



ASPECTOS NEUROCOGNITIVOS DA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA

Fabio Colins¹
Tadeu Oliver Gonçalves²

RESUMO

Este trabalho é um recorte de uma pesquisa de doutorado no âmbito da Educação Matemática e da Neurociência Cognitiva. É nesse contexto que este artigo tem como objetivo descrever e analisar, a partir de uma revisão da literatura em médica, de que maneira as pesquisas em neurociências podem contribuir para temas relacionados às pesquisas em Educação Matemática. Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa do tipo bibliográfica. As informações foram construídas a partir de análises de estudos sobre os aspectos neurocognitivos da aprendizagem matemática. A revisão da literatura foi realizada conforme estudos publicados em duas plataformas de pesquisas em neurociências: PubMed e MedLine. O método de utilizado para as análises foi Análise de Conteúdo. Os resultados da pesquisa apontaram que diversos estudos discutem sobre os mecanismos cerebrais envolvidos no processo de aprendizagem, mas pouco do que se foi estudado tem sido direcionado às escolas.

Palavras-chave: Neurociência, Ensino de Matemática, Aprendizagem, Formação de Professores.

INTRODUÇÃO

Compreender os processos evolutivos da aprendizagem matemática tem sido um dos interesses da Neurociência Cognitiva. Nesse contexto, elementos relacionados ao processo de contagem, à produção e compreensão numérica e aos fatos aritméticos básicos, têm sido discutidos e pesquisados por neurocientistas preocupados com o processo de aprendizagem da Matemática. Diferentes estudos (JOLLES, 2016; LENT, 2018; HAASE e DORNELES, 2018) têm tentado combinar métodos neurocientíficos às práticas educacionais a fim de tentar responder a questões relacionadas, sobretudo, aos transtornos específicos da aprendizagem.

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo descrever e analisar, a partir de uma revisão da literatura em médica, de que maneira as pesquisas em neurociências podem contribuir para temas relacionados às pesquisas em Educação Matemática. Este é um recorte de uma pesquisa de doutorado desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas da Universidade Federal do Pará (PPGECM-UFPA).

¹ Doutor em Educação em Ciências e Matemáticas da Universidade Federal do Pará - UFPA, formador.ufpa@gmail.com;

² Doutor em Educação Matemática da Universidade Federal do Pará - UFPA, tadeuoliver@yahoo.com.br;



Esta é uma pesquisa de natureza qualitativa do tipo bibliográfica (OLIVEIRA, 2014). A revisão da literatura foi realizada em duas plataformas de pesquisas na área de neurociências, tais como a Medline (*Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*) e a Pubmed (*Medical Publications*). As informações construídas a partir das pesquisas realizadas foram tratadas por meio do método de Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011).

Os resultados das pesquisas possibilitaram inferir que a Neurociência Cognitiva passou a ser uma ferramenta de compreensão de aspectos relacionados ao processo de aprendizagem da matemática. Consequente, é importante o professor que ensina matemática ter conhecimento sobre as habilidades matemáticas prejudicadas pelos transtornos específicos da aprendizagem matemática, sobre as síndromes que causam transtorno na aprendizagem matemática e sobre as possibilidades de intervenção neurocognitiva.

METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa encontra-se situada na interface entre a Neurociência Cognitiva e a Educação Matemática e não foi adotada uma postura investigativa puramente disciplinar, isto é, fechada em um corpo e características próprias, conhecimento especializado de valores, de informação, de interpretação (OLIVEIRA, 2014), pois partiu-se do pressuposto de que a ciência é também interdisciplinar.

A produção do conhecimento científico deu-se na interface dos estudos da Neurociência Cognitiva, Educação Matemática e da Educação Especial, pois foi no confronto entre essas áreas de investigação que emergiram novas informações que se articularam para que fosse possível compreender melhor os aspectos neurocognitivos do processo de ensino e de aprendizagem da Matemática.

