

## ALFABETIZAÇÃO EM NEUROCIÊNCIA E EDUCAÇÃO PARA PROFESSORES DO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO

Amauri Betini Bartoszeck<sup>1</sup>  
Dênia Falcão Bittencourt<sup>2</sup>

### Resumo

Este estudo exploratório visou avaliar através de um questionário de 10 perguntas ancoradas em escala Likert qual a apreensão que uma amostra de 189 professores da educação infantil, ensino fundamental e médio, lecionando em escolas de cidades de zona rural e de zona urbana, têm da relevância da neurociência e educação na prática de ensino e aprendizagem de seus alunos. O teor das perguntas varia do conhecimento básico sobre o sistema nervoso central e periférico, períodos crítico e sensível, neuroplasticidade, ambiente enriquecido, desenvolvimento e aprendizagem, biologia da memória, emoção, sono e sonho e cérebro e codificação de informação. A fundamentação teórica utilizada baseou-se no conceito de “alfabetização” em neurociências. A avaliação quantitativa (porcentagem, média e desvio padrão) indicou que, em termos gerais, os professores desta amostra são favoráveis à aplicação dos conceitos da neurociência educacional como contribuição para o ensino e aprendizagem de suas disciplinas. Todavia, discordaram da relevância de período crítico e codificação da informação pelo cérebro com implicações educacionais. A análise dos dados obtidos fornecerá subsídios para o planejamento de um Curso Livre (80h) modalidade EAD em neurociência e educação online.

**Palavras-chave:** ensino, aprendizagem, neurociência educacional, EAD, professores.

---

<sup>1</sup>Graduado em História Natural (Biologia) pela Universidade Federal do Paraná, mestre em Ciências Biológicas (Entomologia) pela Universidade Federal do Paraná, doutor em Neurofisiologia de Invertebrados pela Universidade Federal do Paraná e doutor em Fisiologia na Educação Médica - University of Washington. Professor adjunto de Fisiologia da Universidade Federal do Paraná. Tem experiência na área de Fisiologia, com ênfase em Órgãos e Sistemas, Neuroeducação e Educação Científica.

<sup>2</sup> Professora e orientadora do trabalho de conclusão do Curso. Doutora em Educação USP. Área: Didáticas, teorias de ensino e práticas escolares, FEUSP, SP. Mestre em Engenharia de Produção UFSC. Área: Mídia e Conhecimento, PPGEP, SC. Psicóloga PUCRS, RS.

## EDUCATIONAL NEUROSCIENCE LITERACY FOR PRIMARY AND SECONDARY SCHOOL TEACHERS: AN EXPLORATORY STUDY

### Abstract

This exploratory study aims to evaluate by means of a Likert-scale anchored 10 questions questionnaire the extent to which a sample of 189 preschool, primary, and secondary school teachers from urban and rural area schools understand how neuroscience may help teaching and learning of their pupils. Questions contents are concerned with teachers' basic knowledge on central nervous system, critical and sensitive periods, neuroplasticity, enriched environment, learning and development, the biology of memory, emotion, sleep and dream and how the brain codify information. Qualitative evaluation (percentage, mean, and standard deviation) has shown that most of the teachers from this sample agree that neuroscience may contribute to teaching and learning of their school disciplines. However, there were some disagreement concerning critical period and brain codifying information relevant for educational implications. Analysis of data provided information for planning a short course of educational neuroscience online

**Keywords:** teaching, learning, educational neuroscience, online, teachers

### Introdução

A neurociência é um setor relativamente recente do conhecimento biológico reunindo entre outras disciplinas, a neurofisiologia, neurofarmacologia, neurologia, psicologia evolutiva, eixo “psico-neuro-endo-imuno” e neuroimagem (PURVES, ET AL. 2005) Contemporaneamente, muitos aspectos da estrutura e comportamento a partir de invertebrados aos primatas foram elucidados, mas detalhes fundamentais ainda estão sendo investigados (MOYES ET AL., 2006; DALGALORRONGO, 2011). Estudos básicos sobre percepção, emoção e as funções de aprendizagem e memória tem feito substancial progresso pela adoção de abordagens típicas da investigação em neurobiologia (THOMPSON e MADIGAN, 2005).

