



## NEUROCIÊNCIA E INCLUSÃO: IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS PARA UM PROCESSO INCLUSIVO MAIS EFICAZ

Stela Marques\*

**Resumo** – Estudos na área da neurociência têm sido gradualmente discutidos no âmbito da educação, numa tentativa de obter subsídios para melhor compreender o desenvolvimento humano e a multiplicidade de habilidades do cérebro. Quando aferimos a conjuntura e as implicações inerentes à educação inclusiva, esse entendimento transdisciplinar torna-se ainda mais preponderante. Embora a escola seja um espaço privilegiado de conjugação da diversidade, a sua lógica de funcionamento (por meio de regras, condutas e disciplina) tende à homogeneização e à diluição das diferenças mais marcantes entre sujeitos naturalmente diferentes. Por seu lado, a inclusão educacional pretende a valorização e o engajamento da singularidade de talentos, capacidades, conhecimentos e experiências das crianças reunidas na escola com um objetivo comum: aprender. Com uma maior observância das políticas de inclusão, é urgente refletir sobre a diversidade das competências do cérebro humano para melhor compreender, respeitar e valorizar as limitações e o potencial de cada aluno. Para tal, é fundamental discutir formação docente específica em matérias da neurociência. Este texto não oferece ao docente estratégias didáticas neurocientíficas. Visa, apenas, elucidar alguns aspectos contemplados pela neurociência que podem nos ajudar a compreender o desafio de ensinar-aprender na diversidade e o impacto de práticas docentes mais efetivas no âmbito da educação inclusiva.

**Palavras-chave:** Inclusão. Escola. Diversidade. Neuroplasticidade. Formação.

### INTRODUÇÃO

Este texto apresenta uma reflexão sobre alguns subsídios da área da neurociência que podem beneficiar a atuação pedagógica docente na educação infantil, em particular no âmbito da educação inclusiva.

Apesar da atual exposição e maior circulação de discussões sobre neurociência, a curiosidade e o interesse pelo funcionamento do cérebro humano não são propriamente uma novidade. Novo é o uso de abordagens inter/transdisciplinares para tirar proveito dos avanços

---

\* Doutora em Educação pela Newcastle University (Reino Unido). Professora adjunta do Programa de Pós-Graduação em Educação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas). *E-mail:* sm.pucminas@gmail.com

tecnológicos (como a neuroimagem) que possibilita o estudo desse órgão sem matar o sujeito da pesquisa. Mas isso não era possível em 4000 a.C. nas antigas civilizações do mundo, com uma técnica cirúrgica conhecida como *trepanação*, que consistia na abertura de um buraco de 2 a 3 cm no cérebro de uma pessoa viva para eliminar os maus espíritos e demônios. Em 3000 a.C. no Antigo Egito, o foco de interesse passou do cérebro para o coração, onde se acreditava residirem a consciência, a alma e as memórias. Vemos isso claramente pelo modo como os sacerdotes funerários mumificavam cadáveres: o cérebro era extraído pelas narinas e descartado, as vísceras eram extraídas e embalsamadas e o coração, que controlava o corpo no Além, permanecia no corpo, que também era embalsamado para a *Pesagem das Almas*. Entre 460 e 377 a.C., os gregos entenderam que o cérebro era o órgão responsável pelas sensações e a inteligência.

No entanto, foi a partir do século XIX que ocorreram importantes descobertas sobre o funcionamento e fisiologia do cérebro, viabilizadas paralelamente pelos avanços rápidos do conhecimento tecnológico e científico deste período: Franz Gall (1800-1828) foi o primeiro a localizar as funções mentais no cérebro; Hermann von Helmholtz (1842-1894) descobriu os nervos e células de gânglios no cérebro; Paul Broca (1861-1880) descobriu o centro da fala no cérebro; Theodor Meynert (1861-1891) distingue pela primeira vez a massa cinzenta da massa branca do cérebro; Santiago Ramón y Cajal (1887-1934), considerado o pai da neurociência moderna, determinou o neurônio como unidade fundamental do sistema nervoso. Estes, entre outros, demonstram avanços significativos:

As pesquisas científicas rigorosas sobre o funcionamento neural têm uma história relativamente curta, começando no final do séc XIX. Nessa ocasião, os fisiologistas Fritsch e Hitzig relataram que a estimulação elétrica de áreas específicas do córtex cerebral de um animal evocava movimentos, e os médicos Broca e Wernicke confirmaram separadamente, por autópsia, danos cerebrais localizados em pessoas que tiveram déficits de linguagem após um acidente vascular cerebral (LUNDY-EKMAN, 2004, p. 2).

Salienta-se o trabalho do neurologista e educador americano Henry Donaldson Herbert (1891-1938), pioneiro em neuroeducação, que fez a ponte entre a neurociência e a educação em 1895 com o livro *O crescimento do cérebro: um estudo do sistema nervoso em relação à educação*. Seus estudos abriram caminho à aplicação dos conhecimentos neurobiológicos na educação e às atuais discussões sobre plasticidade neural, questão discutida mais à frente neste texto (FLOR; CARVALHO, 2012).

Os maiores avanços no estudo do sistema nervoso ocorreram a partir do século XX<sup>1</sup>, com o surgimento e o desenvolvimento de tecnologias que possibilitaram o estudo das células

---

1 - Para mais informações sobre as grandes descobertas e avanços da neurociência no século XX, consultar Flor e Carvalho (2012, p. 51-98).

cerebrais: o microscópio eletrônico e o microelétrodo, que podem registrar as atividades cerebrais de células nervosas individualmente, a tomografia computadorizada axial e a ressonância magnética, que possibilitaram a visualização do sistema nervoso de maneira específica e computadorizada (RELVAS, 2010). Essas descobertas e avanços expressivos estão, até hoje, ressignificando consecutivamente os conceitos e os conhecimentos sobre o cérebro humano. Além disso, essa conjugação de conhecimentos produzidos por pesquisas multidisciplinares são o fundamento teórico da neuroeducação, que precisa ser discutido e disseminado no ambiente educacional brasileiro. Este texto visa contribuir para esse debate.