Uma ponte foi criada para que fosse possível estabelecer um diálogo entre as ciências envolvidas na pesquisa, mas para que isso fosse possível, fez-se necessário destituir-se de quaisquer preconceitos e juízos de valores, colocar-se em atitude de aprendizagem na perspectiva de querer buscar esclarecimentos inerentes aos aspectos relacionados aos transtornos específicos da Cognição Numérica.

O tema investigado, Cognição Numérica, sustentou-se nas pesquisas da Neurociência, pois no âmbito das pesquisas em Educação ou Educação Matemática não foi encontrado nenhum estudo dessa natureza. Os trabalhos que traziam em seus títulos a expressão “neurociência” ancoravam-se na perspectiva nas teorias da psicologia da aprendizagem, principalmente nos estudos de Piaget e Vigotsky, ou ainda, em aspectos da psicologia



comportamental. Esse levantamento foi feito com base no catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Diante da escassez de pesquisas no âmbito da Educação Matemática que tratassem sobre os aspectos neurocognitivos da aprendizagem matemática fez-se necessário recorrer às plataformas de pesquisas da Neurociência, tais como a Medline (*Medical Literature Analysis and Retrieval System On-line*) e a Pubmed (*Medical Publications*). A Medline é um sistema de busca de literatura médica e sua base dados bibliográficos está vinculada à biblioteca nacional de medicina dos Estados Unidos da América. A Pubmed é uma plataforma possibilita pesquisar estudos de literatura biomédica citados em revistas e livros. Abrange temas relacionados à Neurociência Cognitiva, Neurociência Comportamental, Bioquímica e Bioengenharia.

Os estudos oriundos dessas plataformas tratam, especificamente, de pesquisas no âmbito clínico. Desse modo, o maior desafio foi articular as contribuições da Neurociência para a Educação Matemática. Assim, discutir em que termos essas pesquisas poderiam dialogar com os desafios enfrentados nas escolas no que concerne à aprendizagem matemática.

As informações construídas no decorrer da pesquisa foram analisadas por meio do método de Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011). Conforme o método de análise adotado, as informações foram organizadas, em seguida exploradas e, por fim, realizadas interpretações e inferências acerca dos estudos investigados. Conseqüente, essa metodologia de análise possibilitou descrever e analisar os resultados e discussões da pesquisa.

NEUROCIÊNCIA COGNITIVA PARA A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

A Neurociência enquanto ciência que estuda o neurodesenvolvimento do sistema nervoso central em diversos aspectos (psicológico, biológico, cultural e emocional), se dedica em investigar as bases cerebrais do funcionamento cognitivo. Como um ramo dentro da Neurociência, a Neurociência Cognitiva estuda “os mecanismos dos sistemas neurais mais complexos, associados às funções mentais superiores tais como a linguagem, a memória, a atenção e as representações mentais” (FIORI, 2006, p. 14). Por isso, as pesquisas no âmbito da Neurociência Cognitiva podem contribuir para a compreensão das mudanças neurocognitivas relacionadas à aprendizagem matemática, além de conceber intervenções que possam favorecer o desenvolvimento de ações pedagógicas na escola.



Pode-se entender também que a Neurociência Cognitiva é uma ciência interdisciplinar, pois envolvem psicólogos, neurocientistas, biólogos e filósofos. Essas associações de conhecimentos contribuem de forma significativa para compreensão do funcionamento cognitivo do ser humano (FIORI, 2006), e assim permitindo dialogar com diversas áreas, como por exemplo, a Educação Matemática.

Para Lent (2018), a Neurociência Cognitiva também dialoga com a neuropsicologia. “É claro que os limites entre essas disciplinas não são nítidos, o que nos obriga a saltar de um nível a outro, ou seja, de uma disciplina a outra, sempre que tentamos compreender o funcionamento do sistema nervoso” (LENT, 2018, p. 6). O importante é que essas áreas das neurociências podem contribuir eficazmente para o estudo dos aspectos neurocognitivos da aprendizagem matemática, cada uma na sua especificidade.

