

## AS CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA NA DESMISTIFICAÇÃO DA MATEMÁTICA NO CONTEXTO ESCOLAR

### THE CONTRIBUTIONS OF NEUROSCIENCE IN DEMYSTIFYING OF MATHEMATICS IN THE SCHOOL CONTEXT

### LES CONTRIBUTIONS DES NEUROSCIENCES DANS LA DESMISTIFICATION DES MATHÉMATIQUES EN CONTEXTE SCOLAIRE

Fernanda de Almeida Lins

Licenciada em Pedagogia – Faculdades Integradas de Jaú

E-mail: feralmeidalins@gmail.com

Vania Aparecida Borim Moretto Delpino

Mestre em Educação – Fundação Universitária Iberoamericana – FUNIBER

Docente das Faculdades Integradas de Jaú

E-mail: vaniapsico@outlook.com

Celso Henrique Nicola

Mestre em Matemática – Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

Docente das Faculdades Integradas de Jaú

E-mail: celso.nicola@gmail.com

#### RESUMO

A disciplina de matemática tem se destacado quanto ao mau desempenho dos alunos brasileiros. As pesquisas revelam que o baixo índice associado a essa disciplina, está constantemente relacionado às dificuldades que os alunos encontram devido a alguns estigmas construídos pela sociedade a respeito da matemática. Nesse contexto, o presente estudo buscou oferecer indicações do papel da neurociência cognitiva ao professor e a escola para combater o estigma de que aprender matemática é complexo. Dessa forma, o trabalho prosseguiu a partir de uma revisão bibliográfica, fundamentada em livros, artigos, dissertações, teses, entre outros trabalhos já publicados. Esses materiais foram estudados e selecionados em função de fontes confiáveis e de referência, garantindo a veracidade deste estudo. Durante a análise dos materiais reunidos foi possível conhecer o funcionamento cerebral e a importância da neurociência para prática pedagógica. Discutiu-se, portanto, como o cérebro humano aprende e reage aos estímulos, bem como, os benefícios que o estudo dessa ciência traz para educação, sobretudo para as aulas de matemática. Entender como cada aluno se sente no ato da aprendizagem é fundamental para que o docente proporcione momentos significativos para o educando. Logo, evidenciou-se que o professor fundamentado nos estudos da neurociência, está preparado para entender que não existe ninguém incapaz de aprender e assim enriquecer sua práxis.

**Palavras-chave:** Aprendizagem. Matemática. Neurociência.

#### ABSTRACT

Mathematics is emphasized when the topic is Brazilian students' bad performance. Researches reveal that the low rate associated to this subject is totally related to the difficulty that students find, it is because of some stigmas that society has developed about mathematics. About this context, the present study tried to offer to the educator some indications of neuroscience role,

beyond emphasizes its contributions to mathematics learning, with the purpose to demystify mathematics' complexity in school context. Therefore, the work pursued through a bibliographic research that was based in books, articles, dissertations, thesis, and other works that were previously published. Those materials were studied and selected according to reliable sources, to ensure the accuracy of the study. While materials' analysis happened, it was possible to understand cerebral function and how neuroscience is important to pedagogical practice. It was discussed, thus, how the human brain learns and react to stimuli, as well as the benefits that the study of this science can bring to education, especially to mathematics classes. Understanding how each student feel on learning act is fundamental, so that the teachers provide significant moments to students. Therefore, is emphasized that teachers that are reasoned in neuroscience study are prepared to understand that nobody is incapable of learning and enhance their practice.

**Keywords:** Learning. Mathematics. Neuroscience.

## RÉSUMÉ

Le sujet des mathématiques s'est démarqué en termes de faible performance des élèves brésiliens. Les recherches révèlent que le faible indice associé à cette discipline est constamment lié aux difficultés auxquelles les élèves sont confrontés en raison de certains stigmates construits par la société à l'égard des mathématiques. Dans ce contexte, la présente étude a cherché à fournir des indications sur le rôle des neurosciences cognitives aux enseignants et aux écoles dans la lutte contre la stigmatisation selon laquelle l'apprentissage des mathématiques est complexe. Ainsi, le travail procède d'une revue bibliographique, à partir d'ouvrages, d'articles, des dissertations, de thèses, entre autres ouvrages déjà publiés. Ces matériaux ont été étudiés et sélectionnés sur la base de sources fiables et de référence, garantissant la véracité de cette étude. Lors de l'analyse des matériaux collectés, il a été possible de connaître le fonctionnement cérébral et l'importance des neurosciences pour la pratique pédagogique. Par conséquent, il a été discuté de la manière dont le cerveau humain apprend et réagit aux stimuli, ainsi que des avantages que l'étude de cette science apporte à l'éducation, en particulier aux cours de mathématiques. Comprendre comment chaque élève se sent dans l'acte d'apprendre est essentiel pour que l'enseignant offre des moments significatifs à l'élève. Par conséquent, il est devenu évident que le professeur, basé sur les études de neurosciences, est prêt à comprendre qu'il n'y a personne incapable d'apprendre et d'enrichir ainsi sa praxis.

**Mots-clé:** Apprentissage. Math. Neurosciences.

## 1 INTRODUÇÃO

A educação brasileira vem enfrentando há anos dificuldades relacionada ao desempenho dos alunos. De acordo com o Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (INEP, 2019) “68,1% dos estudantes brasileiros, com 15 anos de idade, não possuem nível básico de Matemática, considerado como o mínimo para o exercício pleno da cidadania”. Referindo-se a essa disciplina, é de grande relevância estudar quais as consequências geradas por esse baixo desempenho para os educandos e para sociedade.

Sendo a matemática uma ciência tão presente no contexto educacional, econômico e

social, não só no Brasil, mas no mundo, fica clara a necessidade de entender os motivos que acarretam esse índice. Diante disso, é imprescindível que o professor questione sua prática pedagógica, entenda como esse aluno aprende e busque por novas estratégias de aprendizagem para sala de aula. Ante o exposto, questiona-se: como o educador pode enriquecer o processo de ensino, usando as contribuições da Neurociência?

Nessa perspectiva, um novo conceito vem surgindo através das descobertas da neurociência que é um grande desafio do século XXI, desvendar como o sujeito pensa, como dialoga e como adquirir autonomia no processo de aprender. Conhecer o funcionamento cerebral é peça fundamental na busca por entender os processos cognitivos do aluno e garantir uma aprendizagem significativa.

Para isso, é preciso estudar os possíveis fatores que desencadeiam o baixo índice na disciplina de matemática. Nesse sentido, o objetivo desta investigação é oferecer indicações do papel da neurociência cognitiva ao professor e a escola para combater o estigma de que aprender matemática é complexo. Essa abordagem se desenvolverá com bases cognitivas e neurais de como ocorre o processo de aprendizagem do ser humano.