## O ESTUDO DO POTENCIAL DO CÉREBRO HUMANO

O conhecimento sobre o funcionamento do sistema nervoso humano, em particular do cérebro, cresceu consideravelmente a partir da década de 1990. O crescente interesse científico e o avanço tecnológico da neuroimagem, eletrofisiologia, genética, neurociência cognitiva, entre outras, permitiram que várias ciências se dedicassem ao estudo das áreas cerebrais que abrangem funções cognitivas específicas e as explicações sobre os aspectos do funcionamento do sistema nervoso. Ocorreram grandes avanços e algumas descobertas que esclareceram sobre as estruturas cerebrais responsáveis pelas funções da mente, que são de suma importância para a aprendizagem, como esclarece Oliveira (2011, p. 66): "São pesquisas iniciais que permitem vislumbrar o alcance de sua aplicação em educação, na compreensão de como o cérebro aprende, indicando um novo paradigma nas práticas educacionais".

A neurociência, durante a busca pelo conhecimento da mente e do comportamento humano, continua a trazer para as diversas ciências, dentre as quais está a educação, possibilidades de desenvolvimento em suas especificidades e de aprimoramento em suas atividades. Ela tem como foco de investigação o estudo e a compreensão do sistema nervoso, que é composto pelo cérebro, sistema nervoso central e sistema nervoso periférico. Esta ciência visa entender o desenvolvimento de sua função patológica, estrutural, química e funcional. O sistema nervoso central se comunica com o resto do corpo por meio de fibras nervosas, que são conectadas a receptores sensoriais que estão na superfície do corpo, músculos e órgãos internos. Por seu lado, o sistema nervoso periférico é composto por todos os neurônios e fibras nervosas que se irradiam e se encontram fora do cérebro e da medula espinhal. Conforme explica Lundy-Ekman (2004, p. 2):

[...] a tentativa de compreender o sistema nervoso é designada como neurociência. A neurociência é uma ciência relativamente nova, que trata do desenvolvimento, química, estrutura, função e patologia do sistema nervoso.

Em verdade, o cérebro é um órgão complexo, o mais importante do sistema nervoso em animais vertebrados e muitos invertebrados, formado por um conjunto de estruturas nervosas e células chamadas de *neurônios*. Ele é responsável por comandar ações do nosso corpo, construir conhecimento, raciocínios e desenvolver inúmeras outras habilidades. Isso acontece pela transmissão de informações passadas de neurônio para neurônio por ligações eletroquímicas designadas por *sinapses*. A comunicação entre neurônios acontece por meio das fibras contidas nestes, chamadas axônios, que conduzem pulsos de energia. O cérebro se comunica constantemente com todo o corpo e é responsável por vários aspectos de nossos sentidos, conforme explicam Kolb e Whishaw (2002, p. 4):

Assim como qualquer outro órgão do corpo, o cérebro é composto de células que têm diferentes formatos e tamanhos. Um tipo de célula cerebral é o neurônio (às vezes denominado célula nervosa), que tem fibras que dele se projetam fazendo contato com outras células. Tais fibras tornam o cérebro um órgão de percepção e integração, que também institui o corpo a se mover.

Em decorrência desses conhecimentos, a partir do início do século XXI, a interconexão da neurociência e da educação ganha força e uma designação específica, *mente, cérebro e educação* (*mind, brain and education* – MBE), criada por pesquisadores da área como Goswami, Posner, Rothbart e Stern, que deram contribuições valiosas para o avanço das pesquisas na área educacional (OLIVEIRA, 2011). Esse movimento defende que a prática pedagógica do professor pode se tornar mais eficaz a partir do instante em que este conhece o funcionamento do cérebro. Nesse momento, surge a possibilidade da criação de estratégias de ensino mais propícias à aprendizagem e mais bem adequadas às novas necessidades de aprendizagem da criança, conforme explicam Silva e Morino (2012, p. 33):

Enquanto as teorias educacionais pensam como acontece o processo de ensino-aprendizagem, as teorias neurocientíficas as executam através de representações visuais do cérebro, ou seja, por intermédio das neuroimagens, uma ferramenta necessária à educação moderna e futurista.

## NEUROCIÊNCIA E FORMAÇÃO PEDAGÓGICA DOCENTE

Como o entendimento sobre o funcionamento do cérebro humano pode contribuir para uma aula mais eficaz? Para responder a esta questão, torna-se pertinente defender a inclusão de estudos relacionados à neurociência na formação de docentes, de forma a prepará-los para contribuírem para uma educação de qualidade e favorecer um processo ensino-

-aprendizagem que respeita as limitações e o potencial da criança, em particular do aluno com necessidades educacionais especiais (NEE). Isso não significa que o professor deva ter amplo conhecimento médico e fisiológico do cérebro, mas, sim, compreender que a educação engloba diversas áreas do conhecimento e deve considerar a diversidade da composição do indivíduo. "A educação é o feixe central da interdisciplinaridade que engloba aspectos antropológicos, filosóficos, biológicos e psicológicos da espécie humana" (MORALES, 2011, p. 6).

Importa ainda considerar que a educação visa contribuir para o conhecimento da comunidade acadêmica e formativa, trazendo novas perspectivas de formação para os futuros professores e para outros atores educativos. A neurociência pode contribuir para a atuação em sala de aula mediante um aprendizado sistemático e articulado e oferece aos professores novas possibilidades para melhorar a sua prática educativa. Considerando que a atual situação educacional pública do país atravessa um período difícil, torna-se importante e urgente contemplar as diversas ciências que podem dar alguma contribuição para uma transformação educacional. Morales (2011, p. 6) argumenta que:

Para o desenvolvimento desse novo paradigma do século XXI, que propõe uma visão do todo nas diferentes áreas do conhecimento, é de fundamental importância o inter-relacionamento de todos os seres humanos e a interdisciplinaridade entre os saberes.