Desse modo, a Neurociência Cognitiva, por meio de suas pesquisas, estabelece uma relação entre as estruturas cerebrais e a cognição que podem contribuir para a educação de modo que os professores possam refletir sobre a sua prática pedagógica. Um exemplo dessa contribuição está no fato de educadores terem a oportunidade de melhor compreender, via resultados de pesquisas em Neurociência Cognitiva, os transtornos específicos da aprendizagem. Isso possibilita identificar estilos individuais de aprendizagem e organizar práticas pedagógicas mais específicas.

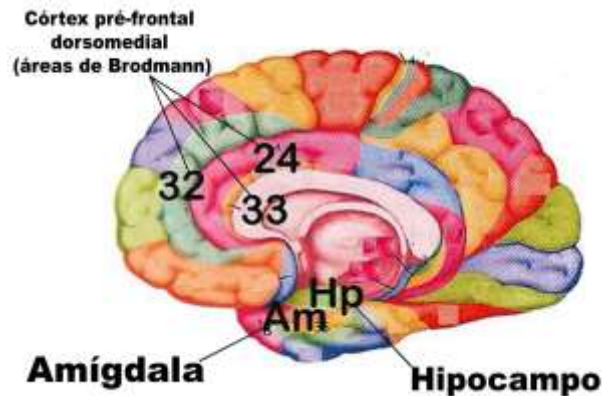
Para Haase e Dorneles (2018), as pesquisas em Neurociência Cognitiva podem ajudar os professores a entender os processos de construção do conhecimento matemático facilitando a organização do ensino. Um exemplo dado pelos autores concerne no fato de o professor que ensina matemática saber que o processo de contagem, principalmente usando os dedos, ativa regiões anteriores do sulco intraparietal. Esse conhecimento pode auxiliar o professor na construção de atividades relacionadas ao processamento numérico simbólico, pois ao invés de solicitar que os alunos façam atividades de copiar de 1 até 1000, poderia propor situações em que os estudantes precisem compreender a estrutura e o funcionamento do sistema de numeração decimal e posicional.

Sobre as habilidades matemáticas, Haase e Dorneles (2018) indicam na figura 1 os padrões de ativação observados em crianças durante a aprendizagem das operações aritméticas e o processo de automatização de fatos aritméticos. Essas atividades cerebrais são semelhantes em pesquisas realizadas com adultos. No entanto, algumas diferenças de automatização em crianças e adultos foram percebidas. Por exemplo, o recrutamento de fatos



aritméticos em crianças ativa áreas cerebrais temporárias da região do hipocampo, representado pela sigla Hp na figura 1.

Figura 1: Regiões neurais envolvida na aprendizagem da Matemática



Fonte: Haase e Dorneles, 2018

De acordo com a figura 1, o hipocampo (Hp) é uma estrutura situada bilateralmente na superfície medial e ventral do lobo temporal. Essa região cerebral está envolvida em diversas funções cognitivas, sobretudo, “com a memória associativa” (HAASE; DORNELES, 2018, p. 158). Em relação à aprendizagem matemática, o Hp é ativado quando o aluno é colocado diante de uma situação problema que envolve fatos aritméticos. Isso quer dizer que o Hp desempenha o papel de vincular padrões de associação entre problemas matemáticos e respostas consolidadas na memória de longo prazo.

A amígdala (Am) é a outra região cerebral envolvida no processo de Cognição Numérica. Ela é responsável pela regulação emocional da aprendizagem da aritmética (HAASE; DORNELES, 2018). Isso implica afirmar que os alunos com ansiedade à matemática têm essa área cerebral ativada com mais frequência. Assim, a ansiedade à matemática ativa a Am e causa um efeito inibitório sobre as estruturas corticais responsáveis pelo processamento cognitivo. “Há evidências de que mecanismos de regulação emocional implementados pela amígdala influenciam o funcionamento de outras estruturas cerebrais envolvidas no processamento numérico” (HAASE; DORNELES, 2018, p. 143).

