

CONEXÕES ENTRE NEUROCIÊNCIA, APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA

Connections Between Neuroscience, Meaningful Learning And Problem Solving: A Proposal For The Teaching Of Mathematics

Valdeir MIATELLO


Colégio e Curso Sapiens, Porto Velho, Brasil
miatellovaldeir@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7730-9039> 

Gilmar Praxedes DANIEL

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, Brasil
praxa@uems.br

<https://orcid.org/0009-0006-8589-6783> 

A lista completa com informações dos autores está no final do artigo 

RESUMO

Este artigo tem como proposta estudar uma possível relação entre os conhecimentos oriundos da neurociência e a Teoria da Aprendizagem Significativa formulada por David Ausubel. O objetivo é verificar uma possível conexão entre esses dois campos de estudo para facilitar o processo de ensino e aprendizagem da Matemática, utilizando a resolução de problemas como um possível caminho. O método utilizado foi a pesquisa bibliográfica e os resultados sugerem que a resolução de problemas pode satisfazer as condições propostas na teoria ausubeliana para a aprendizagem significativa. Outrossim, a utilização de situações problema pode mobilizar diferentes estruturas neurais; sendo, portanto, capaz de dinamizar o ensino de a partir da articulação dos conhecimentos neurocientíficos à confecção de atividade pedagógicas ancoradas nos pressupostos da aprendizagem significativa. Por fim, o trabalho aponta para a necessidade de outros estudos sobre o tema e aprofundamento sobre as conexões entre a neurociência e a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa, Neurociência, Resolução de Problemas

ABSTRACT

This article aims to explore a potential relationship between findings in neuroscience and David Ausubel's Theory of Meaningful Learning. The objective is to examine how these two fields might connect to enhance the teaching and learning process of mathematics, particularly through problem-solving approaches. The methodology employed was a literature review, and the results suggest that problem-solving can meet the conditions proposed in Ausubel's theory for meaningful learning. Furthermore, the use of problem situations can engage different neural structures, thus potentially invigorating teaching through the integration of neuroscientific insights into pedagogical activities grounded in meaningful learning principles. Finally, the study highlights the need for further research and deeper exploration of the connections between neuroscience and the Theory of Meaningful Learning.

Keywords: Meaningful learning, Neuroscience, Problem solving

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem humana sempre foi uma grande preocupação e tema para diversos estudos. Compreender como o cérebro humano aprende pode ser a chave para desenvolver estratégias de ensino mais eficazes, combater as dificuldades na aprendizagem e também atuar nos transtornos de aprendizagem. Por isso, ao longo do tempo, muitos estudos foram empreendidos sobre o tema da aprendizagem humana e teorias foram formuladas para explicar como ela ocorre e como pode ser potencializada.

No que se refere à aprendizagem matemática, pode-se considerar que embora existam inúmeros avanços para entender como as habilidades matemáticas podem ser desenvolvidas e potencializadas no ambiente de ensino e aprendizagem, ainda sobressai a grande dificuldade enfrentada pelos educadores para apresentar os conteúdos matemáticos de forma significativa e pelos alunos para superarem suas dificuldades em relação à disciplina.

Em um estudo anterior (Miatello; Falcão, 2022), o primeiro autor procurou abordar como alguns dos pressupostos da Neurociência, articulados à Resolução de Problemas, poderiam auxiliar a compreensão do processo de aprendizagem. No presente artigo, os autores se propõem revisitar os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel. Avalia-se que uma possível articulação entre essa teoria e as recentes aproximações entre a Neurociência e a Educação e a Educação Matemática, campos que têm fornecido importantes contribuições para a compreensão do processo de aprendizagem, poderia trazer novas luzes à compreensão de como o cérebro apreende os novos conhecimentos, especialmente o conhecimento matemático.

Dentro desse espírito, emergem as seguintes indagações, que se colocam como questões desta pesquisa: essas teorias compartilham pressupostos comuns? Como esses pressupostos podem ser relacionados para melhorar nossa compreensão sobre como o cérebro processa e assimila novos conhecimentos?

Assim, tendo em vista as dificuldades que se apresentam no ensino de Matemática, e em consonância com as questões de pesquisa apresentadas, este trabalho tem como objetivo articular os pressupostos da neurociência e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel para compreender os mecanismos que envolvem a aprendizagem e verificar se as duas abordagens poderiam ser utilizadas juntas para facilitar a aprendizagem matemática, apresentando como um possível caminho a resolução de problemas.

Para tanto, primeiramente será realizada uma breve caracterização da Neurociência e sua evolução no decorrer do tempo. Assim, utilizando as definições de Kendal et al (2003), Blanco (2014), Cosenza e Guerra (2011), dentre outros, pretende-se traçar um panorama da neurociência para situar o leitor neste campo de estudo.

Em seguida, serão abordadas a aprendizagem e a memória à luz dos conhecimentos neurocientíficos. A partir de autores como Purves et al (2010), Cosenza e Guerra (2011), Kendal et al (2003) e Isquerdo et al (2013), serão apresentados alguns processos neurais, cognitivos e bioquímicos que subsidiam a aprendizagem e a memória, conceitos que são vistos de forma interligada nos estudos neurocientíficos.

O tópico seguinte será dedicado à Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel, partindo das considerações teóricas de Ausubel (2003), Moreira (2014), Brum e Schuhmacher (2012), dentre outros.

Por sua vez, no último tópico serão esboçadas as aproximações entre os conhecimentos neurocientíficos e a teoria ausubeliana. Como um caminho para a articulação entre as duas abordagens para facilitar a aprendizagem de conteúdos matemáticos será apresentada a resolução de problemas.

Por fim, sabe-se que os estudos a respeito das contribuições da neurociência e à aprendizagem matemática ainda são incipientes, ao passo que embora hajam estudos que se dedicam a articular a teoria cognitivista de Ausubel aos conteúdos matemáticos, ainda existe um campo aberto à investigação, especialmente no que se refere à articulação entre os conhecimentos neurocientíficos, a teoria ausubeliana e a resolução de problemas matemáticos. Espera-se, portanto, contribuir para trabalhos futuros sobre o tema.

2 NEUROCIÊNCIA: BREVES CONSIDERAÇÕES

Os estudos relacionados à neurociência por muito tempo estiveram restritos às áreas da Medicina e da Psicologia. Nos últimos anos, porém, estudos neurocientíficos com foco multidisciplinar têm ganhado cada vez mais espaços, especialmente no que se refere à preocupação com os mecanismos cerebrais que envolvem a aprendizagem e sua relação com os pressupostos teóricos da educação.