Nessa interdisciplinaridade, enquadra-se a neurociência, cujos conhecimentos sobre o funcionamento do cérebro têm o potencial de melhorar a atuação profissional do professor em sala de aula. Com a devida formação, o professor vai considerar os alunos a partir do conhecimento sobre o modo como o cérebro processa as aprendizagens e não apenas reduzi-los às limitações de suas competências (ou deficiências). Poderá proporcionar a estimulação pedagógica adequada para que os conhecimentos trabalhados em sala sejam assimilados e ocorra o desenvolvimento intelectual da criança. Morales (2011, p. 10) nos explica:

Se os estados mentais são provenientes de padrões de atividade neural, então a aprendizagem é alcançada através da estimulação das conexões neurais, podendo ser fortalecida ou não, dependendo da qualidade da intervenção pedagógica.

Em suma, para que ocorra uma transformação educacional, deve-se investir na formação do professor. Ter apenas um bom domínio dos conteúdos a ser ministrados não é o suficiente para que o processo de ensino-aprendizagem seja eficaz. Adquirir um conhecimento didático mais adequado é essencial para potencializar o processo de construção do conhecimento em classe. É necessário que o docente adquira alguns saberes que ajudem a compreender as dificuldades apresentadas pelo aluno, buscando mediações que levem ao sucesso deste. Oliveira (2011, p. 64) explica que:

[...] maximizar a aprendizagem, aprender melhor, aprender a aprender, compreender como o ser humano aprende são temas que nos remetem ao professor, à sua formação acadêmica inicial e continuada, capacitando-o para o papel essencial na educação.

## O DESAFIO DA DIVERSIDADE – UM POSICIONAMENTO CONTROVERSO

Ensinar na diversidade requer formação específica e adequada, o que tem implicações diretas no sucesso do processo ensino-aprendizagem. Desde o início do movimento de inclusão de crianças com deficiência em escolas de ensino regular, retiradas de escolas especiais, onde eram atendidas por profissionais especializados, ficou claro que trabalhar no âmbito da inclusão seria um desafio complexo e de difícil solução. Essa mudança de cenário, da escola especial para a escola de ensino regular, deixou em evidência o despreparo profissional docente e sua falta de conhecimento sobre as especificidades apresentadas por alunos com NEE. Isso tem originado situações de grave prejuízo para esse alunado, não raras vezes, votado ao abandono na escola de ensino regular.

Se considerarmos uma das propostas pioneiras para a educação inclusiva, o *Warnock Report "Special Educational Needs"* (WARNOCK COMMITTEE, 1978), apresentado na Inglaterra em 1978 por Mary Warnock, compreenderemos que o intuito era o mais revolucionário e nobre possível: recomendava-se que crianças com deficiência leve ou moderada, sobretudo física (o que não acarretava comprometimento intelectual significativo), fossem transferidas de escolas especiais para gozar do direito de estudar com seus pares em escolas "normais". Depois desta e de outras recomendações, estava iniciado o grande movimento mundial de inclusão educacional. Este documento apresentou pela primeira vez o termo *necessidades educacionais especiais* para identificar crianças com carência de apoio diferenciado, e defendia que cerca de 20% das crianças têm necessidades especiais pelo menos durante algum tempo da sua vida escolar.

Muito se avançou desde então, décadas pontuadas por momentos de grande importância legislativa para a garantia dos direitos da criança com necessidades especiais. Ressalta-se a Declaração de Salamanca (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA, 1994), marco histórico que, entre outras contribuições, ampliou o conceito de NEE para contemplar não só a criança com deficiência, mas também considerar as necessidades específicas da criança vulnerável, da criança de rua, da criança trabalhadora ou explorada, da criança itinerante, da criança com fome, entre outras circunstâncias.

Como se compreende, apesar dos avanços registrados, as consequências dessas determinações adensaram a complexidade das exigências educativas em sala de aula, nomeadamente no preparo profissional docente para ensinar neste contexto cada vez mais diverso. O que se verifica até hoje é que a formação docente, inicial e continuada, não consegue acompanhar estas mudanças e dar uma resposta adequada a cada especificidade encontrada em sala de aula da escola de ensino regular.

Curiosamente, a *Baronesa Mary Warnock*, a arquiteta do sistema de educação especial britânico e responsável pelas recomendações do Relatório Warnock de 1978, veio a público em 2005 se posicionando *contra* a educação inclusiva atual. Num texto controverso publicado pela *Philosophy of Education Society of Great Britain*, Warnock (2005) clama por uma revisão radical do conceito de inclusão, no qual crianças com dificuldades físicas e emocionais são ensinadas em escolas de ensino regular. Embora a ideia de inclusão tenha nascido de boas intenções, ela descreve sua implementação prática, com o movimento de crianças da escola especial para a escola de ensino regular, como um *legado desastroso*. Warnock defendeu que os governos têm que reconhecer que, mesmo que a inclusão seja o ideal para a sociedade, ela poderá não ser o ideal para a escola. Em vez de colocar crianças com NEE em escolas de ensino regular, ela pede a mudança do estatuto e propósito das escolas especiais, cujo atendimento é praticamente exclusivo para crianças com as deficiências mais severas e complexas, lugares que funcionam como um centro hospitalar, mas com melhores instalações educacionais. Ela propõe um sistema de escolas especiais que possam atender a uma variedade maior de necessidades, incluindo o reconhecimento de que necessidades especiais podem emergir tanto de privações sociais como de deficiência física.

Isso nos leva a compreender como uma criança pode se sentir excluída na escola de ensino regular quando não há um ambiente nem profissionais adequadamente preparados para atendê-la. A inclusão deveria ser sinônimo de total envolvimento e participação *de todos* em iniciativas de aprendizagem coletivas, em vez de uma *mera presença física* no mesmo espaço escolar. Porém, isso ainda não é uma realidade em todas as escolas dos países onde se proclama a escola inclusiva. A falta de apoio, de recursos e de formação docente para o trabalho com a diversidade de necessidades educacionais em sala de aula são argumentos recorrentes para o fracasso da proposta da educação inclusiva. Então, é possível resolver os problemas da inclusão, ou melhor, na prática, a inclusão é verdadeiramente possível?

