4. e as demais áreas: Ensino Tecnológico, Educação Física, Educação a Distância, Ensino de Ciências, Linguagem, Ensino-aprendizagem e Humanidades e Saúde com 5,3% cada uma delas.

Outro dado interessante é que quase todos estes campos estão na grande área da educação ou têm a educação como campo de estudo, contudo, como afirmamos, optamos por respeitar o que cada revista trouxe de informações, para garantir a fidelidade e comparabilidade das informações encontradas, contudo, podemos notar que majoritariamente estes campos estão inseridos na grande área de educação.

A partir das análises, evidenciamos que, embora estas 26 publicações-objeto sejam produzidas por pesquisadores que estão no campo da educação, como podemos observar, as fontes, obras e trabalhos consultados para fundamentar tais discussões são produzidos por médicos, psicólogos, biólogos e entre outros. Evidencia-se que a produção de conhecimentos das neurociências, mais especificamente da neuroeducação, neste recorte de três anos, foi realizada na grande área da saúde, principalmente por médicos, sendo apropriada pela área da educação, principalmente pelas áreas de ciências da natureza (matemática, ciências, química e física) e pedagogos. Portanto, notamos um processo de migração ou de alinhamento de um conhecimento

disciplinar biomédico da área da saúde para as áreas de educação, mais especificamente para as áreas de ciências da natureza.

As aplicações técnicas envolvidas no processo de aprendizagem citadas nas produções acadêmicas de neuroeducação

Nesta sessão, apresentaremos um levantamento das aplicações técnicas implicadas no processo de aprendizagem citadas nas publicações-objeto desta pesquisa. Em síntese, as publicações-objeto destacam a importância da neuroeducação para desenvolver estratégias pedagógicas a partir de técnicas variadas que atendam às necessidades individuais dos alunos com o objetivo de colaborar ou potencializar o aprendizado de determinados conteúdos.

Para facilitar a compreensão, dividimos estas produções em: *Aplicações técnicas de jogos e atividades interativas*; *Aplicações técnicas de tecnologias digitais*; *Aplicações técnicas de participação ativa dos alunos*; *Aplicações com foco nas habilidades cognitivas*. É importante destacar que incluímos, nas tipologias mencionadas, as publicações-objeto que se adequam às aplicações educacionais especificadas, seguindo os princípios estabelecidos na definição das tipologias. A classificação de cada publicação-objeto em determinada tipologia utilizou o critério do maior detalhamento das técnicas, ou seja, foi considerado em que técnicas houve o maior investimento explicativo e analítico em cada publicação. Isso significa que, em alguns casos, essas publicações abordam técnicas de outras tipologias de maneira mais lateral.

As produções que enfatizam o uso de jogos e atividades interativas como ferramentas para aprimorar a aprendizagem incluem brincadeiras, jogos de cartas e gamificação (Santos, 2021), materiais didáticos manipuláveis (Silva, 2019), (Santos *et al.*, 2021), imagens, *storytelling* e atividades interativas (Freitas, 2020), além de estratégias visuais e espaciais palpáveis (Silva; Fonseca, 2021).

As produções que ressaltam o uso de tecnologias digitais para melhorar a aprendizagem incluem jogos digitais e online (Silva;

Scheffer, 2019), (Almeida, 2019), (Krause, 2020), treinos computadorizados (Silva, 2020), Educação a Distância (EAD) (Grossi *et al.*, 2019) e Tecnologias Assistivas (Júnior, 2019).

As produções que ressaltam a importância da participação ativa dos alunos para melhorar o aprendizado enfatizam a participação ativa: movimentos (atividades físicas) (Oliveira; Santana; Souza, 2021), construção de mapas mentais (Ferreira, 2020), (Silva; Fonseca; Correia, 2020), envolvimento na construção do conhecimento (Bica; Roehrs, 2021), participação em fóruns e resolução de problemas reais (Zwicker *et al.*, 2021).