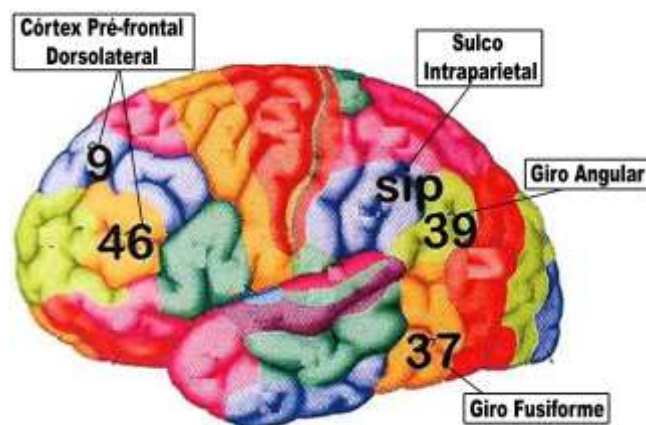
Percebe-se que a Am exerce um papel importante no processo de aprendizagem matemática, pois envolve aspectos relacionados à emoção e à afetividade. Isso pode implicar no processamento da aprendizagem emocional. No contexto da Cognição Numérica, a amígdala pode, diante de uma situação de ansiedade matemática, suprimir a atividade cognitiva relacionado à memória de trabalho, ao processamento estratégico e ao senso numérico.



As regiões do córtex pré-frontal dorsomedial anterior corresponde às áreas de Brodmann 24, 32 e 33 (HAASE; DORNEELS, 2018). Elas têm papel importante na regulação emocional e cognitiva. Essas regiões, no contexto da aprendizagem matemática, exercem a função de monitorar a execução de algoritmos aritméticos, ou seja, controlar o desenvolvimento de um cálculo, além de auxiliar no processamento de contagem e na transcodificação numérica. Os alunos com disfunções neurocognitivas nessas regiões podem apresentar, durante a execução de um algoritmo, “padrões de erro atencional observados frequentemente em indivíduos com Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade” (HAASE; DORNELES, 2018, p. 157).

Outras áreas cerebrais estão envolvidas na aquisição das habilidades relacionadas à aprendizagem matemática. A figura 2 destaca o papel das regiões intraparietais.

Figura 2: Regiões cerebrais envolvidas na aprendizagem da numerosidade



Fonte: Haase e Dorneles, 2018

Conforme a figura 2, é no sulco intraparietal (sip) que ocorre a representação simbólica e não simbólica aproximadas de numerosidade, mesma região onde também ocorre ativação neural quando os estudantes executam cálculos aritméticos, pois “há evidências neurofisiológicas de que as áreas sensoriomotoras relacionadas com os dedos são ativadas de modo implícito durante o procedimento de contagem” (HAASE; DORNELES, 2018, p. 134). Essas informações tornam-se relevantes aos docentes ao romper com o mito de que contar nos dedos é sinônimo de não saber matemática.

A área 37 de Brodmann é responsável pela representação dos numerais indo-arábicos. Região cerebral conhecida como Giro Fusiforme (LENT, 2018). No contexto da aprendizagem matemática, ela funciona no reconhecimento de algarismos e na leitura e escrita de números. Isso implica na aprendizagem semântica da numerosidade, ou seja, responsável



pelo significado de um algarismo. Por exemplo, ajuda na compreensão de que o numeral cinco nos números 125 e 152 assume, posicionalmente, valores distintos.