## **ATUAÇÃO DOCENTE E INCLUSÃO: CONDIÇÕES *SINE QUA NON* PARA O SUCESSO DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA**

Como é natural, a frequência regular da escola não basta para alcançar as metas de desenvolvimento estipuladas para cada série, tanto é que, no atual sistema educacional, há alunos que avançam pelos diferentes ciclos de escolaridade sem adquirir as habilidades necessárias para sua progressão. Este fato é particularmente preocupante em relação ao ensino direcionado ao alunado com NEE que, muitas vezes, é deficitário, inadequado ou inexistente, reduzindo *inclusão* à *mera presença física* em sala de aula. Há ainda aqueles alunos dispersos, desinteressados, desestimulados, o que pode ocasionar evasões, reprovações, recuperações, violência, entre outras situações. Cada caso possui uma especificidade

que deve ser observada, que influencia o ambiente escolar e que pode ser o resultado direto da atuação docente e sua formação:

A forma de apresentar o conteúdo, portanto, pode agir em sentido contrário, provocando a falta de desejo de aprender que seria, para os alunos, o distanciamento que se coloca entre o conteúdo e a realidade de suas vidas (PEZZINI; SZYMANSKI, 2008, p. 3).

Assim, é vital que o professor compreenda as particularidades, as limitações e as potencialidades de todos os alunos, com especial atenção à criança com NEE. Normalmente, o docente ministra a aula para um grande número de alunos e acaba atingindo principalmente os alunos no *centro da curva de Gauss* da turma, os alunos medianos, ou seja, em geral, os alunos nos extremos das competências e aproveitamento (melhor e pior) acabam sendo negligenciados: uns pela autonomia e pela alta capacidade de apreensão dos conteúdos, outros precisamente por não conseguirem acompanhar a aula e precisarem de mais apoio. Nesses extremos, encontram-se os alunos com NEE, da criança com altas habilidades (superdotada) à criança com deficiência, ou com dificuldades de aprendizagem, ou com transtornos, ou com distúrbios psicológicos permanentes ou temporários, entre outros. Ora, é lícito afirmar que os alunos com necessidades educacionais mais específicas e urgentes deveriam ser contemplados por uma prática pedagógica particularmente bem talhada e mais cuidada para atender a essas mesmas especificidades. Porém, genericamente falando, é seguro afirmar que o ensino desse alunado é fraco e não contribui eficazmente para o desenvolvimento da sua capacidade cognitiva e autonomia. Também é comum ouvir professores alegando falta de tempo, de condições, de recursos, de apoio ou de formação profissional para *não* preparar material adequado, particularmente para alunos com NEE. Mas, para que a educação inclusiva, de fato, se materialize e se coadune com o que está previsto na legislação brasileira, é necessário compreender que o sucesso desta proposta passa pela formação docente inicial e continuada adequada e efetiva. Mesmo que o *ethos* escolar tenda à homogeneização das diferenças, a diversidade humana é uma realidade incontornável na sala de aula e se manifesta na gama heterogênea de capacidades, habilidades, competências, experiências, expectativas e atitudes de seus atores. Assim, preparar uma aula apenas para o grupo de alunos "mediano" da turma, descurando ambos os extremos de habilidades (os alunos mais competentes e os alunos com maiores dificuldades), não reflete um esforço para a promoção de um ambiente educacional inclusivo. Compreensivelmente, a elevada quantidade e diversidade de alunos exige uma busca constante por novas estratégias embasadas em conhecimentos multidisciplinares que possam auxiliar o professor em sua atuação com novas possibilidades didático-pedagógicas. Silva e Morino (2012, p. 33) explicam que: "[...] a partir do conhecimento e aplicação das neurociências na formação de professores, eles conhecerão os meios neurocientíficos e terão o domínio dessas teorias em favor da educação".

O professor nem sempre é capacitado para lidar com situações adversas, o que condiciona negativamente sua atuação enquanto mediador do processo ensino-aprendizado. Obtendo conhecimento das ferramentas necessárias para melhor compreender seus alunos e realizar um trabalho interdisciplinar, em parceria com os profissionais adequados, o professor poderá estimular o aluno na construção do conhecimento e, conseqüentemente, aumentar a probabilidade de sucesso educacional. A neurociência é uma ferramenta valiosa na busca por soluções que tornem os alunos capazes, à sua maneira, de aprender e alcançar os objetivos que são propostos em cada etapa escolar, como demonstra Geake (2002 apud SILVA; MORINO, 2012, p. 32):

[...] se a aprendizagem é o conceito principal da educação, então, alguns dos descobrimentos da neurociência podem ajudar-nos a entender melhor os processos de aprendizagens dos educandos, e em conseqüência ensinar-lhes de maneira mais apropriada, efetiva e agradável.

A escola é um ambiente favorável ao desenvolvimento de novos conhecimentos. Dentro dela, deve haver estímulos promovidos pelo professor de forma sistematizada, que busquem um objetivo comum, o aprendizado, criando novas possibilidades de desenvolvimento e transformação cerebral:

As atividades dos neurônios geram um mundo interno que se adapta e se modifica à medida que interagem com o meio ambiente, sendo que os nossos cinco sentidos (tato, gustação, visão, olfato e audição) constituem o elo de comunicação. A evolução, experiência, sobrevivência humanas são determinadas pelas constantes trocas de mensagens e respostas, remodelando ambos para fins de adaptação, posto que a pluralidade cultural desencadeia mudanças no cérebro (MORALES, 2011, p. 2).