As aplicações consideradas com foco em habilidades cognitivas, embora não apontem técnicas específicas como nas anteriormente elucidadas, sugerem que a neuroeducação pode auxiliar na criação de metodologias eficazes para a aprendizagem a partir das funções cognitivas (Costa; Silva; Jacobsen, 2019), (Almeida, 2021). Já outras pesquisas destacam especificamente uma função, como: motivação (Campelo *et al.*, 2020), atenção (Fonseca; Silva; Silva, 2021), emoção (Ferreira; Chahini, 2019), (MIKI *et al.*, 2020), e a memória (Moura-Silva, 2020), (Coelho; Malheiro, 2021) e (Silva; Fonseca, 2020). Reconhecemos que as habilidades cognitivas abrangem outros aspectos para além dos mencionados, contudo, as pesquisas aqui destacadas se concentram somente nas funções anteriormente mencionadas.

De maneira geral, as pesquisas elencadas indicam que a neuroeducação integraria conhecimentos sobre o cérebro para melhorar o ensino por meio de técnicas como: atividades interativas, tecnologias digitais e participação ativa, contribuindo para a concentração, motivação e resolução de problemas ao envolver diversas habilidades cognitivas e sensoriais. No entanto, apesar de essas técnicas serem valiosas para a educação e auxiliarem na contextualização, aplicação de conceitos, reforço de conteúdos e desenvolvimento de habilidades executivas, as pesquisas ainda não deixam claro em quais aspectos essas técnicas são mais eficazes ou a extensão dos benefícios que elas oferecem. Uma hipótese possível é de que isso se deve ao fato de pouco mais da metade dessas pesquisas

terem estudos empíricos. Também é preciso considerar os limites deste estudo, cujo recorte é de três anos.

Os elementos de aprendizagem presentes nas produções acadêmicas de neuroeducação

Nesta terceira seção, apresentamos o levantamento dos elementos de aprendizagem presentes nas publicações-objeto, que estão distribuídos da seguinte forma: *Elementos de aprendizagem predominantemente neurobiológicos*; *Elementos de aprendizagem predominantemente cognitivos*; *Elementos de aprendizagem predominantemente pelo movimento*; *Elementos de aprendizagem predominantemente pela interação social*; e *Elementos de compreensão interdisciplinar da aprendizagem*.

É crucial observar que, nas tipologias mencionadas anteriormente, incorporamos produções que se alinham principalmente com os elementos de aprendizagem enfatizados em cada publicação. Assim, como alertamos para a tipologia anterior, esta também foi construída por um princípio de predominância, ou seja, mesmo quando outros elementos de aprendizagem são citados, observamos em quais elementos de aprendizagem a produção coloca ênfase, dá destaque e considera própria da neuroeducação.

Logo, estas produções abordam elementos distintos de compreender o fenômeno da aprendizagem, mas sabemos que este fenômeno devido à sua complexidade, é atravessado por cada um destes fatores. Por isso, ao final de cada tipologia, incluímos os demais elementos que interseccionam com as respectivas tipologias para ilustrar a dinamicidade destes processos.

Os elementos neurobiológicos da aprendizagem referem-se às bases biológicas e neurais responsáveis por adquirir, reter e utilizar informações e habilidades. Incluem neurônios, sinapses, plasticidade neural, hipocampo, córtex cerebral, neurotransmissores e redes neurais. Os estudos neurocientíficos ajudam a entender esses processos e influenciam estratégias de ensino e tratamentos para distúrbios de aprendizagem e memória (Cosenza; Guerra, 2011; Silva, 2021),

Essas produções focam nos aspectos neurobiológicos da aprendizagem, como processamento cerebral (Campelo *et al.*, 2020), modificações no Sistema Nervoso Central (Costa, 2021), interações fisiológicas, moleculares e neurofuncionais (Miki, *et al.*, 2020), plasticidade cerebral (Costa; Silva; Jacóbsen, 2019), redes neurais (Silva, 2020), fluxo sanguíneo em determinadas regiões cerebrais (Fonseca; Silva; Silva, 2021); (Sousa, 2021), (Silva, 2020), comunicação neuronal, compreensão e modificações biológicas (Silva, 2019) e estruturais do cérebro (Costa, 2021); (Moura-Silva, 2020).