Ainda que os avanços nos estudos da neurociência dos últimos anos e as técnicas cada vez mais modernas de exames de imagem e cirurgias possam fazer parecer que se trata de um ramo recente, a preocupação em entender qual órgão controla as faculdades

superiores da pessoa remontam à Antiguidade Clássica. De acordo com Blanco (2014), por volta do ano 450 a.C., Alcmeão de Crotona por volta do ano 450 a.C foi o primeiro a propor a tese de que o controle da sensação, do movimento e da cognição se encontram no cérebro e não no coração, como se acreditou durante muito tempo. O filósofo pré-socrático também foi responsável por distinguir pela primeira vez a distinção entre os verbos sentir e entender, sendo que o primeiro seria uma operação possível a todos os animais e a segunda seria exclusiva do ser humano (Blanco, 2014).

Com um pensamento parecido ao de Alcmeão de Crotona, também no século IV a.C Hipócrates, em seu tratado, “Sobre a Doença Sagrada”, considera que o cérebro é a fonte do prazer, da dor, do pensamento, da percepção, da loucura e do temor. Na obra República, Platão ao dividir a alma humana em três partes localiza a parte racional no cérebro (Blanco, 2014).

No entanto, apesar de que o que se denomina de encefalocentrismo remonte a milênios, os avanços nos estudos do cérebro somente foram possíveis com o declínio da interferência religiosa, com a autorização da necropsia, especialmente de pacientes que sofreram algum tipo de dano cerebral em vida (Kandel, 2003).

Sobre a evolução dos estudos para entender as funções mentais superiores e os mecanismos neurais, Kandel et al (2003) esclarecem:

O esforço moderno para compreender os mecanismos neurais das funções mentais superiores iniciou no final do século XVIII, quando Franz Joseph Gall, um neuroanatomista alemão, propôs que certas funções mentais estão localizadas em locais específicos no encéfalo. Em meados do século XIX, neurologistas clínicos, que consideravam seus pacientes como “experimentos naturais” sobre a função encefálica, estudaram as lesões encefálicas na necropsia para investigar onde certas funções encefálicas estavam localizadas. Em 1868, Pierre Paul Broca, usando como evidência os encéfalos lesionados de pacientes afásicos, convenceu a comunidade científica que a fala é controlada por uma área específica do lobo frontal esquerdo [...] (Kandel et al, 2003, p. 1177-1178).

Em relação à neurociência contemporânea, alguns teóricos apontam seu surgimento em 1962 com a criação do Neuroscience Research Program, no MIT – Instituto Tecnológico de Massachussetts, que reuniu cientistas interessados em compreender as bases cerebrais do comportamento e das faculdades superiores da mente (Blanco, 2014). Porém, os avanços a partir da década de 1970, com a utilização da tomografia por emissão de pósitrons e nas décadas seguintes, com as técnicas de imagens por ressonância magnética funcional, farão toda a diferença nas pesquisas a respeito do funcionamento do

cérebro, especialmente com a possibilidade de visualizar a atividade encefálica enquanto os indivíduos realizavam determinadas tarefas (Kendal et al, 2003).

Assim, a década de 1990 foi considerada como a década do cérebro, pois nesse período passou-se a compreender inúmeros aspectos do encéfalo que até então eram desconhecidos. A respeito disso, Fonseca e Costa (2016) afirmam que “A partir da década de 1990, chamada de “A década do cérebro”, alguns elementos determinaram a possibilidade de, enfim, saber-se mais sobre os caminhos do pensamento” (Fonseca; Costa, 2016, p. 1).

Os teóricos Cosenza e Guerra (2011) também concordam que a iniciativa do governo dos Estados Unidos em promover a década do cérebro e as novas técnicas de neuroimagem contribuíram para um progresso ímpar nos estudos neurocientíficos. Nas palavras dos autores:

O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de técnicas de neuroimagem, de eletrofisiologia, da neurobiologia molecular, bem como os achados no campo da genética e da neurociência cognitiva possibilitaram um avanço do conhecimento em ritmo até então nunca observado. Em que pese os processos cognitivos ainda não sejam integralmente compreendidos devido às limitações técnicas e éticas que o estudo do comportamento humano impõe, grande progresso já foi alcançado (Cosenza; Guerra, 2011, p. 142).

No que se refere à caracterização da neurociência, no Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa encontramos a seguinte definição para o termo: “qualquer ciência, ramo de ciência ou conjunto de conhecimentos que se refere ao sistema nervoso” (Houaiss, 2009). A datação para o vocábulo é 1968, o que demonstra que é um termo relativamente novo na língua portuguesa.

Por sua origem etimológica, pode-se considerar que a neurociência se constitui como o estudo referente ao sistema nervoso. Porém, de acordo com os teóricos, o campo da neurociência vai além dessa definição. Para Cosenza e Guerra (2011): “As neurociências estudam os neurônios e suas moléculas constituintes, os órgãos do sistema nervoso e suas funções específicas, e também as funções cognitivas e o comportamento que são resultantes da atividade dessas estruturas” (Cosenza; Guerra, 2011, p. 142).

Dessa forma, entram no campo de estudo da neurociência o sistema nervoso, a cognição e o comportamento humano e suas implicações. Segundo Kandel et al(2003), o objetivo dessa área de conhecimento é entender a mente humana através dos circuitos neurais:

O objetivo das neurociências é a compreensão de como o fluxo de sinais elétricos através de circuitos neurais origina a mente – como percebemos, agimos, pensamos, aprendemos e lembramos. Mesmo que ainda estejamos muitas décadas distantes de alcançar tal nível de compreensão, os neurocientistas têm feito progressos significativos na obtenção de informações acerca dos mecanismos subjacentes ao comportamento, os sinais de saída que podem ser observados em relação ao sistema nervoso de seres humanos e outros organismos [...] (Kandel et al, 2003, p.15).

Tanto Kendal et al (2003) quanto Cosenza e Guerra (2011) concordam que a totalidade da compreensão da mente humana, a cognição e o comportamento ainda está longe de ser alcançada, mas os avanços obtidos pelos estudos neurocientíficos são notáveis no caminho por essa compreensão.