A fim de analisar quais são as dificuldades em matemática, bem como, observar as causas do problema e compreender o papel da neurociência no contexto escolar, o presente trabalho prosseguiu com a pesquisa bibliográfica, a partir de livros, artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertação de mestrado, teses de doutorado, entre outras publicações que fundamentam o trabalho.

O primeiro capítulo apresenta um breve histórico da neurociência, abordando o processo histórico do funcionamento cerebral, esclarecendo como ocorre a aprendizagem no cérebro. A relação entre neurociência e educação ilustra a importância de conhecer o educando como sujeito neuropsicossocial. O segundo capítulo traz um panorama do ensino de matemática durante os anos, bem como, as metodologias utilizadas e as consequências geradas por essa disciplina. Concluindo o trabalho, o último capítulo faz a ligação entre a neurociência e a matemática, evidenciando as contribuições que ela oferece para o educador, não só no ensino de matemática, mas em todo processo de ensino-aprendizagem.

## **2 UM BREVE HISTÓRICO DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E SUA CONEXÃO COM A EDUCAÇÃO**

## 2.1 Processo histórico sobre o funcionamento cerebral

Antes mesmo de falar sobre o processo de aquisição da aprendizagem, é preciso, primeiramente, compreender como ocorre o funcionamento cerebral. Para isso, é imprescindível estudar o processo histórico do cérebro. Gall e Spurzheim (apud GAZZANIGA, IVRY, MANGUN, 2006) afirmavam que o cérebro era organizado por 35 funções específicas, estas então variavam entre funções básicas cognitivas e as capacidades momentâneas, entendia-se que essas, eram mantidas em regiões específicas do cérebro.

Gall e Spurzheim (apud GAZZANIGA, IVRY, MANGUN, 2006, p. 21) ainda afirmavam que “se uma pessoa usava uma das faculdades com mais frequência que as outras, a parte do cérebro que representava esta função devia crescer”. Ele e seus colaboradores, realizaram uma análise completa da anatomia do crânio, acreditando que assim descreveriam a personalidade de uma pessoa. Esta “ciência” que estudava as relações entre o caráter de uma pessoa e a morfologia do crânio, ficou conhecida como frenologia, que mais tarde viria a ser descartada pela comunidade científica, porém, não deixou de ser relevante para a época.

Logo quando as ideias relacionadas à frenologia foram contestadas pela comunidade científica, surgiram outros pesquisadores questionando a visão de Gall. Um deles foi Pierre Flourens (1794-1867). Para Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006, p. 21), Flourens, partindo do estudo com animais, descobriu que lesões causadas “em áreas particulares do cérebro não causavam certos déficits duradouros de comportamento”.

Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006) discorrem sobre como se deu a organização topográfica no córtex cerebral. Os autores citam que John Hughlings Jackson (1835-1911) passou a examinar o comportamento de pessoas com lesão cerebral, e observando pacientes epiléticos em crise convulsiva, constatou que havia uma característica em comum entre os pacientes durante uma convulsão, ou seja, um estímulo em um ponto correspondente do corpo no cérebro. Foi assim que ele propôs, uma organização topográfica no córtex cerebral.

Foi, então, que em 1861 Paul Broca (1824-1880) veio contribuir com as suas descobertas a respeito da localização das funções cerebrais. Segundo Mourão Júnior, Oliveira e Faria (2017, p. 12-13), Broca descreve o caso de um de seus pacientes que entendia o que lhe era falado, entretanto, não falava

Esse paciente não apresentava qualquer problema motor convencional em sua língua, boca ou cordas vocais passível de interferir com sua fala. Era capaz de enunciar palavras isoladas e de cantar uma melodia sem dificuldade, mas não

conseguia falar gramaticalmente ou em frases completas, nem conseguia expressar seus pensamentos por escrito [...]

De acordo com Kandel, Schwartz e Jessell (1997 apud MOURÃO JÚNIOR, OLIVEIRA, FARIA, 2017), atualmente esta região do lobo frontal esquerdo é chamada de área de Broca, e baseado em outras observações de casos parecidos, concluiu-se que a área de Broca é a parte do cérebro humano responsável pela expressão da linguagem.

Conforme Mourão Júnior, Oliveira e Faria (2017), Gustav Fritsch (1838-1927) e Eduard Hitzig (1838-1907) realizaram uma grande descoberta ao analisar o cérebro de um cão, os cientistas perceberam que a estimulação elétrica em determinadas regiões do cérebro do animal resultava em movimentos característicos dos membros.

Com essa descoberta, vários estudos foram realizados. Kandel, Schwartz e Jessell (1997 apud MOURÃO JÚNIOR, OLIVEIRA, FARIA, 2017) afirmam que a mão direita, utilizada na escrita e para outros movimentos com mais habilidade, é controlada pelo hemisfério esquerdo, que também comanda a fala e na maioria das pessoas é considerado como dominante, ou seja, realiza funções relacionadas as questões lógicas; já o hemisfério direito fica responsável pela parte criativa. Vale ressaltar que nos canhotos essas funções são invertidas.

Além de Paul Broca, Carl Wernicke (1848-1905), também se interessou pelos estudos relacionados a lesões vasculares encefálicas. Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006) referem que em 1876, Wernicke apresentou um caso de uma vítima de acidente vascular cerebral, que não tinha tido a expressão motora da fala totalmente comprometida como a vítima de Broca, porém o que era falado não fazia nenhum sentido.

Todas as descobertas ao longo do tempo foram de extrema importância para a compreensão do funcionamento cerebral. No entanto, Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006) declaram que a grande revolução, ocorreu através de dois neuroanatomistas, Golgi (1843-1926) e Cajal (1852-1934). Através das pesquisas de Golgi, que havia desenvolvido uma coloração que impregnava neurônios individuais com prata, permitindo a visualização completa de um só neurônio, Cajal descobriu que os neurônios eram de natureza unitária. Cajal, então, foi o pioneiro não só dessa informação, mas também o primeiro a identificar a transmissão de informação elétrica, que ocorre dos dendritos para a extremidade do axônio.

De acordo com Tabacow (2006), dendritos são partes de um neurônio que recebem as informações; já o axônio é a parte responsável pela distribuição. Os dendritos costumam ser mais curtos e estão presentes em maior quantidade no neurônio, os axônios, são mais longos e

somente um está presente no neurônio.