## **A PRÁTICA PEDAGÓGICA CLÁSSICA NA AURORA DE UM NOVO PARADIGMA EDUCACIONAL**

A pedagogia tradicional emergiu durante o século XIX, implantou-se universalmente durante o século XX e prevalece ainda, em pleno século XXI, no imaginário da sociedade atual e na realidade de muitas escolas brasileiras. Apesar de sucessivas tentativas de mudança, essa abordagem resiste à substituição por novos paradigmas e propostas pedagógicas mais eficazes, mantendo-se firmemente implantada na escola contemporânea. Isso equivale a dizer que temos atualmente uma escola do século XIX, com uma larga percentagem de professores formados no século XX, lecionando alunos do século XXI. Por outras palavras, o

modelo educacional amplamente implantando na escola contemporânea pode já não estar dando a resposta mais adequada para a formação científica, acadêmica e cidadã do aluno contemporâneo. Considerando os contextos socioculturais e econômicos da criação das propostas educacionais e dos objetivos da escola do século XIX e do século XXI, podemos sugerir que há defasagens significativas entre as diferentes épocas, entre o que o docente sabe e pode concretizar pela sua prática docente, limitado na sua formação profissional, e as expectativas, exigências e necessidades da criança da sociedade atual. Para Mizukami (1986, p. 12):

[...] a escola fundamentada nesta abordagem é o lugar por excelência onde se realiza a educação, a qual se restringe, em sua maior parte, a um processo de transmissão de informações em sala de aula e funciona como uma agência sistematizadora de uma cultura complexa.

Partindo deste pressuposto, verifica-se que o ensino tradicional está voltado para a educação instrucional, na qual a aprendizagem do sujeito tem por base informações e conteúdos preestabelecidos e modelos imitados, e não teorias que atuam na formação integral do indivíduo. Nessa proposta, os alunos são independentes de suas especificidades, experiências e realidade social e recebem passivamente os conhecimentos de um professor que detém o saber, o único elemento que tem um papel ativo no processo ensino-aprendizagem, no que se designa de ensino enciclopedista. Em suma, nesta pedagogia há uma redução do processo educativo a apenas uma de suas dimensões: a dimensão do saber (GÔNGORA, 1985).

Vale ressaltar que o processo ensino-aprendizagem é composto por duas partes: um lado ensina, o outro aprende. Ensinar refere-se a um exercício na maioria das vezes realizado pelo professor, enquanto que o aprender é resultado da atividade realizada pelo professor, mas que tem resultados positivos. Kubo e Botomé (2001, p. 137), embasados em Bushell (1973), explicam que:

Ninguém pode afirmar que "ensinou, mas o aluno não aprendeu". Ensinar define-se por obter aprendizagem do aluno e não pela intenção (ou objetivo) do professor ou por uma descrição do que ele faz em sala de aula. A relação entre o que o professor faz e a efetiva aprendizagem do aluno é o que, mais apropriadamente, pode ser chamado de ensinar. Nesse sentido, ensinar é o nome da relação entre o que um professor faz e a aprendizagem de um aluno.

Atualmente, a educação brasileira ainda carece de práticas pedagógicas efetivas na preparação de cidadãos autônomos, críticos e confiantes, e isso passa pelo desenvolvimento das habilidades cognitivas, do raciocínio, do pensamento. Destarte, a formação docente atual precisa contemplar os subsídios da neurociência para uma prática pedagógica mais eficaz.

Hoje há um consenso quanto à finalidade primária da escola: promover o desenvolvimento de habilidades psicomotoras, cognitivas, afetivas e sociais, transmitir o conhecimento, desenvolver a capacidade crítica dos alunos e despertar a criatividade. Entretanto, encontramos problemas relacionados à prática docente, sobretudo quando verificamos práticas enraizadas em procedimentos repetitivos e centradas no professor, colocando o aluno numa posição passiva e de mero receptor de conteúdos prontos. Isso está longe do que Freire (1983) preconizou quando defendeu que o objetivo da escola era ensinar o aluno a *ler o mundo* para poder transformá-lo.

Para superar a *concepção bancária da educação* (FREIRE, 1983, p. 66) no sistema educacional brasileiro, é necessário que as instituições de ensino abandonem este ensino convencional, organizando o currículo para que o aluno possa obter as informações necessárias para utilizá-las em suas práticas sociais. Por outro lado, devem-se levar em consideração os procedimentos didáticos utilizados pelo docente, pois quando Freire critica a concepção bancária, ele nos faz um convite à reflexão da prática pedagógica para uma educação que vai além da transposição do aprendizado e possibilite um processo educativo que transforme o sujeito consciente de suas responsabilidades enquanto agente transformador.

## NEUROCIÊNCIA E O DIÁLOGO POSSÍVEL COM A ATUAÇÃO DOCENTE

A atuação docente no cenário educacional atual, onde encontramos alunos com pouco interesse pelo aprendizado efetivo e professores insatisfeitos com os resultados de sua prática, requer uma busca crítica e reflexiva por soluções para problemas existentes no processo de ensino-aprendizagem. O surgimento de novas ciências oferece ao docente a possibilidade de obter conhecimentos que o auxiliem na construção de uma prática pedagógica mais eficaz. Como já vimos, a neurociência surge como uma possível aliada para a atuação docente, como explicitado por Lima, Barreto e Lima (2007, p. 92-93):

A reflexão deve existir de forma coerente e concreta a partir de uma dimensão formativa, devendo o educador, alunos e pares aprofundarem "o aprender a aprender" para benefício do próprio homem e ir além, visto que a prática do educador traduz o modo de agir do mesmo, daí observa-se que o educador como profissional reflexivo, dentre outros pontos deverá [...] considerar os conhecimentos humanos sempre articulando a outros conhecimentos, tomando-se o cuidado de evitar a fragmentação dos saberes.

A partir das vivências em sala de aula, o professor percebe a necessidade de se buscarem novos conhecimentos para melhorar ou solucionar os problemas por ele vivenciados. O contexto educacional em que o professor está envolvido não poderá ser considerado como parte distante de sua formação profissional (LIMA; BARRETO; LIMA, 2007).