Diante desse levantamento das pesquisas analisadas, notamos que a aprendizagem é abordada prioritariamente a partir de aspectos neurobiológicos, contudo, as mesmas pesquisas destacam aspectos como: dinâmica e interação entre alunos e professores (Campelo *et al.* 2020; Miki *et al.* 2020); emoção e motivação (Costa, 2021); aspectos históricos e sociais (Sousa, 2021); teorias da aprendizagem (Fonseca, Silva, Silva, 2021); aspectos comportamentais, cognitivos e fisiológicos ou biopsicológicos (Moura-Silva, 2020); professor-aluno-família (Silva, 2019), como fatores que também estão imbricados nos processos de aprendizagem e consequentemente impactam nos contextos educativos.

Os aspectos cognitivos da aprendizagem envolvem os processos mentais utilizados para adquirir, reter e aplicar conhecimento e habilidades. Eles incluem percepção, emoção, atenção e memória, processamento de informações, pensamento, raciocínio, metacognição, motivação, linguagem e comunicação (Amaral; Guerra, 2020). Para Silva (2021), a compreensão destes aspectos é crucial para criar estratégias de ensino eficazes, ambientes de aprendizagem que promovam compreensão duradoura e identificar dificuldades para intervenção precoce.

As produções analisadas focam em como esses processos cognitivos, como memória (Krause, 2020), atenção e emoções (Bica; Roehrs, 2021); (Silva; Fonseca; Correia, 2020); (Silva; Fonseca, 2020) (Santos *et al.*, 2021), (Silva; Fonseca, 2021); (Silva; Scheffer, 2019)

motivação (Santos, 2021); (Zwicker *et. al.*, 2021) influenciam a aprendizagem.

Diante dos recortes das pesquisas analisadas, notamos que a aprendizagem é abordada a partir de aspectos cognitivos e, como dito anteriormente, as mesmas pesquisas destacam características de outras tipologias como: interação com o meio (Silva, Fonseca, 2021; Silva, Fonseca, Correia, 2020); aspectos neurobiológicos (Silva, Fonseca, Correia, 2020; Santos, 2021); comportamento (Krause, 2020); contexto educativo e as metodologias (Zwicker *et al.*, 2021); participação ativa e as desigualdades sociais (BICA, Roehrs, 2021); como fatores que atravessam o fenômeno da aprendizagem e impactam nos contextos educativos.

Os aspectos motores da aprendizagem envolvem movimentos e coordenação necessários para adquirir habilidades físicas e motoras. Para Amaral e Guerra (2020), eles são cruciais em contextos que exigem atividades práticas e manipulação de objetos, incluindo desenvolvimento motor, coordenação, aprendizagem motora, feedback sensorial, prática e repetição. Esses aspectos são fundamentais em áreas como educação física, esportes, artes e música, sendo essenciais para criar estratégias de ensino eficazes e promover o desenvolvimento motor saudável e habilidades especializadas.

A tipologia que foca na aprendizagem por meio dos movimentos, refletindo aspectos como vivências motoras, teve um único trabalho incluído nela (Oliveira; Santana; Souza, 2021).

No que se refere aos elementos de aprendizagem predominantemente por interação social, de acordo com Amaral e Guerra (2020), envolvem como as interações entre indivíduos afetam a aquisição de conhecimento, habilidades e atitudes. A interação social é crucial para o desenvolvimento em diversos contextos, incluindo: aprendizagem social, colaboração, diálogo, cooperação, e o impacto da cultura e contexto social (Silva, 2021).