Ao longo dos anos, outras teorias foram ganhando força e contribuindo para o entendimento do cérebro humano. Com o advento da tecnologia ficou mais fácil estudar o funcionamento cerebral. Mourão Júnior, Oliveira e Faria (2017, p. 14) afirmam que “os avanços tecnológicos permitem várias maneiras de obter informações detalhadas sobre a estrutura e o funcionamento do cérebro”.

Os estudos que foram realizados desde o século XIX, iniciado por Franz Joseph Gall, resultaram em grandes pesquisas em torno de como o cérebro funciona. Devido a todas as descobertas feitas ao longo dos anos e os avanços tecnológicos, hoje existe a possibilidade de uma compreensão mais abrangente de como ocorre a aprendizagem, tendo em vista o funcionamento cerebral e assim trazer diversas contribuições para a área da educação.

## 2.2 Como ocorre a aprendizagem no cérebro

Como já observado, para entender o funcionamento do cérebro, foi preciso anos de estudos. Cruz (2016) afirma que o encéfalo é o órgão responsável pela aprendizagem, sendo ele composto por aproximadamente 86 bilhões de neurônios, células nervosas que interagem entre si e com outras células. Essas células, formam redes neurais que iniciam à aprendizagem.

Cosenza e Guerra (2011) referem que o funcionamento do cérebro, acontece por meio de circuitos nervosos, constituídos por neurônios. Esses neurônios processam e transmitem a informação por meio de impulsos nervosos, que possuem uma natureza elétrica, pois são constituídos por alterações na polaridade elétrica da membrana que envolve as células.

Para Tabacow (2006, p. 79), “os neurônios são células cerebrais responsáveis pela construção do conhecimento”, para chegar a esta finalidade, é preciso que os axônios transmitam uma mensagem aos dendritos, isto ocorre quando dois ou mais neurônios “conversam” entre si, pois as informações de um deles seguem pelo seu axônio e caminham diretamente ao dendrito de outros.

Um neurônio pode disparar impulsos seguidamente, dezenas de vezes por segundo. Mas a informação, para ser transmitida para uma outra célula, depende de uma estrutura que ocorre geralmente nas porções finais do prolongamento neuronal que leva o nome de **axônio**. Esses locais, onde ocorre a passagem da informação entre as células, são denominados **sinapses**, e a comunicação feita pela liberação de uma substância química, um **neurotransmissor** (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 13, grifo do autor).

Portanto, vê-se que as sinapses têm uma grande importância no processo de aprendizagem. Cosenza e Guerra (2011, p. 38) afirmam que “a aprendizagem é uma consequência de uma facilitação da passagem da informação ao longo das sinapses”, ou seja, conforme as sinapses determinam quais informações passam para o sistema nervoso, mecanismos bioquímicos liberam vários neurotransmissores para construir uma ligação sináptica, e assim ocorre a aprendizagem

De acordo com Cruz (2016, p. 5), neurotransmissores “são substâncias químicas que modulam a atividade celular, acentuando ou inibindo a comunicação entre os neurônios”, ou seja, os neurotransmissores são responsáveis pelos estímulos que fazem com que o cérebro aprenda. Azevedo (2014), menciona que os neurotransmissores são compostos e estruturados por três categorias: aminas, aminoácidos e purinas, constando então que boa parte destas composições está ligada ao processo de construção da aprendizagem, o autor completa citando alguns neurotransmissores e explica suas funções na aprendizagem. A acetilcolina está relacionada às funções cognitivas, como, atenção, memória e o aprendizado; a serotonina provoca alterações no humor, na agressividade e ansiedade; a dopamina controla funções motoras em diversas áreas do encéfalo. Tendo em vista todas essas funções presentes na construção da aprendizagem, é evidente que a aprendizagem não está restrita a adquirir informações, sua construção depende de um processo interno e externo que envolve diversos fatores e funções.

Ao longo do estudo sobre como a aprendizagem acontece no cérebro, destacou-se o grande processo realizado para os estímulos recebidos transformarem-se em informações, capazes de formar a aprendizagem do ser humano. Portanto, para finalizar o entendimento desse fenômeno, é essencial o conhecimento sobre a capacidade que o cérebro tem de se adaptar a novos estímulos. Esta capacidade adaptativa do cérebro é conhecida como plasticidade cerebral.

Devido à plasticidade cerebral, o cérebro humano tem a capacidade de readaptar-se as novas situações, transformando a aprendizagem em algo mutável, em outras palavras, o cérebro muda conforme novas experiências e estímulos, sendo o ser humano capaz de aprender constantemente. Depois de entender como o ser humano adquire seus conhecimentos, é inevitável não retratar a questão da aprendizagem dentro do âmbito escolar, e quando o assunto é aprendizagem, o foco está diretamente ligado aos processos neurais citados anteriormente. Portanto, para entender melhor todo esse processo, é importante destacar a neurociência

cognitiva e sua relevância para educação.

### 2.3 Neurociência cognitiva na educação

A neurociência é a ciência responsável pelo estudo do sistema nervoso central. Quanto a neurociência cognitiva, foco deste texto, Relvas (2015, p. 24) esclarece que essa área “atua nos estudos do pensamento, da aprendizagem, da memória, do planejamento, do uso da linguagem, e das diferenças entre memória para eventos específicos e para execução de habilidades motoras”. Esse estudo auxilia muitíssimo no ambiente pedagógico, pois não compreende somente como o sujeito adquire conhecimento, evidencia como o cérebro processa as informações e como as transforma em saber.

Uma das grandes inquietações dos educadores, têm sido o questionamento de como enriquecer a prática pedagógica acerca de uma aprendizagem significativa. Segundo Guerra (2011), para que a aprendizagem ocorra, é preciso várias funções mentais, como a atenção, a memória, a percepção, as emoções, entre outras.

Para tanto, é fundamental a compreensão do funcionamento e desenvolvimento do processo de aprendizagem do ponto de vista neurobiológico. Silva (2016, p. 17-18) cita que “Neurobiologicamente pode-se dizer que aprendizagem ocorre quando a uma ativação de uma área cortical determinada por um estímulo [...]”. Por isso, a relevância de conhecer o aluno como um ser biológico. É nesse momento que a neurociência cognitiva passa a ser uma grande aliada da educação, uma vez que oferece para o professor subsídios para que possa entender o que acontece com o seu aluno durante a aula, como seu sistema nervoso reage a determinadas estratégias e métodos.

Compreender a neurociência cognitiva é um dos fatores que mais colaboram para o avanço do entendimento do processo de aquisição da aprendizagem. Dentre os aspectos que ela abrange dentro da educação, está a atenção e a memória, dois fatores fundamentais para que a aprendizagem ocorra.