Regiões do Giro Angular, área 39 de Brodmann, são ativadas durante tarefas de representações dos numerais verbais e de recrutamento de fatos aritméticos (LENT, 2018). Haase e Dorneles (2018, p. 156) afirmam que “essa área amadurece, do ponto de vista das conexões corticais, por volta de 6 ou 7 anos de idade”. Essa informação pode auxiliar os professores na organização de atividades envolvendo as quatro operações fundamentais da matemática. Por outro lado, nos faz refletir sobre a organização do currículo de Matemática para os anos iniciais do Ensino Fundamental, pois espera-se que o estudante até o final de oito anos de idade consolide habilidades relacionadas à adição e à subtração, além de aprender fatos aritméticos da multiplicação e da divisão, sem o uso de algoritmos tradicionais.

As áreas 9 e 46 de Brodmann estão localizadas no Córtex pré-frontal dorsolateral e são responsáveis pela “memória de trabalho e estratégias” (HAASE; DORNELES, 2018, p. 138). Segundo os autores, são regiões cerebrais que implicam no processamento de habilidades cognitivas mais sofisticadas, tais como o pensamento estratégico, o raciocínio lógico e a resolução de problemas.

No contexto da aprendizagem da matemática, Haase e Dorneles (2018, p. 156) afirmam que:

O córtex pré-frontal dorsolateral é ativado nas etapas iniciais da aprendizagem de praticamente todas as habilidades matemáticas, refletindo a demanda por processamento controlado na memória de trabalho. Essa região desempenha importante papel na emergência das representações numéricas simbólicas, isto é, associação de representação de numerosidade com sistemas simbólicos, tais como algarismos ou numerais verbais.

Conforme afirmaram os autores, as atividades neurais do córtex pré-frontal dorsolateral são importantes na execução de algoritmos aritméticos e na transcodificação numérica. Por isso, os estudantes com transtorno específico da aprendizagem matemática que apresentam disfunções neurocognitivas nessa região cerebral podem cometer falhas na execução de algoritmos de contagem. Saber disso pode auxiliar o professor na criação de estratégias que contribuam para que os alunos com transtorno de aprendizagem apreendam fatos aritméticos básicos. Por exemplo, solicitar o estudo das regularidades matemáticas que constam em uma tabuada de multiplicação.

Para Haase e Dorneles (2018) as pesquisas em Neurociência Cognitiva enfrentam muitos desafios ao que se refere contribuir para a educação das crianças, seja ele de ordem epistemológica – pois as teorias de aprendizagem fundamentam-se principalmente nas ideias

construtivistas, resistentes às contribuições das ciências cognitivas – ou de ordem metodológica. Uma possibilidade de enfrentamento desses desafios consiste em um amplo e profundo trabalho de análise conceitual e conciliação entre neurociências e educação.

REPRESENTAÇÃO DOS NÚMEROS NO CÉREBRO E O DESENVOLVIMENTO NEUROCOGNITIVO

Estudos de RAUSCHER *et al* (2016) afirmam que nas últimas três décadas têm ocorrido um aumento significativo nas pesquisas empíricas de representação e processamento numérico em seres humanos e isso implica positivamente para uma possível ponte entre a Neurociência e a Educação Matemática. Portanto, para a Neurociência Cognitiva o ato de aprender não é considerado como uma simples ação psicomotora, mas se trata de um processo cognitivo complexo que (BRIDI FILHO; BRIDI, 2016) depende das funções corticais superiores, tais como: ler, falar, calcular e escrever.

Haase e Dorneles (2018) afirmam que os estudos das neurociências demonstram que as situações que nos deparamos diariamente as quais precisamos recorrer às habilidades matemáticas como anotar o número de um telefone, ler o extrato bancário, marcar o tempo, realizar contagem e cálculos mentalmente e ler horas vão marcar o desenvolvimento da aprendizagem matemática, seja no contexto escolar por meio da educação formal ou informalmente nos diversos contextos sociais.