O professor para o século XXI precisa compreender que o seu conhecimento não é algo imutável, mas que deve estar relacionado às mudanças que ocorrem em sala de aula e que está em constante movimento mediante as necessidades que surgem durante sua prática educativa. Isso requer o desenvolvimento de um perfil educacional específico:

[...] tal perfil se caracteriza por um processo de construção do sujeito historicamente situado e tem a ver com o que emerge da necessidade da sociedade em dado contexto e momento histórico, tomando as finalidades educacionais da sociedade em seu conjunto para compreender o sujeito que se pretende formar (LIMA; BARRETO; LIMA, 2007, p. 94).

Percebe-se que, ao longo dos anos, novas ciências têm contribuído para a formação dos profissionais da educação auxiliando em suas práticas pedagógicas (OLIVEIRA, 2011). Se levarmos em conta que a neurociência realiza estudos cerebrais para obter conhecimentos sobre o modo como pensamos, como agimos, como somos estimulados e, o principal para a educação, compreender a forma como aprendemos e assimilamos informações, poderemos considerar a neurociência como uma ferramenta importante para a construção de métodos e estratégias para uma atuação docente mais eficaz. Assim, constatamos que há um potencial elevado de contribuição científica para o cenário educacional atual:

A neurociência se constitui como a ciência do cérebro e a educação como ciência do ensino e da aprendizagem e ambas têm uma relação de proximidade porque o cérebro tem uma significância no processo de aprendizagem da pessoa. Verdadeiro seria, também, afirmar o inverso: de que a aprendizagem interessa diretamente ao cérebro (OLIVEIRA, 2011, p. 21).

## NEUROPLASTICIDADE: UM EXEMPLO PRÁTICO

O cérebro possui a capacidade de se moldar, de se reorganizar e se adaptar de acordo com os estímulos ambientais oferecidos ou perante a necessidade apresentada pelo organismo e alterar sua função, perfil químico (quantidade e tipos de neurotransmissores produzidos) ou sua estrutura, temporária ou permanentemente (OLIVEIRA, 2011). Esse processo, conhecido por *plasticidade neural* ou *neuroplasticidade*, dá origem a novas sinapses cerebrais que desenvolvem a aprendizagem do indivíduo, possibilitando a construção de novos conhecimentos. Cabe ao professor o papel de mediador dos conhecimentos em sala de aula, realizando as adequações necessárias perante as limitações e habilidades percebidas nesse ambiente. Segundo Oliveira (2011, p. 22), "elaborar ações educativas com base no conhecimento da neurociência é dispor de ferramentas capazes de analisar o percurso da aprendizagem para que se alcance o potencial individual de desenvolvimento e aprendizagem". Simultaneamente,

a neurociência proporciona alterações do comportamento dos alunos em relação às propostas em sala de aula, pois estes serão estimulados a desenvolver suas habilidades e potencialidades educacionais de forma adequada.

A neurociência possibilita ao docente a reconstrução de sua prática educativa a partir do funcionamento cerebral, o que resulta na utilização de conhecimentos teóricos e didático-pedagógicos sob uma nova perspectiva de educação. Essa mudança promove a estimulação cognitiva adequada dos alunos em sala de aula para aperfeiçoar sua atuação, como explica Oliveira (2011, p. 26):

O conhecimento, por parte do educador, do neurodesenvolvimento permite a utilização de teorias e práticas pedagógicas que levem em conta a base biológica e os mecanismos neurofuncionais, otimizando as capacidades do seu aluno.

Além disso, o conhecimento do funcionamento cerebral leva o professor a compreender como acontece o processo ensino-aprendizagem com seu aluno, para depois realizar adequadamente as intervenções pedagógicas quando estas forem necessárias, sempre de uma forma que tenha significado para o aluno. Esse conhecimento irá ainda proporcionar ao educador a possibilidade de criação de estratégias que explorem as potencialidades do aluno, uma vez que sua prática estará baseada no desenvolvimento do aluno, nos resultados de sua prática pedagógica, na percepção dos problemas encontrados e na ressignificação de sua atuação profissional. Por conseguinte, a formação continuada torna-se importante para o desenvolvimento da prática docente adequada a fim de enfrentar problemas vivenciados em sala de aula, embora seja responsabilidade do professor realizar a transposição destes saberes entre neurociência e educação:

[...] podem contribuir ao nos estender conhecimentos que permitem uma visão maior e mais profunda sobre a mente humana, mas a transposição desses saberes para a prática pedagógica é de nossa responsabilidade como educadores (NOGARO, 2012).

As contribuições da neurociência têm sido um dos modelos mais apropriados para exercitar as competências e as habilidades dos alunos. Enquanto a educação cria estratégias, condições, oportunidades e um ambiente favorável que atenda a todas as necessidades educacionais, a neurociência adentra no campo educacional como uma ciência que estuda o cognitivo numa perspectiva neurobiológica, tentando auxiliar os professores na compreensão de alguns aspectos e limitações que surgem durante o processo de aquisição do conhecimento. Mas importa salientar que esta proposta não pretende criar fórmulas ou receitas miraculosas de sucesso escolar, mas sim provocar reflexões em busca da potencialização da prática pedagógica. Como nos explica Morales (2011, p. 2):

A precariedade dos saberes sobre o funcionamento básico do cérebro, bem como a falta de utilização dos seus vastos recursos na educação, faz com que seja permanente a inclusão deste tema interdisciplinar na formação científica do professor, buscando a relação entre a neuroplasticidade e os processos de aprendizado, com a finalidade de instrumentalizar o educador.