Segundo Costa e Maia (2017, p. 47), “a atenção é a capacidade de selecionar e manter controle sobre a entrada de informações externas necessárias em um dado momento para a realização de um processo mental”. Na aprendizagem, a atenção é uma importante função mental, permitindo a seleção de estímulos mais significativos, entre tantos outros. A dificuldade

encontrada em prestar atenção por um longo período de tempo, cresce ainda mais, quando as informações abordadas não tem relação com as experiências vividas pelos educandos, por isso a importância da aprendizagem contextualizada (GUERRA, 2011).

Quando o assunto é a atenção em sala de aula, é importante conhecer um pouco da biologia cerebral do aluno, e entender as causas que auxiliam na atenção ou causam a desatenção. Como já discutido, existem algumas substâncias químicas que acentuam ou inibem a aprendizagem, estas substâncias conhecidas por neurotransmissores, quando estudadas, podem transformar o olhar do educador. Acetilcolina, dopamina e noradrenalina são exemplos de neurotransmissores que estão relacionados à atenção. A liberação de noradrenalina é uma grande facilitadora da atenção; já níveis baixos de dopamina podem ajudar no transtorno de déficit de atenção (AZEVEDO, 2014).

Outro aspecto fundamental na construção da aprendizagem, é a memória. Para Guerra (2011), a memória é peça fundamental para a aprendizagem, sendo assim, as técnicas utilizadas pelos educadores devem conter diversos recursos, para garantir a ativação de várias redes neurais que serão associadas entre si.

Azevedo (2014, p. 31) afirma que “A memória está presente em todas as funções do cérebro humano. A aprendizagem trata-se do primeiro estágio da memória, ou seja, é a fase da aquisição de informações a serem memorizadas”. Memórias são registros, informações que chegam até o cérebro e precisam ser armazenadas.

Sabe-se que a memória é essencial para vida humana, dentro do âmbito escolar, essa habilidade torna-se primordial na construção do saber. Considerando ainda o aluno como ser biológico, torna-se interessante, assim como no tópico atenção, conhecer as substâncias que melhoram ou dificultam a memória. A liberação equilibrada de dopamina pode contribuir na memória; a noradrenalina é importante nos processos de memória de longo prazo; o glutamato também atua no processo de aquisição da memória; a acetilcolina, por sua vez, se for bloqueada, cria um déficit na aprendizagem e na memória (AZEVEDO, 2014).

Conforme observado, a memória não se estabiliza de uma hora para outra, logo, o que é aprendido demanda tempo para se transformar em conhecimento. Guerra (2011) reafirma que o ser humano preserva o que é importante no dia a dia, esquece o que não apresenta significado, por isso, a importância da aprendizagem em espiral, em outras palavras, rever conteúdos e experiências já vivenciadas.

Esta aprendizagem que revive experiências e aproxima o contexto escolar a realidade do aluno, é a aprendizagem que tem significado, que transpõe o ato de estudar conteúdos e entender conceitos. O docente que se preocupa com a contextualização de sua aula está realmente interessado na formação do aluno.

No decorrer desta pesquisa, evidenciou-se a importância de conhecer o educando e sua biologia cerebral, além da atenção e a memória, há muitas outras questões que implicam na construção da aprendizagem, emoções, percepções, linguagem e inteligência, são assuntos abordados pela neurociência cognitiva que amparam os estudos relacionados a aprendizagem.

O diálogo entre neurociência e educação, proporciona ao educador estratégias no processo de ensinar, traz uma nova visão sobre a qualidade do ensino diante de recursos pedagógicos que favorecem a aprendizagem. Promover os estímulos corretos, é fundamental para que o aluno possa associar e entender o que lhe foi proposto, sendo esses estímulos transformados em uma aprendizagem significativa, se forem aplicados corretamente no dia a dia do educando (RELVAS, 2012).

### **3 O ENSINO DA MATEMÁTICA DURANTE OS ANOS**

#### **3.1 Metodologias utilizadas**

Está se tornando cada vez mais difícil ignorar o fato de que o educador contemporâneo necessita inovar sua prática e buscar por novas metodologias acerca de uma aprendizagem que apresente significado para o aluno. Tratando-se da disciplina de matemática, é importante questionar como o educador exerce seu ofício e quais as metodologias utilizadas. Mas antes de questionar a prática atual dos educadores a respeito dessa disciplina, é necessário entender como o ensino de matemática se estabeleceu ao longo dos anos.

Ao retratar o processo histórico da matemática, Rosa Neto (1987, p. 8), afirma que ela foi desenvolvida em função das necessidades sociais dos homens. O autor fala sobre o primeiro período que o homem precisou usar a matemática; durante o Paleolítico inferior, ele utilizou-se “apenas das noções de *mais-menos*, *maior-menor* e algumas *formas* no lascamento de pedras e na confecção de porretes”. No Paleolítico superior, foi preciso o uso de mais números e figuras, surgindo assim os desenhos geométricos e a pictografia.

Seguindo a construção social dessa ciência, é possível observar que foi a partir do Neolítico que o homem teve domínio sobre a natureza, pois foi nesse momento que começou a surgir a agricultura e a pecuária, liberando o homem das práticas de caça e coleta. O autor ainda cita o Período Histórico, ressaltando que em razão da divisão da sociedade em classes e a criação de medidas para se regular posses e cobrar impostos, foi possível a criação dos números fracionários, possibilitando o desenvolvimento da matemática.

A matemática então começou a ser aprofundada pelos pensadores gregos que por desprezarem o trabalho, passaram a dedicar-se mais as abstrações, enfatizando a Geometria. No início da Idade Média, os árabes desenvolveram o sistema de numeração arábico e a álgebra, que ajudou no entendimento tanto daquela época, quanto nos dias de hoje, além de também desenvolver métodos que facilitaram a resolução de equações (ROSA NETO, 1987).

As descobertas que foram realizadas ao longo do tempo, consolidaram o que se conhece desta disciplina. Quando se conhece esse processo, fica claro o quão importante a matemática foi e ainda é para vida humana.

a matemática está presente na vida de todos nós e é considerada componente importante para a convivência em sociedade. Em nosso dia a dia fazemos contas, utilizamos números, raciocínios lógicos e operações matemáticas no mercado, na padaria, no banco. É importante preparar, os alunos para sua inserção nesse mundo e a alfabetização matemática é um dos principais passos para isso, sendo considerada importante desde os anos iniciais (LIRA, 2016, p. 4).

Pela observação desses aspectos, é imprescindível conhecer como os professores ensinam essa disciplina que se faz tão presente na vida das pessoas, dentro e fora do ambiente escolar. Corso e Pietrobon (2012), discorrem sobre alguns caminhos que os docentes seguem para ensinar matemática. O primeiro recurso utilizado é a resolução de problemas, que tem como objetivo fazer com que o aluno realize várias tentativas, formule novas formas de resolução de um mesmo problema; a resolução de problemas, ainda proporciona aprender conceitos, procedimentos e atitudes matemáticas.