Para Lent (2010), o que se denomina de neurociência, na verdade deve ser encarado no plural, como neurociências. Isso porque existem pelo menos cinco grandes disciplinas neurocientíficas: a neurociência molecular, a neurociência celular, a neurociência sistêmica, a neurociência comportamental e a neurociência cognitiva, sendo que esta última dedica-se à linguagem, aprendizagem, memória, etc. Sendo assim, no que se refere à relação com a educação, a neurociência cognitiva é a que proporcionaria maiores aproximações.

Dessa forma, entende-se que a neurociência possui uma natureza multidisciplinar. Nos últimos anos, passou a crescer cada vez mais o interesse de estudar os mecanismos que envolvem a aprendizagem, o que levou a uma aproximação entre os pressupostos da neurociência e a educação. Uma das principais contribuições dessa aproximação é que a compreensão sobre a forma como ocorre o processo de aprendizagem pode auxiliar os professores a estimularem os alunos a partir do funcionamento cerebral e assim diminuir as dificuldades e tornar as atividades escolares mais eficazes.(Grossi; Leroy, Almeida, 2015).

Essa ideia é compartilhada por Cosenza e Guerra (2011) quando afirmam que são muitas as conexões entre a neurociência e a educação, porém, para eles, as ligações entre as duas se dão através do comportamento:

Se os comportamentos dependem do cérebro, a aquisição de novos comportamentos, importante objetivo da educação, também resulta de processos que ocorrem no cérebro do aprendiz. As estratégias pedagógicas promovidas pelo processo ensino-aprendizagem, aliadas às experiências de vida às quais o indivíduo é exposto, desencadeiam processos como a neuroplasticidade, modificando a estrutura cerebral de

quem aprende. Tais modificações possibilitam o aparecimento dos novos comportamentos, adquiridos pelo processo da aprendizagem (Cosenza; Guerra, 2011, p. 141-142).

Ainda segundo os autores, é importante que se leve em conta que a neurociência não pode ser vista como algo que possa salvar a educação ou solucionar completamente seus problemas. Na verdade, eles propõem que as neurociências podem contribuir para uma visão científica a respeito da aprendizagem e com isso propor ideias e estratégias para os educadores:

Ao passo que muitas vezes se observe certa euforia em relação às contribuições das neurociências para a educação, é importante esclarecer que elas não propõem uma nova pedagogia nem prometem soluções definitivas para as dificuldades da aprendizagem. Podem, contudo, colaborar para fundamentar práticas pedagógicas que já se realizam com sucesso e sugerir idéias para intervenções, demonstrando que as estratégias pedagógicas que respeitam a forma como o cérebro funciona tendem a ser as mais eficientes. Os avanços das neurociências possibilitam uma abordagem mais científica do processo ensino-aprendizagem, fundamentada na compreensão dos processos cognitivos envolvidos. Devemos ser cautelosos, ainda que otimistas em relação às contribuições recíprocas entre neurociências e educação (Cosenza; Guerra, 2011, p. 142-143).

Da citação entende-se que quando o professor conhece a forma como o cérebro funciona a tendência que ele elabore estratégias de ensino mais eficazes. Assim, não obstante seja necessário precaução para não atribuir à neurociência um papel maior do que ela realmente pode ter na educação, é preciso considerar a necessidade de que a formação de professores contemple pelo menos um conhecimento mínimo sobre o cérebro e os mecanismos da aprendizagem, o que não tem ocorrido conforme demonstra Grossi et al. (2014) a respeito do curso de Pedagogia.

A seguir, serão apresentados alguns pressupostos da neurociência, especialmente no que se refere à aprendizagem e à memória.

3 APRENDIZAGEM E MEMÓRIA À LUZ DAS NEUROCIÊNCIAS

Para muitos teóricos das neurociências, aprendizagem e memória são termos interligados e até mesmo interdependentes. Segundo Kandel et al (2003), o aprendizado representa uma mudança de comportamento a partir de um conhecimento adquirido e a

memória consiste no processo de codificação, armazenamento e codificação do conhecimento:

[...] O aprendizado refere-se a uma mudança no comportamento que resulta da aquisição de conhecimento acerca do mundo, e a memória é o processo pelo qual esse conhecimento é codificado, armazenado e posteriormente evocado [...]. O aprendizado e a memória são essenciais para o pleno funcionamento e a sobrevivência independente de pessoas e animais. (Kandel et al, 2003, p. 1256)

Purves et al (2010) também define o aprendizado como uma mudança de comportamento, mas acrescenta que se refere ao processo através do qual uma nova informação é adquirida no sistema nervoso central. Por sua vez, a memória se refere ao mecanismo através do qual a informação é codificada, armazenada e evocada. Para o autor, “. Igualmente fascinante (e importante) é a capacidade – normal – que temos de esquecer informações”. (Purves et al, 2010, p. 791).

Diante dessas definições, a aprendizagem pode ser entendida como um reflexo ou consequência do processo de memorização e uma das prerrogativas para o aprendizado seria a mudança de comportamento.

Para Consenza e Guerra (2011) a aprendizagem está relacionada à plasticidade do sistema nervoso e às constantes ligações que são feitas e desfeitas pelos neurônios. Ainda de acordo com os autores, a aprendizagem é capaz de aumentar a complexidade as ligações em um mesmo circuito neural e até mesmo associar circuitos independentes:

[...] a aprendizagem pode levar não só ao aumento da complexidade das ligações em um circuito neuronal, mas também à associação de circuitos até então independentes. É o que acontece quando aprendemos novos conceitos a partir de conhecimentos já existentes. A inatividade, ou uma doença, podem ter efeitos inversos, levando ao empobrecimento das ligações entre os mesmos circuitos. (Cosenza; Guerra, 2011, p. 36)

Assim, quanto mais o indivíduo aprende, mais complexas serão as ligações nos circuitos neurais e ao aprender um conceito com base em um conhecimento já existente, circuitos que eram independentes passam a se associar e a se interligarem. A aprendizagem depende, então, de mecanismos cognitivos, neurais e até mesmo de mecanismos bioquímicos:

A aprendizagem é consequência de uma facilitação da passagem da informação ao longo das sinapses. Mecanismos bioquímicos entram em ação, fazendo com que os neurotransmissores sejam liberados em maior quantidade ou tenham uma ação mais eficiente na membrana pós-sináptica. Mesmo sem a formação de uma nova ligação, as já existentes passam a ser mais eficientes, ocorrendo o que já podemos chamar de aprendizagem. Para que ela seja mais eficiente e duradoura, novas ligações sinápticas serão construídas, sendo necessário, então, a formação de proteínas e de outras substâncias. Portanto, trata-se de um processo que só será completado depois de algum tempo. (Cosenza; Guerra, 2011, p. 38)

Por conseguinte, entende-se que quando um indivíduo aprende são formadas e consolidadas ligações entre as células nervosas. A liberação ou a potencialização dos neurotransmissores na membrana pós-sináptica proporcionam novas ligações ou torna mais eficientes as que já existiam. É, por conseguinte, um processo longo e complexo.