Vejamos um exemplo prático hipotético de um professor que teve formação básica sobre alguns conceitos simples de neurociência e sobre autismo. Ele saberá que:

- os neurônios são células nervosas que desempenham o papel de conduzir os impulsos nervosos por meio do corpo. Essas células especializadas são as unidades básicas do sistema que processa as informações e estímulos no corpo humano;
- os neurônios possuem três partes principais: *dendritos* (parte receptora do neurônio com extremidades ramificadas onde ocorre a recepção das informações); *corpo celular* (responsável pela integração das informações); e *axônios* (que transportam o impulso nervoso de um neurônio para outro);
- a transmissão dos impulsos nervosos entre neurônios, ou de um neurônio para outro tipo de célula, ocorre por meio de uma reação físico-química chamada sinapse;
- a sinapse é o local de contato (comunicação) entre dois neurônios. A transferência do impulso nervoso nas sinapses ocorre graças aos neurotransmissores. Estes são biomoléculas (substâncias químicas) produzidas pelos neurônios e armazenadas nas vesículas sinápticas (bolsas presentes nas extremidades dos axônios).

Observa-se que a composição das partes constituintes do neurônio da criança com autismo é diferente do neurônio da criança sem autismo:

- *corpo celular reduzido*, com menor número de dendritos ou terminações onde o neurônio entra em contato com outros neurônios especializados em receber/passar estímulos. Essa diferença compromete as neurotransmissões de informação;
- *axônio mais fino*, parte do neurônio por onde passa a informação (impulso nervoso) para outros neurônios. A camada de mielina mais fina compromete a transmissão, recepção/envio dos impulsos nervosos;
- *número reduzido de terminações do axônio*, o que também compromete uma transmissão de impulsos mais ativa e dinâmica.

O professor também estudou que os neurônios possuem uma habilidade muito útil conhecida como *plasticidade neural* ou *neuroplasticidade*, que é a capacidade de os circuitos neurais se moldarem em resposta aos estímulos ambientais; ocorre durante toda a vida, mas

é mais atuante na criança. Todavia, a criança muito pequena tem a desvantagem de ainda ter um encéfalo "pobre" em conteúdos, com poucos circuitos já estabelecidos. Por isso, ainda não consegue fazer muitas sinapses, o que compromete o envio/recepção de informações. Já os pré-adolescentes/adolescentes têm a grande maioria dos circuitos corticais bem estabelecidos, o que auxilia no processo de reabilitação; por exemplo, quando há uma lesão e no processo de aprendizagem (COTMAN; BERCHTOLD, 2002).

O desenvolvimento das competências cognitivas depende do grau e da intensidade dos estímulos que o cérebro recebe, com ou sem deficiência ou transtorno. Além disso, o cérebro *desliga* ou desfaz conexões sinápticas previamente estabelecidas, mas que pararam de ser utilizadas ou estimuladas. Por outras palavras, podemos dizer que o neurodesenvolvimento só não ocorre no cérebro morto, logo, é vital manter os estímulos para que evolução, melhorias, aprendizagens continuem ocorrendo. Então, equipado com estas três importantes informações, a constituição do neurônio da criança com autismo, o potencial da neuroplasticidade e a importância do estímulo, o professor poderá planejar e estruturar uma aula mais apropriada para o seu aluno com autismo, com a devida dose de estímulos sensoriais, reduzida, porém, contínua e gradual, para que se observe uma mudança a curto prazo (DENNIS, 2000).

Ele entenderá que sua atuação com essa criança não irá alterar a fisiologia deficitária de seus neurônios *autísticos*, já que seu cérebro possui problemas de ordem estrutural (composição da célula) e, por consequência, tem problemas de ordem neuroquímica (que *atrapalha* as neurotransmissões), e ambos afetam as funções e o funcionamento dessa mesma célula. Isso significa que o neurodesenvolvimento do cérebro desta criança está condicionado por determinações de ordem genética e ambiental, mas modificações neuronais irão ocorrer gradativamente no sistema nervoso com o estímulo adequado e contínuo. Este promove a criação de novas conexões sinápticas, ou seja, amplia a capacidade cerebral dessa criança, o que produzirá resultados surpreendentes a curto prazo. Será possível observar que, embora essa criança continue mostrando os traços típicos do espectro autístico, ela evoluiu, melhorou seu comportamento, desenvolveu sua escrita, sua oralidade, entre outras aprendizagens, tudo graças à impressionante capacidade do seu cérebro de se desenvolver perante estímulos. Assim, investir em estímulos adequados às especificidades de cada aluno, mediante práticas pedagógicas dinâmicas e enriquecedoras, poderá promover a formação de cidadãos mais autônomos, críticos e criativos, habilidades essenciais na realidade do século XXI.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ficou evidente que a trajetória historiográfica da neurociência está intrinsecamente atrelada a avanços do conhecimento e da tecnologia, em particular nas áreas da neuroimagem, biologia molecular e celular, neurologia e psicologia. E é essa articulação interdisciplinar que

tem possibilitado o expressivo salto quantitativo e qualitativo dos estudos na área nos últimos 30 anos. As contribuições da neurociência para a educação vêm avançando no decorrer das últimas décadas e muito há ainda por desvelar em relação aos mecanismos cerebrais envolvidos no processo de aprendizagem, memória, entre outros aspectos envolvidos no processo ensino-aprendizagem. Sabemos que qualquer aprendizagem depende de respostas e dos estímulos que o cérebro recebe, e que este vai se adaptando, desenvolvendo e ampliando sua capacidade enquanto estiver recebendo estímulos. Se o processo ensino-aprendizagem é o resultado das relações entre aluno e professor, este deve procurar conhecer seus alunos para poder adequar sua prática pedagógica às necessidades individuais da criança, que são sempre condicionadas pelas suas competências e limitações. A neuroeducação oferece mecanismos para diminuir as dificuldades de aprendizagem e considera os envolvidos como sujeitos reflexivos e ativos nesse procedimento, conforme explica Seixas (2014, p. 44): "a neuroeducação procura fomentar a prática pedagógica, nomeadamente evidenciando estratégias pedagógicas que respeitam a forma como o cérebro funciona".

Ao repensar sua prática, o professor pode criar metodologias de ensino que facilitem a aprendizagem e até mesmo diagnosticar com maior precisão qualquer desinteresse na aprendizagem, ou por falta de atenção, ou por alguma dificuldade ou transtorno que não foi previamente detectado e que dificulta o processo de aquisição do conhecimento. Para tal, é importante que o docente adquira formação específica para compreender a composição e o funcionamento do cérebro humano, mediante a aquisição dos conteúdos e na afetividade das relações professor-aluno e aluno-aluno.