A modelagem matemática é conhecida como uma metodologia bastante utilizada pelos professores como uma tentativa de aproximar os conceitos ensinados em sala de aula e sua utilização no cotidiano. Segundo D`Ambrosio (1989, p. 3), “através da modelagem matemática o aluno se torna mais consciente da utilidade da matemática para resolver e analisar problemas do dia-a-dia”.

Cândido (2001 apud CORSO; PIETROBON, 2012) retrata que a utilização de recursos

diferentes traz para aprendizagem significado, sendo assim o uso de recursos como a oralidade, desenho, escrita e a leitura nas aulas de matemática ajudam na expressão do que foi aprendido pela criança, o que melhora também a comunicação entre professor e aluno. Quando há uma boa comunicação entre ambas as partes, o processo de ensino-aprendizagem ocorre com mais facilidade, gerando um resultado positivo tanto para o professor, quanto para o aluno.

Outro recurso utilizado nesta questão, é o lúdico, e neste sentido, Corso e Pietrobon (2012) trazem os jogos e brincadeiras, que segundo as autoras, são estratégias que podem ser planejadas para desenvolver conceitos matemáticos. De acordo com Lira (2016), trabalhar com jogos didáticos e brincadeiras, transpõe a ideia do lúdico, utilizar essa metodologia, promove o envolvimento dos alunos e os motiva a interagir com o que está sendo apresentado, por esse motivo, o educador precisa fazer uma grande reflexão para o bom uso dessas estratégias.

Embora jogos e brincadeiras, sejam recursos visivelmente mais interessantes, vale destacar a presença dos conceitos teóricos na aprendizagem. Conhecer as abordagens teóricas da disciplina é importante para aliar a teoria à prática, não é possível construir algo sem embasamento teórico. No entanto, o docente não pode expor um conteúdo com a intenção de cumprir um cronograma ou simplesmente transmitir uma informação ao educando, é fundamental que ao tratar de um determinado assunto em sala de aula, o professor mostre aos alunos sua finalidade para vida.

Tendo em vista as diferentes metodologias de ensino, deve-se entender qual a melhor estratégia a ser aplicada em determinada aula e a cada aluno. Respeitar as especificidades e não submeter uma classe de 30 alunos a aprender da mesma maneira, contribui muito no despertar do aluno em relação a importância que a disciplina de matemática desempenha na sociedade.

Pela observação desses aspectos, é possível constatar que ensinar matemática ultrapassa saber conceitos e dominar o conteúdo, para conseguir ensinar aos alunos a importância da disciplina, é necessário demonstrar que muito mais que resolver problemas, ela está diretamente ligada às ações humanas no cotidiano.

### **3.2 Consequências geradas pela disciplina de matemática**

A disciplina de matemática tem se destacado quanto ao mau desempenho dos alunos. De acordo com o Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA, 2018) a média

em matemática está entre as menores dos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Levando em consideração esse cenário e destacando sua relevância para sociedade, entende-se a urgência de entender os motivos pelo qual os alunos apresentam um índice tão baixo. Para isso é importante buscar compreender quais as dificuldades encontradas pelos alunos e suas consequências.

Pacheco e Andreis (2017, p. 106) mencionam que “as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem da Matemática são muitas, tanto por parte dos alunos quanto por parte dos professores”, logo, a necessidade de entender estas dificuldades. Conforme Fragoso (2001 apud MENDES; CARMO, 2014), as dificuldades nem sempre estão relacionadas a complexidade da disciplina, podem estar ligadas a causas emocionais descendente de processos inadequados em sala de aula.

Goulart et al. (2018) discorrem sobre alguns fatores que influenciam negativamente na aprendizagem dos alunos, pondo em destaque os fatores extraescolares e os intraescolares. Como primeiro fator, está o meio social, um fator externo que reúne outros itens, como: má alimentação, maus tratos, falta de cuidados médicos; ocasionando a baixa autoestima do aluno, que interfere diretamente no desempenho escolar.

É impossível esperar que o aluno apresente bom desempenho sem o mínimo para sua sobrevivência, sem confiança em si. Por isso, é importante estudar o que está por trás das dificuldades encontradas. Nem sempre a dificuldade vista em sala de aula, é sobre a sala de aula em si, muitas vezes a raiz do problema ultrapassa os muros da escola.

Considerando ainda os fatores extraescolares, o contexto familiar também é considerado um influenciador, tanto positivo como negativo. A família desempenha um papel essencial na vida do aluno, a participação dos responsáveis no contexto escolar é uma importante aliada a educação.

De acordo com Tatto e Scapin (2004 apud PACHECO, ANDREIS, 2017), se uma criança ouve no ambiente familiar que a matemática é difícil e que não gostam dela, essa informação gera uma experiência negativa, que a mesma levará para escola e conseqüentemente influenciará em sua aprendizagem, podendo ocasionar desempenho baixo e desmotivação para aprender.

Além dos fatores externos, as dificuldades dos alunos, podem estar ligadas também a fatores intraescolares. Para Goulart et al. (2018), sendo o professor peça fundamental no

processo de ensino-aprendizagem, é importante que o mesmo ajude a desenvolver o interesse pela disciplina, fazendo com que o aluno entenda que esta ciência não é algo pronto, imóvel e desligado da realidade, mas sim um conhecimento que precisa de raciocínio, criatividade e pensamento crítico. Goulart et al. (2018), ainda mencionam a responsabilidade do próprio aluno relacionado as dificuldades encontradas. Neste sentido, os autores citam o alto índice de faltas, a falta de interesse pela disciplina, e a má relação entre professor e aluno.

Quando o docente consegue cativar seus alunos e despertar o interesse, essas questões relacionadas às dificuldades diminui, uma vez que, ao garantir um ambiente favorável, motivador e com um bom relacionamento, dificilmente o desinteresse, a indisciplina e as faltas ocorrerão. Por outro lado, a má relação, além de ocasionar os aspectos citados, pode ainda desencadear no aluno, medo, ansiedade, insegurança, entre outros fatores.

Outro fator que reproduz esse sentimento no âmbito escolar com relação a disciplina de matemática, é o meio cultural. Não dá para negar que o medo da matemática é algo que existe há anos, ou seja, um problema construído culturalmente.

Este sentimento cultural, correlacionado a disciplina em questão, é conhecido como ansiedade à matemática. A ansiedade à matemática é compreendida como um sentimento ruim que influencia a aprendizagem, com base nos mitos que envolvem essa disciplina, o aluno cria em si um medo que interfere no seu desempenho.