Amaral e Guerra (2021) destacam que esses aspectos são fundamentais para criar um ambiente de aprendizagem colaborativo e enriquecedor, permitindo que os alunos se engajem, construam

significado e desenvolvam habilidades sociais e emocionais essenciais para o sucesso acadêmico e pessoal. Essas produções focam na aprendizagem a partir da interação social (Júnior, 2019), evidenciada pelo contexto social e pelas interações envolvidas (Ferreira, 2020).

Os aspectos interdisciplinares da aprendizagem envolvem uma abordagem educacional que integra conceitos e métodos de várias disciplinas para oferecer uma compreensão mais ampla e holística (Sousa; Alves, 2017). Em vez de se limitar a uma única área de conhecimento, a abordagem interdisciplinar conecta e contextualiza diferentes áreas para resolver questões complexas de forma mais eficaz.

Aspectos-chave dessa abordagem incluem: integração de conhecimentos diversos, análise de metodologias variadas, consideração dos contextos complexos, identificação de convergências e divergências, colaboração entre disciplinas, fomento ao pensamento crítico e aplicação prática do conhecimento integrado.

Ao adotar essa perspectiva, pesquisadores e educadores podem explorar a aprendizagem de maneira mais profunda e abrangente, preparando melhor os alunos para os desafios multifacetados do mundo real. São produções que focam na aprendizagem a partir de uma perspectiva interdisciplinar, considerando fatores neurológicos, biológicos, cognitivos, sociais, econômicos, políticos e outros de forma dialógica e complementar (Almeida, 2019; Ferreira; Chahini, 2019; Freitas, 2020; Almeida, 2021; Coelho; Malheiro, 2021).

Considerações finais

A análise das publicações sobre as neurociências e mais especificamente sobre a neuroeducação, revela uma ênfase neste campo como responsável por transformar práticas educacionais. Embora as contribuições das neurociências sejam importantes para a compreensão dos processos educacionais, elas não devem ser vistas como soluções para os fenômenos da aprendizagem e nem para os impasses enfrentados pela educação. Apesar do crescimento das

pesquisas em neuroeducação nas últimas décadas, o campo ainda é recente em comparação com áreas mais estabelecidas, como a psicologia educacional.

Embora a neuroeducação tenha raízes que datam das décadas de 1960 e 1970, ela se desenvolveu significativamente somente nos últimos 20 a 30 anos, e ainda está em busca de uma identidade própria. A transposição de descobertas neurocientíficas para o contexto da sala de aula requer cautela e criticidade, a fim de que essas pesquisas possam ser convertidas em práticas pedagógicas efetivas e contextualizadas.

Esta pesquisa considera o sistema neural como um dos fatores essenciais para a aprendizagem, mas não o único. Pressupomos que a aprendizagem deve ser vista como um processo integrado que envolve aspectos biológicos, sociais, culturais, emocionais e políticos. Reconhecemos a importância da neuroeducação, mas também destacamos que ela não resolve todos os desafios educacionais de maneira independente. É crucial equilibrar o entusiasmo neurocientífico com uma visão crítica a fim de evitar simplificações excessivas.

Para além das pesquisas neurocientíficas, destacamos que a aprendizagem é influenciada por outros desafios, como a falta de recursos, salas de aula superlotadas e formação inadequada de professores. Para melhorar o ambiente educacional, é necessário aproximar o campo científico das práticas educacionais e promover uma colaboração eficaz entre professores, pais e alunos.

A pesquisa conclui que as ciências biomédicas, como Medicina, Psicologia, e Biologia, têm contribuído significativamente para a neuroeducação, com essas descobertas aplicadas em várias áreas educacionais. No entanto, o uso crescente do prefixo "neuro" pode levar a abordagens simplistas. A neuroeducação deve ser vista como uma ferramenta útil, mas não uma solução mágica para todos os problemas educacionais. Esta pesquisa destaca a necessidade de uma análise crítica da "moda neuro" e contribui para futuras investigações no campo, beneficiando a educação e os envolvidos no processo educativo.