O foco principal da neuroeducação é agregar o conhecimento sobre a funcionalidade do cérebro a favor da criação de várias estratégias educativas que facilitem a aprendizagem. Se essas estratégias forem bem aplicadas e aproveitadas de forma coerente, proporcionarão um aumento do aproveitamento escolar da criança e uma maior satisfação profissional docente. A neuroeducação traz novas contribuições com embasamentos na neurociência para a promoção da inovação das práticas pedagógicas com o objetivo de aumentar a qualidade da educação da escola brasileira e do sucesso escolar das crianças. Porém, é necessário que os professores compreendam a importância do estudo do cérebro e adquiram mais formação para estarem aptos a provocar a necessária mudança de paradigma educacional e quebrar as amarras com um ensino tradicional ultrapassado e obsoleto que pouco ou nada contribuiu para a efetivação da educação inclusiva. Enfim, a neurociência revela-se como um aliado importante para a melhoria da educação brasileira, à semelhança daquilo que já é executado em sistemas educacionais de outros países. É necessária uma boa dose de coragem e a oportunidade de conhecer as possibilidades que a neurociência tem para oferecer à educação e ao processo ensino-aprendizagem, particularmente para um atendimento mais eficaz à criança com necessidades especiais.

## Neuroscience and inclusion: educational implications for an effective inclusive process

**Abstract** – There has been a significant growth in the number of neuroscience studies that are feeding educational debates, in an effort to boost understanding on human development and on the multiple brain abilities. The more we ascertain the inclusive education implications, the more invaluable transdisciplinary exchanges become. Even though diversity is part of the school's essence, the institution operative rationale tends to homogenize and dilute major distinctions within naturally different individuals. On the other hand, educational inclusion aims to value and engage the singularity of talents, abilities, knowledge and experiences all children bring in to school, with a single goal in mind: to learn. With the operative implementation of inclusion policies, it is critical to reflect upon diversity of brain aptitudes in order to grasp, respect and value each child's individual skills, limitations and full potential. Hence the debate on teacher training and neuroscience. This text does not mean to offer neuroscientific practical teaching strategies. It aims to clarify some neuroscientific aspects that may help us to understand the challenge of teaching-learning within diversity and the impact of effective teacher practices for educational inclusion.

**Keywords:** Inclusion. School. Diversity. Neuroplasticity. Training.

### REFERÊNCIAS

- COTMAN, C. W.; BERCHTOLD, N. C. Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neurosciences*, v. 25, n. 6, p. 295-301, June 2002.
- DENNIS, M. Developmental plasticity in children: the role of biological risk, development, time, and reserve. *Journal of Communication Disorders*, v. 33, n. 4, p. 321-332, July/Aug. 2000.
- FLOR, D.; CARVALHO, T. A. P. *Neurociência para educadores: coletânea de subsídios para "alfabetização neurocientífica"*. São Paulo: Baraúna, 2012.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.
- GÔNGORA, F. C. *Tendências pedagógicas na prática escolar*. São Paulo: Edições Loyola, 1985.
- KOLB, B.; WHISHAW, I. Q. *Neurociência do comportamento*. São Paulo: Manole, 2002.
- KUBO, O. M.; BOTOMÉ, S. P. Ensino-aprendizagem: uma interação entre dois processos comportamentais. *Interação em Psicologia*, v. 5, n. 1, p. 133-171, 2001.
- LIMA, P. G.; BARRETO, E. M. G.; LIMA, R. R. Formação docente: uma reflexão necessária. *Educere et Educare – Revista da Educação*, v. 2, n. 4, p. 91-101, jul./dez. 2007.
- LUNDY-EKMAN, L. *Neurociência: fundamentos para reabilitação*. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2004.

MIZUKAMI, M. G. N. *As abordagens do ensino do processo*. São Paulo: EPU, 1986.

MORALES, R. Educação e neurociências: uma via de mão dupla. In: REUNIÃO GT13: EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL, 28., 2011, Natal. Disponível em: <<http://28reuniao.anped.org.br/gt13.htm>>. Acesso em: 3 maio 2016.

NOGARO, A. *Neurociência, formação de professores e práticas pedagógicas*. 2012. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/neurociencia-formacao-de-professores-e-praticas-pedagogicas/90118/#ixzz3IfvCI9fq>>. Acesso em: 3 maio 2016.

OLIVEIRA, G. G. *Neurociências e os processos educativos: um saber necessário na formação de professores*. 147 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação)–Universidade de Uberaba, Uberaba, 2011. Disponível em: <<http://www.uniube.br/biblioteca/novo/base/teses/BU000205300.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. Ministry of Education and Science. *Final report on the World Conference on Special Needs Education: access and quality*. Salamanca, June 1994.

PEZZINI, C. C.; SZYMANSKI, M. L. S. *Por onde andar o desejo de aprender dos alunos?* 2008. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/853-4.pdf>>. Acesso: 3 maio 2016.

RELVAS, M. P. *Neurociência e transtornos de aprendizagem: as múltiplas eficiências para uma educação inclusiva*. 4. ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2010.

SEIXAS, S. R. *Da neurobiologia das relações precoces à Neuroeducação*. 2014. Disponível em: <<http://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/4025>>. Acesso em: 1º maio 2016.

SILVA, F.; MORINO, C. R. I. A importância das neurociências na formação de professores. *Momento Diálogos em Educação*, v. 21, n. 1, p. 29-50, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.furg.br/momento/article/view/2478>>. Acesso em: 1º maio 2016.

WARNOCK COMMITTEE. *Special educational needs: the Warnock Report*. London: D.E.S., 1978.

WARNOCK. M. *Special educational needs: a new look*. London: Philosophy of Education Society of Great Britain, 2005.

Recebido em maio de 2016.

Aprovado em maio de 2016.