O desenvolvimento de técnicas modernas para registro de atividade fisiológica no cérebro humano não invasivas (por ex. fMRI), no momento em que crianças, adolescentes, adultos e idosos estejam exercendo uma atividade cognitiva, tem permitido ao pesquisador localizar com mais precisão, circuitos neurais e áreas em atividade sincrônica. Tais atividades

são responsáveis pela capacidade intelectual humana como leitura, fala, linguagem, raciocínio matemático e criatividade (SOUSA, 2008; DEHAENE, 2009, 2011). A habilidade humana de pensar e “armazenar” lembranças e conhecimento está na dependência de atividades físico-químicas relativamente complexas nos circuitos neuronais do córtex pré-frontal e hipocampo (DUDAI, 1998; THOMPSON ; MADIGAN, 2005). Assim, o ensino e a aprendizagem podem ser estudados complementarmente às teorias pedagógicas, como um novo campo das ciências naturais, desde a creche, pré-escola passando pelo ensino fundamental e médio, até o nível universitário (GEAKE, 2009; CONSENZA ; GUERRA, 2011; RODRIGUEZ, 2013<sup>a</sup>).

Embora os professores de todos os níveis estejam interessados no desenvolvimento cognitivo dos estudantes que ensinam, há em geral, uma lacuna no conhecimento sobre as bases biológicas da aprendizagem. Assim, uma das principais finalidades deste estudo exploratório, devido à escassez de outros estudos semelhantes no Brasil, é fazer um levantamento preliminar sobre o que os professores realmente sabem a respeito do funcionamento do cérebro ligado a Educação. Quais ideias possam ter sobre o tópico e eventualmente remediar tal situação com Cursos Livre de neurociência educacional em EAD online, sugerindo implicações educacionais baseadas nos achados bem consolidados em neurociência. Os resultados esperados justificam o esforço do trabalho, pois permitirão sugerir implicações educacionais tais como:

- a- O professor atuar como “animador” no processo da construção do conhecimento por parte do aluno, não transmissor de informação, na sua disciplina escolar;
- b- Ser um “gestor” ativo nos meandros do conhecimento já estabelecido, afinado com os procedimentos da aprendizagem;
- c- Atuar como elemento que auxilia o aluno a pensar e a organizar o conhecimento na estrutura cognitiva da sua mente, de forma dinâmica em função de sua participação no futuro Curso Livre on-line (em planejamento).

### **Justificativa**

Lamentavelmente os cursos de graduação em Pedagogia pouco oferecem no seu currículo, nas Universidades brasileiras, disciplinas de Biologia Educacional e ou Neurociência da aprendizagem exceto eventuais disciplinas optativas (BRASIL, 2006). Além desta ausência no currículo da formação acadêmica, os educadores ficam a mercê de empresas educacionais pouco criteriosas responsáveis pela elaboração de propostas educacionais não fundamentadas em evidência experimental fomentado os neuromitos (RATO ET AL., 2011; 2013; DEKKER ET AL., 2012). Contudo, há interesse das universidades em termos nacionais e internacionais em oferecer cursos de complementação para estudantes de graduação e profissionais da área de Educação que já atuam em sala de aula (“preservice”,

”inservice”), mas poucas experiências já consolidadas (cursos livres, curso de especialização) foram encontradas em termos de EAD on-line para neurociência educacional no Brasil<sup>3</sup>, e Peru, Lima<sup>4</sup> embora existam livros já publicados sobre Neurociência e Educação (GUERRA ET AL., 2004; BLAKE ; GARDNER, 2007; RELVAS, 2009; GEAKE, 2009). Assim, como resolver este estado de coisas? Como problema de pesquisa se propõe mediante a ação de revisão bibliográfica da literatura sobre os princípios da Neurociência e Educação, responder a questão: Quais conteúdos de neurociências podem ser oferecidos em um Curso Livre em neurociência educacional EAD online na formação de professores ou posteriormente? Será dada ênfase na produção de conteúdo, autoria (RAMAL, 2003, FILANTRO, 2004; SANTOS ; SILVA, 2009).

### **Objetivos do trabalho**

O objetivo principal (geral) é fazer um levantamento e revisão crítica na bibliografia sobre neurociência e educação. Quais conteúdos de neurociência e educação atendem a necessidade de formação de professores e inclusive posteriormente àqueles desde a creche, educação infantil ensino fundamental e médio. Complementarmente, se um curso de especialização em EAD online poderá contribuir para que o professor altere sua postura de repassador de informação e passe para gerador de conhecimento junto aos seus alunos? O objetivo específico: Identificar necessidades de conhecimento sobre neurociência e educação para a formação acadêmica e continuada de professores (Pedagogia e licenciaturas).