Outro ponto a ser destacado é que a aprendizagem é um fenômeno individual (Cosenza e Guerra, 2011), então, o professor pode até atuar como um facilitador, mas todo o processo depende de cada indivíduo e das modificações químicas e da estrutura de seu sistema nervoso.

Além disso, cabe ressaltar que existem diversos tipos de aprendizado, assim como são vários os tipos de memória, cada um dos tipos de aprendizado possui diferentes propriedades cognitivas que são intermediadas por sistemas encefálicos próprios (Kendal et al, 2003). Como a aprendizagem e a memória estão interligados, deste ponto em diante passar-se-á a tratar da memória e de suas especificidades.

Kendal et al (2003) esclarece que diferentes partes do cérebro estão envolvidas no processo de memorização, ao passo que existem tipos diferentes de memória que utilizarão cada parte do cérebro de forma distinta. Nas palavras dos autores:

Ao contrário da visão prevalente de que as funções cognitivas possuem localizações específicas no encéfalo, muitos estudiosos duvidavam que a memória fosse uma entidade localizada. De fato, até meados do século XX, muitos psicólogos duvidavam que a memória fosse uma função com áreas delimitadas no encéfalo, independente da percepção, da linguagem ou do movimento. Uma razão para essa dúvida persistente é que o armazenamento da memória envolve muitas partes diferentes do encéfalo. Agora, porém, sabe-se que tais regiões não são igualmente importantes. Há diversos tipos fundamentalmente distintos de memória, e certas regiões do encéfalo são muito mais importantes para alguns tipos de armazenamento do que para outros. (Kendal, 2003, p. 1256-1257)

Ainda de acordo com Kendal et al (2003) “[...] a memória pode ser dividida em processos separados: codificação, armazenamento, consolidação e evocação. Por fim, a de que imperfeições e erros na evocação são dicas da natureza e da função do aprendizado e da memória” (Kendal, 2003, p. 1257).

De uma maneira geral, pode-se entender a codificação como o processo em que uma nova informação é observada e então conectada a outra informação que já existe na memória e cabe ressaltar que “[...] a intensidade desse processo é criticamente importante para determinar quão bem o material apreendido será lembrado [...]” Kendal et al, 2003, p. 1261).

Já o armazenamento pode ser entendido como as formas e locais que possibilitam que a memória seja retida, podendo ser armazenamento de longa ou curta duração. Não se conhece um limite para a capacidade do armazenamento de longa duração, enquanto “[...] o armazenamento na memória de trabalho é muito limitado; psicólogos acreditam que a memória de trabalho em seres humanos possa reter apenas poucos fragmentos de informação em um dado momento” (Kendal et al, 2003, p. 1261).

A consolidação pode ser entendida como o processo de estabilização da informação que está armazenada temporariamente, em termos mais específicos, “[...] a consolidação envolve a expressão de genes e a síntese proteica que produzem alterações estruturais nas sinapses” (Kendal et al, 2003, p. 1261).

Por sua vez, a evocação constitui-se como o processo em que os diversos tipos de informação que se encontram armazenados são trazidos à mente. A evocação depende em parte da memória de trabalho, a qual será abordada adiante neste trabalho, e é mais eficiente quando há uma indicação da forma como a experiência a ser evocada foi codificada. Importante ressaltar que “[...] a evocação da memória é bastante semelhante à percepção na medida em que se trata de um processo construtivo e, portanto, está sujeita a distorções, da mesma forma que a percepção está sujeita a ilusões. (Kendal et al, 2003, p. 1261)

Cosenza e Guerra (2011) afirmam que tradicionalmente se utiliza a classificação da memória em função de sua duração, distinguindo-se, então, a memória de curto prazo e a memória de longo prazo, mas que na atualidade os teóricos apontam para várias classificações para a memória.

Uma forma de se caracterizar a memória é a partir do nível de consciência ao se lembrar de determinado fato. Assim, quando os conhecimentos são adquiridos, lembrados e utilizados de forma consciente, é utilizada a memória explícita, ao passo que quando a memória aparece sem que o indivíduo tenha consciência, trata-se da memória implícita (Cosenza; Guerra, 2011).

Purves et al (2010) denomina de declarativa a memória explícita e não declarativa a memória implícita e destaca que a memória declarativa pode ser expressa através da linguagem e cita como exemplo “[...] a capacidade de se recordar de um número de telefone, de uma canção ou das imagens de algum evento passado”, já a memória não declarativa se refere a “[...] habilidades e associações que são, em geral, adquiridas e evocadas em um nível inconsciente. Lembrar como discar o telefone, como cantar a canção, como inspecionar eficientemente uma cena ou fazer toda a miríade de associações [...]” (Purves et al, 2010, p. 791-792)

Para Izquierdo et al (2013), as memórias que se referem a eventos, fatos e conhecimentos são denominadas de declarativas e aquelas que são evocadas de forma automática ou inconsciente são denominadas de memórias de procedimentos ou hábitos. Segundo os autores, na memória declarativa são ativados o lobo temporal e várias regiões corticais e nas memórias de procedimento “[...] o hipocampo parece estar envolvido apenas nos primeiros momentos após o aprendizado, sendo elas dependentes basicamente de circuitos subcorticais que incluem o núcleo caudado e circuitos cerebelares” (Izquierdo et al, 2013, p. 11).

Além da memória explícita e implícita também existem a memória episódica, que se refere à recordação de um fato específico e a memória semântica, que se utiliza para compreender o significado de palavras ou conceitos novos. Esses dois tipos de memória estão relacionados à memória explícita e “[...] o lobo temporal medial desempenha um papel crítico em ambos os tipos de memória, episódica e semântica” (Kendal et al, 2003, p. 1261).

Um outro tipo de memória é a memória de trabalho. De acordo com Kendal et al (2003) trata-se de uma memória de curto prazo que possui dois subsistemas coordenados pelos processos de controle executivo: um para a informação verbal e outro para a informação visuoespacial. Para Purves et al (2010), a memória de trabalho “[...] é a capacidade de manter e manipular informações na consciência durante segundos a minutos, enquanto ela é utilizada para atingir um determinado objetivo comportamental. (Purves et al, 2010, p. 793).