Carmo (2011 apud MENDES; CARMO, 2014) descreve à matemática como um conjunto de reações comportamentais, mentais, cognitivas e fisiológicas. Essas reações manifestam-se geralmente quando há a necessidade de aplicar conhecimentos matemáticos. Mendes e Carmo (2014, p. 1369) revelam que essa ansiedade e as dificuldades de aprendizagem podem estar conectadas, para eles “as raízes desses dois fenômenos podem estar relacionadas com as experiências vividas, principalmente, em sala de aula”. Entretanto, como observado ao longo deste estudo, as dificuldades encontradas pelos estudantes são variadas, e os sentimentos atribuídos a eles devem e precisam ser estudados e aprofundados.

De acordo com Imenes (1990), para a maioria das pessoas a experiência matemática foi frustrante, entre as razões destaca-se a ideia de que as aulas não obtinham significado, eram sem contexto, os professores eram autoritários e os conceitos incompreensíveis.

Em razão dessas dificuldades, certos estigmas são construídos. Ideias relacionada a complexidade dessa disciplina, geram mitos como: aprender matemática é difícil, para aprender

essa disciplina é necessário dom, que naturalmente existem pessoas boas em matemática e outras não, nem todos são capazes de aprender, entre outros.

Boaler (2015 apud VALLE, 2019) fala que muitas crianças e jovens confiam nesta ideia de que a matemática não é para todos ou que existem aqueles que nunca irão aprender. A autora afirma que essas concepções tem influência negativa no processo de aprendizagem desses alunos. Por isso, a urgência de desmistificar essas ideias e fornecer subsídios aos professores no contexto escolar.

Levando em consideração que, o estudante apresenta grande dificuldade em aprender matemática, a qual está presente em seu cotidiano e irá acompanhá-lo durante toda sua vida, este trabalho demonstra a importância do seu entendimento bem como da sua prática. É nesse momento que a neurociência passa a colaborar como uma possibilidade para entender melhor esse aluno e oferecer novas situações de aprendizagens a ele.

## **4 NEUROCIÊNCIA E MATEMÁTICA**

### **4.1 Contribuições da neurociência na aprendizagem matemática**

Após entender o estigma criado entorno da disciplina de matemática e as complicações ocasionadas no processo de aprendizagem, é compreensível que os educadores se preocupem com o aprimoramento de suas aulas, que busquem técnicas/estratégias para melhor atender este aluno, garantindo sua formação integral, como previsto no Art. 2º da LDB (Lei de Diretrizes e Bases, 1996), no qual retrata que “a educação [...] tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”.

Aprender matemática tornou-se um problema decorrente das crenças construídas pela sociedade. De acordo com Valle (2019, p. 24) pesquisas realizadas por Boaler e Dweck, apontam que “essa ideia de que saber matemática é um dom, tem um impacto negativo no processo de aprendizagem da disciplina, pois leva os estudantes a desenvolverem crenças fixas acerca de seu potencial de aprendizagem e inteligência”, ou seja, esses mesmos estudantes duvidam de suas capacidades, acreditando na falsa ideia de que tais habilidades são inerentes ao ser humano e não adquiridas.

É impossível falar de neurociência da aprendizagem sem falar das potencialidades do

ser humano. Desse modo, vale salientar um fator importante já discutido no perpassar deste trabalho, relacionado a capacidade que o ser humano tem em se adaptar e assimilar novos conhecimentos, e que invalida o julgamento errôneo de que para aprender matemática é necessário algum dom ou facilidade para áreas exatas, isto é, a plasticidade cerebral.

Como visto, a plasticidade cerebral é a responsável por garantir que o ser humano nunca deixe de aprender, é em razão das capacidades adaptativas do Sistema Nervoso Central (SNC), que as crianças, adolescentes e até adultos, superam seus limites cognitivos. Tratando-se dessa abordagem, é importante destacar os estudos de Lev Vygotsky (1896-1934), psicólogo que desenvolveu o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), contribuindo no entendimento de como a criança atinge suas potencialidades, ou seja, novas conexões neurais.

Para Vygotsky (apud ZANELLA 1994), há dois níveis envolvidos no desenvolvimento humano, o nível de desenvolvimento real e o potencial; o primeiro nível está associado a capacidade que a criança tem em resolver algo sozinha, um exercício por exemplo, essa etapa ilustra as funções psicológicas já estruturadas até aquele momento; já o nível de desenvolvimento potencial, pertence às atividades que aquela criança ainda não consegue realizar sozinha, porém com a ajuda de alguém que oriente adequadamente (adulto, professor), logo conseguirá resolver.

Em suma, a ZDP esclarece que assim como a plasticidade cerebral, o ser humano é capaz de desenvolver cada vez mais suas potencialidades, seja com auxílio de um mediador como no conceito de Vygotsky, ou por meio de estímulos como na plasticidade cerebral. Em vista disso, é de grande significado conhecer esses conceitos e teorias, pois são eles que legitimam a ideia que todas as pessoas são capazes de aprender cada vez mais.

De acordo com Pizyblski, Santos e Pinheiro (2009), os estudos da neurociência e sua relação com a matemática vêm auxiliando as novas práticas pedagógicas, porque ao conhecer o cérebro e seu funcionamento pode-se entender como ocorre a aprendizagem matemática e como ela é representada neurologicamente.

A aprendizagem humana é um processo complexo que não se restringe a aspectos cognitivos. De acordo com Maia (2017), todo ser humano nasce com a capacidade de aprender que é desenvolvida durante a vida, porém o ato de aprender apresenta diversos elementos, sendo eles pedagógicos, emocionais, culturais e biológicos.

Abordando a aprendizagem matemática e suas dificuldades geradas pelos estigmas de

que “aprender matemática é difícil”, “para entender matemática precisa de dom”, “só alguns conseguem compreender matemática”, com toda certeza são necessárias intervenções pedagógicas, para isso o educador interessado em garantir qualidade na aprendizagem do aluno deverá equipar-se de técnicas/estratégias pedagógicas, além de claro, compreender como ocorre a aprendizagem daquele aluno. Não basta entender o funcionamento cerebral, é preciso entender como cada aluno aprende, pois como afirma Relvas (2012) se existem variadas formas de se aprender, existem formas diferentes de se ensinar.