Referências

- ABI-RACHED, Joelle. M.; ROSE, Nikolas O nascimento do olhar neuromolecular. *História das Ciências Humanas*, v. 23, n. 1, p. 11-36, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1177/0952695109352407>.
- ALMEIDA, Andreza de Souza. *A neuroeducação: uma reflexão sobre a eventual contribuição dos jogos educativos digitais para o processo de ensino e aprendizagem no contexto escolar*. 2020. 129 f. Dissertação (Mestrado em Cognição e Linguagem) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2020.
- ALMEIDA, Manoel de Campos. Neurociência, história da matemática e música: conexões interdisciplinares. *REMATEC*, [S. l.], v. 16, p. 1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2021.n.p01-15.id319>.
- AMARAL, Ana Luíza Neiva; GUERRA, Leonor Bezerra. *Neurociência e educação: olhando para o futuro da aprendizagem*. Brasília, DF: Serviço Social da Indústria – SESI, 2020. 290 p. ISBN 978-65-89559-04.
- BACHESCHI, Luiz Alberto; GUERREIRO, Carlos A. M. Situação das neurociências no Brasil: neurociências clínicas. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 56, n. 1, p. 25, jan. 2004.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011. 229 p. ISBN 972-44-0898-1.
- BARTOSZECK, Amauri Betini. *Neurociência na educação*. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <http://www.geocities.ws/flaviookb/neuroedu.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2022.
- BICA, Mário Sérgio Nunes; ROEHRS, Rafael. Discutindo avaliação para estudantes do ensino fundamental no ensino de ciências: uma estratégia didático-avaliativa baseada em múltiplas representações e neurociência. *Investigações em Ensino de Ciências*, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 27-52,

2021. DOI: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p27>.

BOWERS, Jeffrey S. The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review*, v. 123, n. 5, p. 600-612, 2016.

BRUER, John T. *In search of... brain-based education*. [S. l.: s. n.], 1999.

CAMPELO, Maria Paula Silvestre; FERREIRA, Francisco Renato Silva; OLIVEIRA, João Batista Monte de; JÚNIOR, Pedro João Cavalcante; BRITO, João Gabriel Cordeiro de; OLIVEIRA, Sidney Medeiros de. As contribuições da neuroeducação para o aprimoramento e resolução de problemas de aprendizagem. *ID on-line: Revista de Psicologia*, [S. l.], v. 14, n. 53, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14295/online.v14i53.2844>.

COCH, Donna; ANSARI, Daniel. Thinking about mechanisms is crucial to connecting neuroscience and education. *Cortex*, v. 45, p. 546-547, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.06.001>.

COELHO, Antonia Ediele de Freitas; MALHEIRO, João Manoel da Silva. Neuroeducação e a construção de indicadores de habilidades cognitivas. *Educação*, [S. l.], v. 46, n. 1, p. e109/1-29, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984644443817>.

COSTA, Alan Ricardo; OLIVEIRA, Peterson Luiz Oliveira da; JACÓBSEN, Rafael Tatsch. Plasticidade cerebral: conceito(s), contribuições ao avanço científico e estudos brasileiros na área de Letras. *Entrepalavras*, Fortaleza, v. 9, n. 3, p. 457-476, set./dez. 2019. Disponível em: <http://www.entrepalavras.ufc.br/revista/index.php/Revista/article/view/1445>.

COSTA, Cláudio Sérgio da. *Neuroeducação: um diálogo entre a neurociências e a sala de aula*. 2021. 159 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

COSTA, Osnar da; MATOS, Aparecida Maria Bernardo; CUSATO, Iracema Campos; ANGELO, Rita di Cássia de Oliveira. Ensino de

história: efeitos de estratégias pedagógicas fundamentadas na neuroeducação. *Debates em Educação*, [S. l.], v. 11, n. 25, p. 365-384, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2019v11n25p365-384>.