Izquierdo et al (2013) associa a memória de trabalho àquilo que a memória RAM executa nos computadores, mantendo viva a informação durante pouco tempo enquanto ela está sendo processada, ou seja, dura pouco e não deixa traços. Os autores ainda esclarecem que “Essa forma de memória é sustentada pela atividade elétrica de neurônios do córtex pré-frontal, em rede via córtex entorrinal com o hipocampo e a amígdala, durante a percepção, a aquisição ou a evocação. (Izquierdo et al, 2013, p. 12).

Segundo Cosenza e Guerra (2011) apesar de a memória de trabalho ter pouco tempo de duração ela pode utilizar um mecanismo para conservar a informação por mais tempo, e para isso utiliza os registros que já foram armazenados no cérebro. Assim, se a informação for reativada o número adequado de vezes ou se houver a possibilidade de ela ser associada a registros que já se encontram disponíveis através de pistas ou sinais, o período de conservação da memória de trabalho passará de segundos ou minutos para horas ou dias.

Por fim, conforme foi abordado, assim como a aprendizagem, existem diversos tipos de memória. Tanto no processo de codificação, armazenamento, consolidação e evocação de experiências quanto no processo de aprendizado, que alguns pontos podem confundir-se, inúmeros mecanismos estão envolvidos desde cognitivos até bioquímicos. Igualmente, a relação com conhecimentos e informações prévias são importantes tanto na definição de aprendizagem quanto na definição de memória pelas neurociências. A seguir, será apresentada a Teoria da Aprendizagem Significativa, que também possui como pressuposto o conhecimento prévio e sua importância para a aprendizagem.

4 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria da Aprendizagem Significativa foi proposta por David Ausubel em 1968 e, em linhas gerais, consiste na sustentação de que o indivíduo aprende significativamente quando o novo conteúdo ou a nova informação é relacionada com um conhecimento prévio desse indivíduo. Nas palavras do formulador da teoria, a aprendizagem significativa refere-se à “[...] aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado. Exige quer um mecanismo de aprendizagem significativa, quer a apresentação de material potencialmente significativo para o aprendiz” (Ausubel, 2003, p. 1).

Para caracterizar a teoria de Ausubel, baseada na aprendizagem cognitiva, o Moreira (2014) estabelece uma distinção entre os três tipos de aprendizagem: a aprendizagem cognitiva, que se refere à estrutura cognitiva e como as informações são armazenadas; a aprendizagem afetiva, cuja relação é com as experiências emocionais e afetivas; e a aprendizagem psicomotora, que se relaciona com as respostas musculares e as habilidades psicomotoras. Assim, de acordo com o autor, ainda que considere a importância da aprendizagem afetiva, a explicação teórica do processo de aprendizagem segundo Ausubel é baseada no cognitivismo. A estrutura cognitiva da qual resultam a organização e integração do material é a responsável pela aprendizagem, esta última observada no dia-a-dia da sala de aula.

A aprendizagem significativa é o conceito chave da teoria de Ausubel e ela se contrapõe à aprendizagem mecânica. Dado o pressuposto defendido pelo teórico norte-americano a respeito da organização cerebral, ocorre a aprendizagem significativa quando há uma interação entre a aprendizagem de uma informação nova a um conhecimento já existente, o conceito subsunçor. Na aprendizagem mecânica, por sua vez, não há uma

conexão entre o novo conhecimento e aquele que já se encontra armazenado no cérebro. Assim, para Brum e Schuhmacher (2012), “A aprendizagem significativa é uma tentativa de fornecer sentido ou estabelecer relações de modo não arbitrário e substancial (não ao pé da letra) entre os novos conhecimentos e os conceitos que existem no estudante” (Brum; Schuhmacher, 2012, p. 41).

De acordo com Moreira e Masini (2006):

Ausubel sustenta o ponto de vista de que cada disciplina acadêmica tem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos que constitui o sistema de informações dessa disciplina. [...] Esses conceitos estruturais podem ser identificados e ensinados ao estudante, constituindo para ele um sistema de processamento de informações, um verdadeiro mapa intelectual que pode ser usado para analisar o domínio particular da disciplina e nela resolver problemas (Moreira; Masini, 2006, p. 42)

Dessa forma, entende-se que na teoria da aprendizagem significativa, existe uma espécie de mapa em que os conceitos são organizados de forma hierárquica, ficando disponível para o indivíduo para que ele utilize e resolva problemas. Esse “mapa” é denominado por Ausubel de estrutura cognitiva, que permite as associações e a ancoragem dos conhecimentos a serem adquiridos.

No livro em que apresenta a aquisição e a retenção do conhecimento, Ausubel (2003) explica que existe uma diferença entre aprendizagem significativa e aprendizagem de material significativo:

A aprendizagem significativa não é sinónimo de aprendizagem de material significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem apenas é potencialmente significativo. Em segundo, deve existir um mecanismo de aprendizagem significativa. O material de aprendizagem pode consistir em componentes já significativas (tais como pares de adjetivos), mas cada uma das componentes da tarefa da aprendizagem, bem como esta como um todo (apreender uma lista de palavras ligadas arbitrariamente), não são ‘logicamente’ significativas. Além disso, até mesmo o material logicamente significativo pode ser apreendido por memorização, caso o mecanismo de aprendizagem do aprendiz não seja significativo. (Ausubel, 2003, p. 1)

Dessa citação pode-se compreender que o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e a tarefa precisa ser pensada de forma a proporcionar a aprendizagem significativa. Além disso, Ausubel aponta para outro tipo de aprendizagem, a memorização, também apresentada pelo teórico como aprendizagem mecânica.

Em relação à aprendizagem mecânica, ocorre de forma diferente do processo significativo, pois nesse caso, ao ser apresentado a um conhecimento ou informação nova, por motivos que podem ser os mais variados possíveis, o aprendiz não estabelece uma

relação com um conceito que já existia em sua estrutura cognitiva, o conhecimento é incorporado de forma arbitrária (Brum; Schuhmacher, 2012, p. 41).