Ainda segundo a autora (2012, p. 54-55), o papel do professor diante desse estudante é propor desafios, promover a reflexão e permitir o diálogo entre emoções e afetos, pois as aulas emolduradas pela emoção têm significado para a vida e jamais serão esquecidas. Quando as conexões afetivas e emocionais ocorrem, elas controlam as emoções, as funções de aprendizado e da memória. A autora ainda explica que essas conexões, devem ser preservadas:

[...] pois são centelhas energéticas que provocam a liberação das substâncias naturais, os mensageiros químicos conhecidos por serotonina e dopamina, pois estão relacionados à satisfação, ao prazer e ao humor. Já o estresse em sala de aula provoca outra liberação de adrenalina e cortisol, substâncias que agem como bloqueadores da aprendizagem e que alteram a fisiologia do neurônio, interrompendo as transmissões das informações das sinapses nervosas.

Oliveira (2014, p. 15) afirma que quando o educador elabora ações educativas apoiado na neurociência, dispõe de “ferramentas capazes de analisar o percurso da aprendizagem para que se alcance o potencial individual de desenvolvimento e aprendizagem”. Dessa maneira, compreender o que acontece com o educando no momento da aprendizagem, além de colher informações sobre os processos fundamentais e o funcionamento cerebral, certamente é o melhor caminho para que o docente entenda seu aluno e melhore sua práxis em sala de aula.

Miguel (2018) comenta que os estudos da neurociência demonstram que qualquer pessoa é capaz de aprender matemática de forma fácil e prazerosa, mesmo aqueles conteúdos que apresentam maior complexidade, pois, a plasticidade cerebral comprova que o cérebro cresce e se modifica de acordo com a jornada da aprendizagem. Nesse caso, Boaler (apud VALLE, 2019) declara que durante o desenvolvimento do ser humano é preciso oferecer aprendizagens matemáticas de forma diversa, por meio, do criativo, do visual e de maneira exploratória. Além de utilizar diversas estratégias, o professor precisa encorajar o aluno, garantindo que ele se sinta capaz de aprender.

Partindo desse pressuposto, Carvalho e Novo (2005) expressam que o educador é o

responsável por oferecer um ambiente acolhedor, utilizando-se de sua prática para garantir o respeito às diferenças de seus alunos, assegurando a eles estímulos intelectuais e emocionais. Por isso a importância do educador consciente de seu papel de mediador, que faz a mediação das informações, mas garante que os alunos sejam capazes de construir seus conhecimentos, oferecendo todo suporte necessário. Contudo, para que isso ocorra de fato, é imprescindível que os professores conheçam os estudos da neurociência, uma vez que, são eles que oferecem suporte para a compreensão do processo de ensino-aprendizagem.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho colocou em discussão a existência de alguns estigmas construídos pela sociedade e como eles influenciam no desempenho dos estudantes na disciplina de matemática. Com base nos estudos da neurociência, foi possível entender o funcionamento cerebral, esclarecendo como ocorre a aprendizagem e como cada aluno reage aos estímulos. Além disso, também forneceu ao educador indicações do papel da neurociência para o ensino de matemática.

O estudo da neurociência na prática pedagógica ao longo dos anos trouxe diversas contribuições para o processo de ensino-aprendizagem, demonstrando a necessidade de o professor entender o funcionamento do cérebro e seu desenvolvimento, o que certamente é uma possibilidade para desfazer certos estigmas relacionados ao desempenho nas aulas de matemática. Tendo o aluno um novo caminho para aprender, de maneira que seu interesse seja constantemente estimulado pelas novas formas de aprendizagens que a neurociência aborda, ele certamente encontrará significado no que está sendo estudado.

Para que o estudo de matemática se torne uma realidade menos estigmatizada no contexto escolar, as práticas pedagógicas devem ser pensadas e desenvolvidas, visando atender as necessidades do aluno com dificuldades em apreender o conteúdo específico da disciplina.

À vista disso, a referida pesquisa buscou conhecer os aspectos estudados pela neurociência e sua relação com a educação, a fim de entender melhor os processos mentais e cognitivos que influenciam nas práticas de sala de aula, especificamente nas aulas de matemática, entendendo que os aspectos relacionados são relevantes para promover a aprendizagem. Desse modo, foi possível perceber que as intervenções realizadas pelos

educadores centrada nos processos cognitivos podem garantir ganhos significativos, tanto para aprendizagem, quanto para a vida do educando. Apesar de ser uma ciência nova, é possível afirmar o quanto conhecer o funcionamento cerebral contribui para a educação.

Dessa forma, com base nos aspectos mencionados, constatou-se que enquanto o profissional da educação mantiver um olhar voltado para o público que não consegue apresentar um alto desempenho, muitas vezes, designado por estigmas relacionados a matemática, a neurociência sozinha não será capaz de solucionar o problema em questão. Em contrapartida, o professor que tem sua prática fundamentada nos estudos da neurociência, é capaz de entender que não existe ninguém incapaz de aprender, mas sim, alguém disposto a aprender de diferentes maneiras.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, T. C. Q. **A importância, função e a intervenção dos neurotransmissores no processo ensino-aprendizagem em alunos da educação infantil**. 2014. 42 f. Monografia (Pós Graduação) - AVM Faculdade Integrada, Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: [http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/T208775.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/T208775.pdf). Acesso em: 23 mar. 2020.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **LDB – Lei nº 9394/96**, 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394\\_ldbn1.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf). Acesso em: 20 jun. 2020.

CARVALHO, F. A. H.; NOVO, M. S. Aprender como aprender: otimização da aprendizagem. **Momento: diálogos em Educação**, Rio Grande, v. 17, n. 1, p. 45-55, 2005. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/momento/article/view/618>. Acesso em: 10 jul. 2020.

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

CORSO, A. M.; PIETROBON, S.R.G. As situações-problemas no ensino da matemática. *In*: CORSO, A. M.; PIETROBON. **Teoria e metodologia do ensino da matemática**. Paraná: Unicentro, 2012. Disponível: <http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/bitstream/123456789/851/5/TEORIA%20E%20METODOLOGIA%20DO%20ENSINO%20DA%20MATEM%C3%81TICA.pdf>. Acesso em: 20 maio 2020.

CRUZ, L. H.C. Bases neuroanatômicas e neurofisiológicas do processo ensino e aprendizagem. *In*: SOUZA, G. G. L. *et al.* **A neurociência e a educação: como nosso cérebro aprende?** Ouro Preto: Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas e Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6744>. Acesso em: 17 fev. 2020.

D'AMBROSIO, B. S. Como ensinar matemática hoje? **Temas e Debates**. Brasília, SBEM. Ano II, n. 2, p. 15-19, 1989. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1953125/mod\\_resource/content/1/%5B1989%5D%20DAMBROSIO%2C%20B%20-%20Como%20Ensinar%20Matem%C3%A1tica%20Hoje.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1953125/mod_resource/content/1/%5B1989%5D%20DAMBROSIO%2C%20B%20-%20Como%20Ensinar%20Matem%C3%A1tica%20Hoje.pdf). Acesso em: 18 out. 2020.