DAMÁSIO, António. *O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano*. 2. ed. Tradução de Dora Vicente e Georgina Segurado. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

DURKHEIM, Émile. *Educação e sociologia*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

FERREIRA, Eliane Costa Andrade; CHAHINI, Thelma Helena Costa. A relevância da neurociência à educação infantil. *Revista Interdisciplinar em Cultura e Sociedade*, [S. l.], v. 4, n. esp., p. 93-102, 2019.

FERREIRA, Hercio da Silva. *A neuroeducação e a teoria das situações didáticas: uma proposta de aproximação para atender à diversidade em sala de aula*. 2020. 121 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

FONSECA, Laerte da Silva; SILVA, Kleyfton Soares da; SILVA, Luciano Pontes da. Compreendendo a atenção na sala de aula com base no modelo de Posner: contribuições para a educação em ciências e matemática. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC*, v. 11, n. 3, p. 237-250, 30 nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.31512/encitec.v11i3.490>.

FREITAS, Camilla Noemea Pimenta de. *A contribuição da neuroeconomia na formação de hábitos de consumo entre os estudantes do ensino médio integrado*. 2020. 111 f. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2020.

GADOTTI, Moacir. *A questão da educação formal/não-formal*. Sion: Institut International des Droits de l'Enfant, 2005.

GOHN, Maria da Glória Marcondes. *Educação não formal e o educador social: atuação no desenvolvimento de projetos sociais*. São Paulo: Cortez, 2010. 103 p.

GOMES, Thauana Paiva de Souza; VITORINO, Diego da Costa. *Educação formal e não formal*. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S. A., 2017. 232 p. ISBN 978-85-522-0251-6.

GROSSI, Márcia Goretti Ribeiro; AGUIAR, Fabiane Angélica; SOUZA, Alanna Cristina Landim; BORJA, Shirley Doveslei Bernardes. Educação a distância e a neurociência: os fatores que encantam os alunos. *Argumentos Pró-Educação*, v. 4, n. 12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24280/ape.v4i12.531>.

GUERIM, Laura D. Neurociência localizada: revendo diferenças de sexo/gênero em pesquisas sobre o cérebro. *Veritas*, Porto Alegre, v. 65, n. 2, p. e36565, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15448/1984-746.2020.2.36565>.

IZQUIERDO, Ivan. Memórias. *Estudos Avançados*, v. 3, n. 6, p. 89-112, maio 1989.

KRAUSE, Katiane Cazuya Gneipel. *Um modelo de desenvolvimento de habilidades cognitivas com jogos digitais*. 2020. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2020.

LIBÂNEO, José Carlos. *Pedagogia e pedagogos, pra quê?* São Paulo: Cortez, 2010.

LISBOA, Felipe Stephan. *O cérebro vai à escola: aproximações entre neurociências e educação no Brasil*. Jundiaí, SP: Paco Editorial, 2016. 236 p. ISBN 978-85-462-0314-7.

LOUZADA, Fernando. Neurociências e educação: um diálogo possível? *Interfaces*, p. 46-51, 2011. Disponível em: <http://www.jobairubiratan.com.br/LOUZADA.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2022.

MIKI, Abel Jorge Luiz da Graça; MACHADO, Flávio Vaz; SEPP, Valquíria Jorge; SANTIAGO, Francio Pereira; SILVA, Ilda Cecília Moreira da. Emoção molecular: a importância da saúde molecular para o processo de aprendizagem. *Acta Biomedica Brasiliensia*, v. 10, p.

1-4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18571/acbm.199>.

MOURA-SILVA, Marcos Guilherme. O impacto da neurociência na identidade profissional do professor que ensina matemática. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, [S. l.], v. 3, n. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5335/rbecm.v3i3.11833>.

OLIVEIRA, Amauri Aparecido Bássoli de; SANTANA, Débora de Mello Gonçalves; SOUZA, Vânia de Fatima Matias de. O movimento como porta de acesso para a aprendizagem = movement as an access door for learning. *Retos Digital*, v. 41, p. 834-843, 2021.