Para Moreira (2014), a aprendizagem significativa, conceito chave da teoria de Ausubel se contrapõe à aprendizagem mecânica. Segundo o autor, dado o pressuposto defendido pelo teórico norte-americano a respeito da organização cerebral, ocorre a aprendizagem significativa quando há uma interação entre a aprendizagem de uma informação nova a um conhecimento já existente, o conceito subsunçor. Na aprendizagem mecânica, por sua vez, não há uma conexão entre o novo conhecimento e aquele que já se encontra armazenado no cérebro.

Outra parte importante da teoria de Ausubel se refere às condições para que ocorra a aprendizagem significativa. Uma dessas condições é que possa haver uma relação entre o que será aprendido e a estrutura cognitiva do aprendente. Além disso, é necessário também que o aprendente esteja disposto a relacionar de forma não arbitrária esse novo material à sua estrutura cognitiva.

Assim, para que se evidencie de forma clara que houve uma aprendizagem significativa, Moreira (2014) remete a Ausubel e seu postulado de que para compreender um conceito é fundamental que se possua sobre ele significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. De acordo com o teórico estadunidense, não se deve simular uma aprendizagem significativa e sim formular problemas e perguntas de maneiras novas.

A assimilação é, por conseguinte, um aspecto importante para a teoria ausubeliana. De acordo com o autor da teoria, o processo de assimilação é muito mais amplo do que a aprendizagem significativa, esta última é apenas uma fase da assimilação (Ausubel, 2003). A Teoria da Assimilação se encarrega de explicar como a retenção e o esquecimento se relacionam na aprendizagem, bem como as formas através das quais as novas ideias se ancoram na estrutura cognitiva e interagem com as ideias que já estão ancoradas. Na fase da aprendizagem significativa, os processos de assimilação se constituem por três etapas:

[...] (1) ancoragem selectiva do material de aprendizagem às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva; (2) interacção entre as ideias acabadas de introduzir e as ideias relevantes existentes (ancoradas), sendo que o significado das primeiras surge como o produto desta interacção; e (3) a ligação dos novos significados emergentes com as ideias ancoradas correspondentes no intervalo de memória (retenção) (Ausubel, 2003, p. 8)

Dessa maneira, a assimilação na aprendizagem significativa ocorre mediante a ancoragem das ideias novas àquelas já existente na estrutura cognitiva, a interação entre

as ideias novas e já existentes e a ligação entre as ideias ancoradas e os novos significados, que corresponde à retenção.

Na teoria ausubeliana também são distinguidos os seguintes tipos de aprendizagem: aprendizagem subordinada, quando existe uma subordinação entre o novo conhecimento e a estrutura já existente; já a aprendizagem superordenada ocorre quando um conceito mais geral é adquirido a partir de conceitos já existentes; por sua vez, a aprendizagem combinada ocorre quando não há uma relação de subordinação ou de superordenação no processo de aprendizagem (Moreira, 2014).

Além dos tipos de aprendizagem, cumpre ressaltar a diferenciação progressiva, que, segundo Moreira (2014) está relacionada à modificação do conceito subsunçor, ou seja, quando ocorre uma aprendizagem subordinada. A reconciliação integrativa ocorre quando há uma aprendizagem superordenada e os elementos que já existiam previamente são reordenados.

Em relação à origem dos subsunçores, Moreira (2014) esclarece que, ao processar novas informações em contextos completamente novos é preciso que entre em ação primeiro a aprendizagem mecânica e no caso de crianças pequenas, ocorre a formação de conceitos, a partir de generalizações. Para Ausubel, no entanto, é necessário que se utilizem organizadores prévios para manipular a estrutura cognitiva e assim proporcionar a aprendizagem significativa.

Ainda sobre o processo de aprendizagem ausubeliano, há uma caracterização da estrutura cognitiva e suas influências, que podem ser substantivas, quando são apresentados conceitos e princípios que unificam e são inclusivos, ou programáticas, quando são utilizados métodos específicos (Moreira, 2014)

Por fim, a teoria de Ausubel contém aspectos dedutivos e indutivos e está centrada na aprendizagem cognitiva, ou mais especificamente na aprendizagem verbal significativa receptiva, sendo que a aprendizagem significativa receptiva é para o teórico norte-americano o mecanismo adequado para explicar a aprendizagem.

5 A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E AS POSSIBILIDADES DE CONECTAR MATEMÁTICA, NEUROCIÊNCIAS E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

De acordo com Santos et al (2016), Ausubel provavelmente não se preocupou com as questões neurocientíficas quando formulou suas teorias sobre a aprendizagem. Porém,

quando trata da importância dos conhecimentos prévios, a teoria ausubeliana se aproxima bastante dos pressupostos da neurociência a respeito da aprendizagem e da memória.

Conforme foi abordado anteriormente a aprendizagem envolve inúmeros processos neurais, conexões entre os neurônios, sendo que o uso de estratégias adequadas pode fazer com que essas conexões entre os neurônios cresçam em quantidade e qualidade. Desse modo, para as neurociências, a aprendizagem é uma mudança de comportamento, reflexo do constante e complexo processo pelo qual o cérebro reage aos estímulos do ambiente e ativam sinapses – ligações entre os neurônios por onde passam os estímulos –, tornando-as mais intensas. (Miatello, Falcão, 2022).

Outrossim, de acordo com as bases das neurociências, na aprendizagem, existe uma ligação diferente entre os circuitos quando um novo conceito é aprendido com base em um conhecimento já existente; da mesma forma, no que se refere à memória, a evocação pode ser mais eficaz quando existe uma dica que leve a algo já armazenado e a memória de trabalho pode ser expandida quando utiliza registros que já estão armazenados no cérebro.

Ainda em relação à aprendizagem a luz das neurociências, Bartoszeck (2003), partindo de Rushton & Larkin, 2001 e Rushton et al., 2003, propõe sete princípios da neurociência para aplicação em sala de aula:

1. Aprendizagem & memória e emoções ficam interligadas quando ativadas pelo processo de aprendizagem
2. O cérebro se modifica aos poucos fisiológica e estruturalmente como resultado da experiência
3. O cérebro mostra períodos ótimos (períodos sensíveis) para certos tipos de aprendizagem, que não se esgotam mesmo na idade adulta.
4. O cérebro mostra plasticidade neuronal (sinaptogênese), mas maior densidade sináptica não prevê maior capacidade generalizada de aprender.
5. Inúmeras áreas do córtex cerebral são simultaneamente ativadas no transcurso de nova experiência de aprendizagem.
6. O cérebro foi evolutivamente concebido para perceber e gerar padrões quando testa hipóteses.
7. O cérebro responde, devido a herança primitiva, às gravuras, imagens e símbolos (Bartoszeck, 2003, p. 4)

Grossi, Leroy e Almeida (2015) utilizam esses sete princípios da neurociência propostos por Bartoszeck (2003) para analisar diversos tipos de aprendizado e verificar quais deles satisfazem esses princípios e assim entender como a neurociência pode ser relacionada a cada um dos conhecimentos. No que se refere à aprendizagem significativa, os autores afirmam que “[...] a influência da neurociência é mais forte do que nos demais tipos de aprendizagem, pois dos sete dos princípios da neurociência propostos por Bartoszeck, seis podem ser mais facilmente observados” (Grossi; Leroy; Almeida, 2015, p. 44).