Um trabalho de revisão (RAUSCHER *et al*, 2016) sobre o desenvolvimento da aprendizagem matemática na perspectiva da Neurociência Cognitiva mostrou que a aprendizagem aritmética envolve uma organização hierárquica por meio de trajetórias de desenvolvimento, nas quais cada aquisição é condicionada a desenvolvimentos anteriores.

Para estes autores, antes do início da escolarização formal, as crianças usam a contagem para resolver adições simples. Essas estratégias de contagem servem inicialmente como suporte para executá-las, como a manipulação de objetos ou os dedos como recurso para contar. E progressivamente, executam essas ações sem auxílio externo (contagem verbal). Com o tempo e com as situações vivenciadas, a eficiência destas estratégias de contagem aumenta rapidamente, onde passam a contar todos os elementos de um conjunto, na sua totalidade, sem apontar um a um.

O estudo apontou, ainda, que “o uso repetido dessas rotinas de contagem permite que as crianças desenvolvam associações entre as situações problemas e suas respostas e entre os problemas e os fatos aritméticos armazenados na memória de longo prazo” (RAUSCHER *et*



al, 2016, p. 4). Na perspectiva da Neurociência Cognitiva, a estratégia de recorrência aos fatos aritméticos básicos é mais eficiente e requer menos memória de trabalho do que os procedimentos cognitivos mais exigentes como os relacionados à contagem. Além disso, diminui a carga cognitiva e a probabilidade de vir a cometer erros.

A aprendizagem matemática por meio da recorrência aos fatos aritméticos permite que os alunos usem procedimentos de decomposição em operações do tipo $7 + 8$. Por exemplo, podem decompor essa situação em $7 + 3 = 10$, $10 + 5 = 15$ (RAUSCHER *et al*, 2016). Estas estratégias de decomposição geralmente ocorrem na adição de valores maiores que dez e, evidentemente, em cálculos de vários dígitos. Essa estratégia geralmente é mais utilizada nas operações de adição e subtração, mas pouco utilizadas nas multiplicações, no qual o estudante recorre aos fatos aritméticos com mais frequência. Para os autores, isso ocorre porque as multiplicações são tipicamente aprendidas por meio das tabuadas de operações do que por meio de processos de decomposição, como frequentemente ocorre nos casos de adição e subtração.

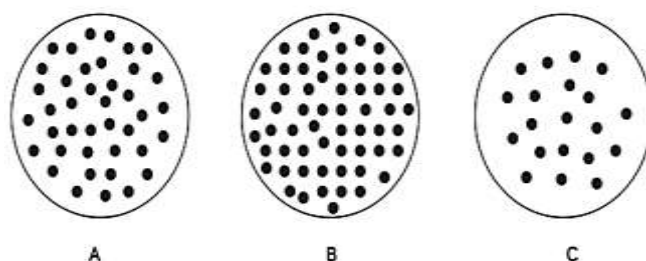
Os autores chamam atenção para o fato de que as operações de adição e multiplicação possuem uma mesma propriedade operativa, a comutação. Assim, destacam que a multiplicação e a adição são operações comutativas (por exemplo, $6 \times 4 = 4 \times 6$, da mesma forma que $6 + 4 = 4 + 6$), em contraste com a divisão e a subtração. Esta comutatividade pode facilitar a formação de associações de resposta a problemas armazenados na memória de longo prazo para multiplicação e adição, pelo que são mais frequentes na resolução de problemas por meio da recuperação de fatos aritméticos (RAUSCHER *et al*, 2016).

Em um estudo anterior ao relatado (ROBINSON e TEMPLE, 2015), pesquisadores afirmaram que o desenvolvimento dessas estratégias é progressivo, mas que não são eliminadas para o surgimento de outras. Então, não há uma substituição abrupta das estratégias utilizadas nas situações de aritmética, mas sim uma distribuição das possibilidades de enfrentamento das operações propostas. Para os autores, elas permanecem disponíveis ao longo do desenvolvimento neurocognitivo, preservando-se mesmo até a idade adulta, mas que a frequência em seu uso muda em diferentes momentos da vida, principalmente devido estratégias mais eficientes, como a recuperação de fatos aritméticos, tornando-se mais dominante (ROBINSON e TEMPLE, 2015). Sendo que essas mudanças também são acompanhadas de alterações das atividades cerebrais.