ORTEGA, Francisco; VIDAL, Fernando. Mapeamento do sujeito cerebral na cultura contemporânea. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde*, v. 1, n. 2, 2007. DOI: <https://doi.org/10.3395/reciis.v1i2.916>.

REVERTER-BAÑON, Sonia. El diálogo en las ciencias cognitivas frente a la controversia de la coeducación. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, n. 30, p. 71-93, 2021.

SANTOS, Carla Fernanda Lima dos. *Neuroeducação: utilizando uma metodologia ativa para o ensino sobre o funcionamento cerebral*. 2021. 108 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

SANTOS, Márcio Ponciano dos; FONSECA, Laerte Silva da; SANTOS, Ivanete Batista dos; CRUZ, Alanne de Jesus. Reflexões neurocognitivas no desenvolvimento das noções de sólidos geométricos no 7º ano do ensino fundamental. *TANGRAM – Revista de Educação Matemática*, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 170-184, 2021. DOI: <https://doi.org/10.30612/tangram.v4i1.12065>.

SILVA, Divino José; VAZ, Alexandre Fernandez. A emergência do sujeito cerebral e suas implicações para a educação. *Childhood & Philosophy*, v. 12, n. 24, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5120/512055734002/>. Acesso em: 23 set. 2022.

SILVA, Fábio Colins da. *Ensino e aprendizagem de matemática na síndrome de Williams-Beuren: uma abordagem a partir de pesquisas em neurociência cognitiva*. 2020. 144 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

SILVA, Fábio Eduardo. *Neurociência e aprendizagem: uma aventura por trilhas da neuroeducação*. Curitiba: InterSaberes, 2021. 456 p. ISBN 978-65-5517-983-5.

SILVA, Kleyfton Soares da; FONSECA, Laerte Silva da. Bases neuroeducativas do papel das ilustrações: uma proposta de análise de livro didático. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 101, n. 257, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.101i257.4323>.

SILVA, Kleyfton Soares da; FONSECA, Laerte Silva da. Neurociência e educação: estratégias multissensoriais para a aprendizagem de geometria molecular. *Investigações em Ensino de Ciências*, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 1-26, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p01>.

SILVA, Kleyfton Soares da; FONSECA, Silva da Fonseca; CORREIA, Paulo Rogério Miranda. Abordagem neurocognitiva de processos atencionais envolvidos na aprendizagem mediada por mapas conceituais. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia – RBECT*, Ponta Grossa, v. 13, n. 2, p. 247-268, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3895/rbect.v13n2.9421>.

SILVA, Sîndia Liliane Demartini da; SCHEFFER, Nilce Fátima. Aprendizagem matemática com jogos digitais online: um estudo fundamentado a partir da neurociência. *Educitec – Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, Manaus, v. 5, n. 11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31417/educitec.v5i11.665>.

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

SOUSA, José Francisco de. A discalculia e sua influência na aprendizagem da química: um estudo de caso em duas escolas de ensino médio no Distrito Federal – DF. *ID on-line: Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, v. 15, n. 56, p. 110-120, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14295/online.v15i56.3107>.

VIDAL, Fernando; ORTEGA, Francisco. *Somos nosso cérebro: neurociências, subjetividade e cultura*. Tradução de Alexandre Martins. São Paulo: n-1 Edições, 2019. 346 p. ISBN 978-65-9582-035-7.

ZARO, Milton Antonio et al. Emergência da neuroeducação: a hora e a vez da neurociência para agregar valor à pesquisa educacional. *Ciências & Cognição*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 199-210, abr. 2010.

ZWICKER, Melanie Retz Godoy dos Santos; SOUSA, Karen Dias de; JESUS, Rosivânia Santos de; SOUZA, Luciana Cristina de; AZEVEDO, Rodolfo Jardim de. O fórum e a aprendizagem ativa na EAD. *EaD em Foco*, [S. l.], v. 11, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18264/eadf.v11i1.1419>.