GAZZANIGA, M. S; IVRY, R. B; MANGUN, G. R. Breve história da neurociência cognitiva. In: GAZZANIGA, M. S; IVRY, R. B; MANGUN, G. R. **Neurociência cognitiva: a biologia da mente**. 2. ed. Tradução: Angelica Rosat Consiglio. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 19-40.

GOULART, A.T. *et al.* Dificuldades no aprendizado de matemática: percepção de estudantes de duas escolas públicas de Anita Garibaldi. **Cientefico**, Fortaleza, v. 18, n. 37, 2018.

Disponível em:

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:rN9bwTp2Rw0J:https://revistacientefico.adtalembrasil.com.br/cientefico/article/download/429/352+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 10 maio 2020.

GUERRA, L. B. O diálogo entre a neurociência e a educação: da euforia aos desafios e possibilidades. **Revista Interlocução**, Belo Horizonte, v. 4, 2011. Disponível em: [https://www2.icb.ufmg.br/neuroeduca/arquivo/texto\\_teste.pdf](https://www2.icb.ufmg.br/neuroeduca/arquivo/texto_teste.pdf). Acesso em: 26 out. 2020.

IMENES, L. M. P. Um estudo sobre o fracasso do ensino e da aprendizagem da matemática. **Bolema**, Rio Claro, v. 5, n. 6, 1990. Disponível em:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qQ6TNat4Yn4J:www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/10719/7102+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 30 maio 2020.

LIRA, J. A. Ensinar e aprender matemáticas nas séries iniciais do ensino fundamental. In: IX ENCONTRO PARAIBANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2016, Campina Grande.

**Anais** [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2016. Disponível em:

<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/26426>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MAIA, H. (Org.). **Neurociências e desenvolvimento cognitivo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Wak, 2017.

MÉDIA em matemática está entre as menores do Pisa. **Ministério da Educação**, 2016.

Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/component/content/article/222-](http://portal.mec.gov.br/component/content/article/222-noticias/537011943/42771-media-em-matematica-esta-entre-as-menores-do-pisa)

[noticias/537011943/42771-media-em-matematica-esta-entre-as-menores-do-pisa](http://portal.mec.gov.br/component/content/article/222-noticias/537011943/42771-media-em-matematica-esta-entre-as-menores-do-pisa). Acesso em: 21 set. 2019.

MENDES, A. C.; CARMO, J. S. Atribuições Dadas à Matemática e Ansiedade ante a Matemática: o relato de alguns estudantes do ensino fundamental. **Bolema**, Rio Claro, v. 28, n. 50, p. 1368-1385, dez. 2014. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-636X2014000301368&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-636X2014000301368&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 25 out. 2020.

MIGUEL, L. Uma nova forma de ensinar e aprender matemática. **Cruzeiro do Sul**, Sorocaba, 24 maio 2018. Disponível em: <https://www2.jornalcruzeiro.com.br/materia/889356/uma-nova-forma-de-ensinar-e-aprender-matematica>. Acesso em: 25 mar. 2020.

MOURÃO-JÚNIOR, C. A.; OLIVEIRA, A. O.; FARIA, E. L. B. Neurociência Cognitiva e desenvolvimento humano. **Temas em Educação e Saúde**, Minas Gerais, mar. 2017. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/tes/article/view/9552>. Acesso em: 17 ago. 2020.

OLIVEIRA, G. G. Neurociências e os processos educativos: um saber necessário na formação de professores. **Educação Unisinos**, Uberaba, v. 18, n. 1, p. 13-14, abr. 2014. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/educacao/article/view/1881>. Acesso em: 12 jul. 2020.

PACHECO, M. B.; ANDREIS, G. S. L. Causas das dificuldades de aprendizagem em Matemática: percepção de professores e estudantes do 3º ano do Ensino Médio. **Principia**, João Pessoa, n. 38, p. 105-119, 2018. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:j2oy9IPBy7oJ:https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/download/1612/806+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 20 maio 2020.

PISA 2018 revela baixo desempenho escolar em leitura, matemática e ciências no Brasil. **Inep**, 2019. Disponível em: [http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset\\_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206#:~:text=A%20edi%C3%A7%C3%A3o%202018%2C%20divulgada%20mundialmente,%C3%ADndices%20est%C3%A3o%20estagnados%20desde%202009](http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206#:~:text=A%20edi%C3%A7%C3%A3o%202018%2C%20divulgada%20mundialmente,%C3%ADndices%20est%C3%A3o%20estagnados%20desde%202009). Acesso em: 23 ago. 2020.

PIZYBLSKI, L. M.; SANTOS JUNIOR, G.; PINHEIRO, N. A. M. Relações entre o Ensino da Matemática e a Neurociência. *In: I SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA*, 2009, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: PPGECT, 2009. p. 1138-1152. Disponível em: [http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/10%20Ensinodematematica/Ensinodematematica\\_artigo22.pdf](http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/10%20Ensinodematematica/Ensinodematematica_artigo22.pdf). Acesso em: 22 set. 2019.

RELVAS, M.P. **Neurociência e transtornos de aprendizagem**: as múltiplas eficiências para uma educação inclusiva. 6. ed. Rio de Janeiro: Wak, 2015.

RELVAS, M.P. **Neurociência na prática pedagógica**. Rio de Janeiro: Wak, 2012.

ROSA NETO, E. História da matemática. *In: ROSA NETO, E. Didática da matemática*. São Paulo: Ática, 1987.

SILVA, P. V. **A contribuição da Neurociência no processo de ensino-aprendizagem e a influência da emoção na prática pedagógica**. 2016. 77 f. Monografia (Pós graduação) - Faculdade Integrada, Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2016.

TABACOW, L.S. **Contribuições da neurociência cognitiva para a formação de professores e pedagogos**. 2006. 264 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, São Paulo, 2006. Disponível em: [http://www.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br/tde\\_arquivos/3/TDE-2006-06-30T115909Z-1178/Publico/Luiz%20Tabacow.pdf](http://www.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br/tde_arquivos/3/TDE-2006-06-30T115909Z-1178/Publico/Luiz%20Tabacow.pdf). Acesso em: 15 fev. 2020.

VALLE, L. F. **Mathematical mindsets (mentalidades matemáticas): uma nova abordagem para o ensino e aprendizagem das matemáticas**. 2019. 128 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, São Paulo, 2019.

ZANELLA, A. V. Zona de desenvolvimento proximal: análise teórica de um conceito em algumas situações variadas. **Temas em Psicologia**, Florianópolis, n. 2, p. 97-110, 1994. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/tp/v2n2/v2n2a11.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020.