Uma pesquisa de Vanbinst *et al* (2015) mostrou que a capacidade de processar grandezas numéricas ocasiona alterações das atividades cerebrais. Tais mudanças estão

relacionadas ao córtex transversal, área responsável pelo processamento de magnitudes numéricas simbólicas. A figura 3 ilustra uma situação problema relacionada ao processamento de magnitude simbólica.

Figura 3: Tarefa de processamento de magnitude simbólica



Fonte: Weinstein, 2016.

Nesta tarefa o estudante precisa estimar a quantidade (magnitude numérica simbólica), sem contar, de pontos que mais se aproxima do número vinte. O estudo de Vanbinst *et al* (2015) mostrou evidências de que nesse tipo de exercício o processamento de magnitude numérica simbólica é fundamental para o desenvolvimento aritmético, pois as observações realizadas pelos pesquisadores, por meio de exames de neuroimagem, possibilitaram inferir que o sulco intraparietal permaneceu consistentemente ativo sempre que as crianças calculavam por meio de estimativa. Desse modo, quando uma pessoa realiza tarefas de cálculo uma grande rede cerebral é ativada.

Arsalidou e Taylor (2011) realizaram outro estudo com adultos por meio de exames de neuroimagem que revelaram que o córtex parietal posterior bilateral, o córtex pré-frontal inferior e superior e as regiões occipitotemporais são ativadas com mais frequência nas atividades de aritmética. Para os autores, “a atividade nesta rede é modulada pela operação aritmética, pelo uso de estratégias de cálculo distintas, por *expertise* e treinamento” (ARSALIDOU; TAYLOR, 2011, p. 289).

Esta pesquisa (ARSALIDOU; TAYLOR, 2011) mostrou também que o aumento das atividades neurais nas regiões corticais laterais está associado às funções cognitivas auxiliares cruciais durante o processamento de cálculo, como a memória de trabalho; o controle inibitório e a atenção. Tais funções são recrutadas com mais frequência quando o sujeito se depara com situações problemas mais complexas, principalmente em tarefas quando a resposta não pode ser recuperada da memória de longo prazo, por exemplo, na adição de $77 + 13$. Nesta tarefa o sujeito precisa estratégias para solucionar com precisão cálculos aritméticos por meio de cálculo mental, apoio digital ou lápis e papel. Assim, as funções cognitivas auxiliares são recrutadas, tais como memória de trabalho e atenção. Dessa forma, esses

estudos ajudam a compreender que são as estratégias utilizadas pelo sujeito que modula a rede neural responsável pelas habilidades aritméticas e não a operação matemática (adição, subtração, multiplicação e divisão).

Nesse sentido, essas pesquisas em Neurociência Cognitiva possibilitam esclarecimentos de como as atividades cerebrais mudam de acordo com as funções da aprendizagem matemática. Essas informações são cruciais para compreendermos as alterações neurocognitivas relacionadas com o desenvolvimento das habilidades aritméticas e para subsidiar a prática docente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa possibilitou refletir sobre diversas práticas pedagógicas desenvolvidas nas aulas de Matemática na Educação Básica. Na escolarização formal, por exemplo, as crianças são desafiadas a mobilizar diversas competências matemáticas, como contar numerais; escrever algarismos; representar quantidades abstratas; realizar cálculo de adição, de subtração, de multiplicação, de divisão e aprender frações. No entanto, antes dessas aprendizagens é necessário compreender o significado dos números e suas funções e isso ocorre em dois níveis aritméticos, o não simbólico e o simbólico.