### **Metodologia**

Para alcançar os objetivos (principal e específico) propõem-se os seguintes passos:

- Levantamento bibliográfico sobre neurociência e educação
- Elaboração de questionário e aplicação para a coleta de dados com professores
- Levantamento e análise dos dados coletados;
- Revisão comparativa entre a análise dos dados coletados e o levantamento bibliográfico e a descrição da composição dos conteúdos do Curso Livre EAD online;
- Escrita da versão final do artigo de conclusão de curso incorporando os resultados das etapas anteriores.

<sup>3</sup> [http:// www.unisa.br/unisadigital/PL835.html](http://www.unisa.br/unisadigital/PL835.html)

<sup>4</sup> [http:// www.cerebrum.la](http://www.cerebrum.la)

Perguntas de pesquisa:

- Coletar através de questionário<sup>5</sup> o conhecimento de professores sobre os princípios de como funciona o cérebro humano;
- Coletar a opinião de professores via questionário, sobre como o binômio “cérebro e mente” poderá contribuir para o ensino e aprendizagem em sala de aula.

### Referencial teórico

O conceito de alfabetização científica (“*science literacy*”) eventualmente denominado “letramento científico” qual seja como “funciona” o mundo natural à luz do conjunto de conhecimentos metodicamente adquiridos pela Ciência e acumulados pela Sociedade, servirá de base para o conceito de alfabetização em neurociências “*neuroscience literacy*” (CHASSOT, 2003; FRAZZETTO, 2011). Este conceito pode ser definido como o entendimento dos processos relativos às doenças do cérebro, distúrbios do comportamento e mecanismos saudáveis da função cerebral regular tal como se dá o ensino e a aprendizagem humana (HERCULANO-HOUZEL, 2002; ZARDETTO-SMITH ET AL., 2002). Tal abordagem acredita-se facilitará a “transdução” da neurociência para fins educacionais via psicologia cognitiva e neurociência cognitiva, ou seja, o estabelecimento da “neurociência educacional” (SZÜCS ; GOSWAMI, 2007; RODRIGUEZ, 2013b; RODRIGUEZ ; SOLIS, 2013c).

O autor desenvolveu um questionário com 10 itens variando de conhecimento básico sobre o sistema nervoso central e periférico até períodos “críticos e sensíveis” durante a infância, experiências de aprendizagem no ambiente escolar, neuroplasticidade e aprendizagem, ambiente “enriquecido”, desenvolvimento e aprendizagem, biologia da memória. Este instrumento visa medir exploratoriamente a percepção de uma amostra de professores que ensinam na creche, pré-escola, ensino fundamental e médio como o cérebro funciona e como este tipo de conhecimento poderá contribuir para melhorar o ensino e aprendizagem de seus alunos. Os 10 itens do questionário serão avaliados frente a uma escala de 7 pontos escala Likert<sup>6</sup>, onde ancora 1= discordo totalmente a 7 concordo totalmente (LIKERT, 1932). O Comitê de Pesquisa e o Comitê Setorial de Ética em Pesquisa, Setor de Ciências Biológicas, UFPR, aprovaram este estudo. A coleta dos questionários foi feita em escolas em cidades da zona rural e área urbana para que possa refletir o estrato sociocultural dos professores, sendo que a coleta foi feita após a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido e anuência de Diretores e Orientadores Pedagógicos das escolas envolvidas. Os dados obtidos pela avaliação dos questionários, qual seja o que os professores da amostra já

<sup>5</sup> Vide Apêndice.

<sup>6</sup> Tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários.



sabem ou não sabem sobre o cérebro humano e como este conhecimento ajudará no ensino e aprendizagem de seus alunos servirá de base para planejamento de curso de curta duração online.