Assim, os autores consideram que a aprendizagem significativa contempla os seguintes princípios da neurociência para a aplicação em sala de aula: a modificação do cérebro; os períodos sensíveis do cérebro que se prolongam até a idade adulta; a plasticidade neuronal; as ativações simultâneas das áreas do córtex cerebral; as hipóteses que contribuem para a percepção e geração de padrões pelo cérebro; e a questão das gravuras, imagens e símbolos. O único princípio que a aprendizagem significativa não atenderia seria o primeiro princípio que se refere à interligação entre aprendizagem, memória e emoção

Santos et al (2016) também concluem que os conhecimentos da neurociência podem ser relacionados à Teoria da Aprendizagem Significativa, sendo que “[...] esta interação, além de possibilitar uma maior compreensão dos processos neurocognitivos envolvidos no ensino e aprendizagem, pode facilitar a aprendizagem significativa de Genética” (Santos et al, 2016, p. 169). Se é possível que a associação entre neurociências e a Teoria da Aprendizagem Significativa pode facilitar a aprendizagem de Genética, conforme constatado por Santos et al (2016), pode-se estudar se é possível que essa associação também contribua para a aprendizagem da matemática, conforme veremos a seguir.

No que se refere aos conhecimentos matemáticos, uma forma de estimular as sinapses cerebrais, dinamizando o ensino e aumentando o interesse dos alunos é com a utilização de situações-problemas propostas para serem resolvidas pelos alunos. O trabalho com a resolução de problemas também pode satisfazer as condições para a aprendizagem, pois podem despertar a motivação e o interesse dos alunos, é capaz de ativar subsunçores e também podem apresentar conhecimentos potencialmente significativos. Para Rozal, Souza e Santos (2017): “Atualmente contamos com inúmeros testes de raciocínio lógico que envolve matemática para estimular o cérebro do aluno. Este tipo de atividade pode estimular o interesse do aluno e exercitar o seu raciocínio matemático”. (Rozal; Souza; Santos, 2017, p. 147).

Segundo Ausubel (2003) em sua teoria da assimilação, a resolução de problemas é uma proposta válida pois mobiliza os conceitos subordinantes e os conceitos subordinados na estrutura cognitiva do estudante:

Os conceitos constituem um aspecto importante da teoria da assimilação, pois a compreensão e a resolução significativas de problemas dependem amplamente da disponibilidade quer de conceitos subordinantes (na aquisição conceptual por subsunção), quer de conceitos subordinados (na aquisição conceptual subordinante), na estrutura cognitiva do aprendiz (Ausubel, 2003, p. 2)

Cosenza e Guerra (2011), ao tratar sobre a forma como o cérebro processa o conhecimento matemático, apresentam o modelo do triplo código, que considera o processamento dos números em três circuitos distintos, mas interligados. Primeiro, há a percepção da magnitude (fileira numérica) que se relaciona à noção das quantidades e se localiza no lobo parietal ao redor do sulco intraparietal. O segundo circuito é a representação visual dos símbolos numéricos, que se ocupa da decodificação dos algarismos arábicos e se localiza na junção occipito-temporal em ambos os hemisférios cerebrais. Por sua vez, o terceiro circuito é a representação verbal dos números, e é o que possibilita a percepção verbal dos algarismos e se localiza em uma região cortical do hemisfério esquerdo, parecendo envolver as regiões temporo-parietais.

Assim, a resolução de problemas vai além da simples apresentação mecânica de um conteúdo e pode ser capaz de mobilizar as áreas do cérebro que compõem o triplo código. Trabalhar com situações problema em sala de aula é muito importante tanto para fugir do ensino tradicional, que privilegia apenas a memorização de fórmulas e etapas de resolução de cálculos, quanto para estimular o pensamento crítico, conquistando a atenção dos estudantes fazendo com que eles entendam a natureza da matemática (Rozal; Souza; Santos, 2017).

Por fim, outro ponto que pode fazer com que a resolução de problemas seja capaz de conectar as contribuições da neurociência e a Teoria da Aprendizagem significativa é a utilização da linguagem. Para Ausubel (2003) “A linguagem é um importante facilitador da aprendizagem significativa por recepção e pela descoberta” (Ausubel, 2003, p. 5), sendo assim, segundo o teórico, o uso das palavras pode tornar os significados mais claros, mais precisos e mais transferíveis.

Kandel et al (2003) postula que compreender as bases neurais da linguagem tem sido uma grande preocupação para a neurociência, e que os estudos demonstram que o processamento da linguagem predomina no hemisfério esquerdo do cérebro. Para Cosenza e Guerra (2011) afirmam que quando há algum problema no lobo parietal esquerdo a capacidade de fazer cálculos pode ser perdida. Portanto, pode-se compreender que a linguagem e a habilidade para realizar cálculos são processadas predominantemente no mesmo hemisfério cerebral e a resolução de problemas pode mobilizar mecanismos neurais da linguagem e do cálculo matemático.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreender como ocorre a aprendizagem humana tem sido uma preocupação antiga. Diversos teóricos se debruçaram sobre o tema e formularam teorias a respeito desse fenômeno. A neurociência, por exemplo, apesar da recente articulação com os aspectos educacionais, tem proporcionado inúmeras contribuições sobre as formas como o cérebro humano processa a aprendizagem e a memória. Por outro lado, no campo da Psicologia e da Educação, David Ausubel propõe a Teoria da Aprendizagem Significativa que leva em conta a estrutura cognitiva do aprendiz e a necessidade de que os novos conhecimentos sejam ancorados a conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva.

Nessa perspectiva, este trabalho teve como objetivo verificar se seria possível uma articulação entre os pressupostos da neurociência e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Além disso, buscou-se compreender se as duas abordagens poderiam ser utilizadas em conjunto para facilitar a aprendizagem de conteúdos matemáticos.