O nível aritmético não simbólico está relacionado com a forma de captarmos e combinarmos a cardinalidade aproximada, ou seja, um conjunto composto por elementos concretos tais como conjunto de imagens e coleção de objetos. No que se refere ao nível aritmético simbólico, está relacionado com a escrita, leitura e organização dos algarismos no sistema de numeração, no nosso caso, indo-arábico.

A pesquisa apontou para o fato de a Neurociência Cognitiva contribuir para a compreensão do processo de aprendizagem de estudantes com transtornos específicos da aprendizagem Matemática ocasionado por disfunções neurológica ou genética, além de auxiliar na organização do currículo formal da Matemática escolar.

A revisão da literatura possibilitou perceber que os estudos em neurociências avançaram bastante sobre a compreensão do funcionamento do cérebro humano em relação a aprendizagem matemática, seja a nível molecular, celular, multicelular ou multicerebral. Mesmo com todo esse conhecimento sobre o processo de aprendizagem, pouco se tem aplicado às políticas públicas educacionais. Portanto, muito já se descobriu sobre os mecanismos cerebrais envolvidos no processo de aprendizagem, mas pouco do que se foi estudado tem sido direcionado às escolas.

REFERÊNCIAS

ARSALIDOU, M. TAYLOR, M. J. $2 + 2 = 4?$ Meta-análises de áreas cerebrais necessárias para números e cálculos. **Revista Cortex**. USA. n. 54, 2011. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5160046/>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRIDI-FILHO, César Augusto. BRIDI, Fabiane Romano de Souza. Sobre o aprender e suas relações: interfaces entre neurologia, psicologia e psicopedagogia. *In*: ROTTA, Newra Tellechea. BRIDI-FILHO, César Augusto. BRIDI, Fabiane Romano de Souza. **Neurologia e aprendizagem**: abordagem multidisciplinar. Porto Alegre: Artmed, 2016. p. 17-28.

FIORI, Nicole. **As neurociências cognitivas**. Lisboa: instituto Piaget, 2006.

HAASE, Vitor Geraldi. DORNELES, Beatriz Vargas. Aprendizagem numérica em diálogo. *In*: LENT, Roberto. BUCHWEITZ, Augusto. MOTA, Mailce. (orgs.). **Ciência para Educação**: uma ponte entre dois mundos. São Paulo: Atheneu, 2018. p. 133-160.

JOLLE, Dietsje. *et al.* Reconfiguration of parietal circuits with cognitive tutoring in elementary school children. **Revista Cortex**. USA. n. 83, 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5160046/>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

LENT, Roberto. MOTA, Malice Borges. BUCHWEITZ, Augusto. Mais ciência para a educação dos brasileiros. *In*: LENT, Roberto. BUCHWEITZ, Augusto. MOTA, Mailce. (orgs.). **Ciência para Educação**: uma ponte entre dois mundos. São Paulo: Atheneu, 2018.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 6. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

RAUSCHER, Larissa. *et al.* Evaluation of a computer-based training program for enhancing arithmetic skills and spatial number representation in primary school children. **Frontiers in Psychology Computerized Training programs**. Germany. n. 7, 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27445889/>>. Acesso em: 7 abr. 2018.

ROBINSON, Sally. TEMPLE, Christine. Dissociations in mathematical knowledge: Case studies in Down's syndrome and Williams syndrome. **Revista Cortex**. London. n. 2, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010945211002954>>. Acesso em: 7 abr. 2018.

VANBINST, Kiran. *et al.* Profiles of children's arithmetic fact development: A model-based clustering approach. **Revista Child Psychol**. London. n. 33, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022096515000156>> acesso em: 7 abr. 2018.

WEINSTEIN, Mônica Cristina Andrade. **PROMAT**: um roteiro para a sondagem de habilidades matemáticas no Ensino Fundamental. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2016.