Foi constatado que, apesar de que a neurociência ter se estabelecido como estudo na década de 1960, os estudos a respeito do cérebro humano remontam à Antiguidade Clássica. Também se verificou que as aproximações entre a neurociência e a educação trouxeram contribuições para as duas áreas e ainda existe um longo percurso a ser percorrido e os conhecimentos neurocientíficos por si só não podem solucionar todos os problemas da educação, apenas indicar caminhos para que os educadores possam desenvolver atividades que potencializem as conexões neuronais dos estudantes.

Enquanto a aprendizagem representa uma mudança de comportamento advinda das sinapses de processamento de um novo conhecimento, a memória a codificação, o armazenamento e a evocação desse novo conhecimento. Assim, segundo os estudos neurocientíficos, aprendizagem e memória estão interligadas. Os estudos apresentados neste trabalho também apontaram para a importância dos conhecimentos prévios tanto para a aprendizagem quanto para a memória.

A base da teoria ausubeliana é a importância dos conhecimentos prévios para o processo de assimilação e para a aprendizagem significativa. Além disso, como condições para a aprendizagem significativa, verificou-se que segundo a teoria de Ausubel é necessário que existam conhecimentos prévios que atuem como subsunçores, que o aprendiz esteja motivado para aprender e que o conteúdo seja potencialmente significativo.

Nesse sentido, constatou-se que a resolução de problemas é capaz de mobilizar diferentes estruturas neurais, podendo dinamizar o ensino de Matemática a partir dos conhecimentos neurocientíficos e também pode satisfazer as condições propostas por Ausubel para a aprendizagem significativa.

Por fim, este trabalho aponta para a necessidade de maiores estudos a respeito das conexões entre a neurociência e a teoria cognitivista de Ausubel. Além disso, no que se refere ao ensino de matemática, também se constatou a carência de estudos que articulem os conhecimentos neurocientíficos à aprendizagem da matemática. Apesar de terem sido encontrados trabalhos que tratam de pensar o conteúdo matemático a partir da teoria ausubeliana, ainda existe um campo aberto à investigação, especialmente no tocante às relações entre neurociência, Teoria da Aprendizagem Significativa e Matemática.

REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. (2003). *Aquisição e retenção do conhecimento: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Editora Plátano.
- Bartoszeck, A. B. (2003). Neurociência na Educação. *Faculdades Integradas Espirita*. Recuperado de <http://www.geocities.ws/flaviookb/neuroedu.pdf>
- Blanco, C. (2014). *Historia de la neurociencia: el conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Brum, W. P., & Schuhmacher, E. (2012). A utilização de mapas conceituais visando o ensino de história da geometria sob a luz da aprendizagem significativa. *Aprendizagem Significativa em Revista*. Recuperado de https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID36/v2_n3_a2012.pdf
- Cosenza, R. M., & Guerra, L. (2011). *Neurociência e educação : como o cérebro aprende*. Porto Alegre : Artmed.
- Fonseca, L., & Costa, M. A. (2016). Editorial. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*. Recuperado de https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/download/512/416
- Grossi, M. G. R.; Leroy, F. S., & Almeida, R. B. S. de. (2015). Neurociência: Contribuições e experiências nos diversos tipos de aprendizado. *Abakós*. Recuperado de <https://periodicos.pucminas.br/index.php/abakos/article/view/P.2316-9451.2015v4n1p34/8777>

- Izquierdo, A. I. et al. (2013). Memória: tipos e mecanismos - achados recentes. *Revista USP*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/270541282_Memoria_tipos_e_mecanismos_-_achados_recentes
- Kandel, E.; Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2003). *Princípios da Neurociência*. São Paulo: Manole.
- Lent, R. (2010). Cem Bilhões de Neurônios? *Conceitos Fundamentais de Neurociência*. São Paulo, SP: Atheneu.
- Miatello, V., & Falcao, K. (2022). A resolução de problemas e as contribuições da neurociência para o ensino da matemática. *Cadernos da Pedagogia*. Recuperado de <https://www.cadernosdapedagogia.ufscar.br/index.php/cp/article/view/1416/761>
- Moreira, M. A., & Masini, E. F. S. (2006). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo, SP: Centauro.
- Moreira, M. A. (2014). *Teorias de Aprendizagens*. São Paulo, SP: EPU.
- Purves, D. et al. (2010). *Neurociências*. Porto Alegre: ArtMed.
- Santos, F. S. dos; Francisco, A. C. de; Klein, A. I., & Ferraz, D. F. (2016). Interlocução entre neurociência e aprendizagem significativa: uma proposta teórica para o ensino de genética. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. Recuperado de <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/3947/pdf>

NOTAS DA OBRA

TÍTULO DA OBRA

Conexões entre neurociência, aprendizagem significativa e resolução de problemas: uma proposta para o ensino de matemática.

Valdeir Miatello

Mestre

Colégio e Curso Sapiens, Porto Velho, Brasil

miatellovaldeir@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7730-9039>

Gilmar Praxedes Daniel

Doutor

Professor Associado da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Departamento de Física, Dourados, Brasil

praxa@uems.br

<https://orcid.org/0009-0006-8589-6783>

Endereço de correspondência do principal autor

Avenida Vigésima, 6034 apto 103 Bloco B, 76821-436, Porto Velho, RO, Brasil.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Concepção e elaboração do manuscrito: V. Miatello, G. P. Daniel.

Coleta de dados: V. Miatello, G. P. Daniel.

Análise de dados: V. Miatello, G. P. Daniel.

Discussão dos resultados: V. Miatello, G. P. Daniel.

Revisão e aprovação: V. Miatello, G. P. Daniel.



CONJUNTO DE DADOS DE PESQUISA

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO – uso exclusivo da revista

Os autores cedem à **Revemat** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](#) (CC BY) 4.0 International. Esta licença permite que **terceiros** remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os **autores** têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER – uso exclusivo da revista

Universidade Federal de Santa Catarina. Grupo de Pesquisa em Epistemologia e Ensino de Matemática (GPEEM). Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

EQUIPE EDITORIAL – uso exclusivo da revista

Mérciles Thadeu Moretti
Rosilene Beatriz Machado
Débora Regina Wagner
Jéssica Ignácio
Eduardo Sabel

HISTÓRICO – uso exclusivo da revista

Recebido em: 17-11-2023 – Aprovado em: 10-07-2024