### **Projeções futuras**

Pretende-se que especialistas convidados (voluntários) pelo autor, elaborem textos sobre tópicos do Curso Livre em neurociência e educação on-line, que possam disponibilizar capítulos de livros, artigos, dissertações de Mestrado (com autorização dos detentores de direito autoral) na plataforma do AVA. Prevê-se a duração do Curso em 10 semanas, 2 horas por semana em um total de 80 horas. O primeiro autor “conteudista” intenciona elaborar apostila, slides “*PowerPoint*”, proposta de tarefas individuais e em grupo que serão corrigidas pelos monitores devidamente treinados. O progresso da aprendizagem pelos professores participantes do Curso on-line em neurociência e educação será verificado pela participação destes, no fórum de aprendizagem, vídeo-aula de apresentação e “aula ao vivo”. Planeja-se ter o apoio de uma equipe de técnicos do Centro de Computação Eletrônica (CCE/UFPR) formada pelo coordenador do projeto, um designer instrucional, o autor prof. conteudistas, um professor do Departamento de Educação/UFPR para alinhar o, contudo às teorias educacionais e tutores, que cederão voluntariamente seu tempo de trabalho.

A avaliação se dará pela elaboração de um item do Curso no formato de mapa-conceitual (programa *Inspiration*). Avaliação do Curso pelos professores-alunos permitirá ajuste em nova edição. O questionário foi respondido anonimamente por professores de ambos os sexos em Escolas localizadas no sul do Brasil, na zona urbana e zona rural para ter um estrato mais representativo. Os professores assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento antes dos dados serem coletados. Estudo semelhante sobre neurociência e educação já publicado avaliou opinião de professores no Reino Unido/UK (PICKERING ; HOWARD-JONES, 2007).

### **Levantamento bibliográfico sobre neurociência educacional.**

As perguntas (1 a 10) que compõem o questionário estão correlacionadas à exposição analisada a seguir.

### **Princípios de neurociência**

Os cursos de graduação particularmente os de Pedagogia e Educação em Ciências (Biologia, Química, Física e Matemática) contemplam aspectos de didática geral, mas o conhecimento contemporâneo dos resultados e os avanços em neurociências têm sido pouco valorizados onde poderiam ter boa aplicação em sala de aula. Estudos prévios indicaram que

professores de cidades brasileiras (30%) não sabiam que a aprendizagem e a memória estão relacionadas à ligação sináptica neuronal e quase 25% que elas estão relacionadas a modificações nos circuitos neuronais distribuídas em outras áreas do cérebro (HERCULANO-HOUZEL, 2002 ; HOWARD-JONES, 2010). Todavia, em outra cultura 90% dos professores consideraram que um melhor conhecimento sobre o funcionamento do cérebro humano é relevante para o planejamento escolar (PICKERING ; HOWARD-JONES, 2007; TOMMERDAHL, 2010). Levando-se em consideração que o binômio ensino-aprendizagem é decorrente da atividade mental do cérebro, o professor mais qualificado em neurociência educacional pode trazer este conhecimento, para a melhoria da aprendizagem do seu aluno, desde a pré-escola ao ensino superior ( BLAKEMORE ; FRITH, 2005; RELVAS, 2012).

O entendimento básico pelo leigo esclarecido da estrutura e funcionamento do complexo mente-cérebro depende essencialmente do conhecimento da atividade biológica da célula nervosa, o neurônio (DRUBACH, 2000 ; CARTER, 2002 ; ALEIXO ; BAILLON, 2008). A comunicação entre um neurônio e outro próximo dá-se por uma quase junção chamada sinapse. É como se fosse a fenda que separa as barras de aço dos trilhos do trem. Há um espaço que pela dilatação se estreita devido ao calor ou a passagem da locomotiva e os vagões do comboio. Em termos de sinapse a informação codificada é transferida entre os neurônios que formam o par ou um emaranhado destas células. Nos seres vivos (organismos) dos mais elementares aos mais avançados a evolução biológica possibilitou a estruturação de zonas especiais, desde células isoladas até circuitos neuronais mais sofisticados, que tem a seu encargo proporcionar a autonomia e comportamento do indivíduo em suas relações com o meio ambiente (DETHIER ; STELLAR, 1988; EL-HANI ; VIDEIRA, 2000).

Quando estas zonas atingem elevado grau de complexidade elas recebem o nome de cérebro (GREENFIELD, 2000). Por seu modo de atuar como por sua finalidade no organismo, estas cito-arquiteturas cerebrais chamam-se estruturas psíquicas ou mentais, que por sua atividade geram objetos mentais (LEDOUX, 2002 , DAMASIO, 2012). Assim, o sistema nervoso emerge como um conjunto de células estruturado, organizado desempenhando o papel da coordenação orgânica do corpo. Estende-se como uma rede por todo o organismo estabelecendo uma coordenação informativa auto-organizada . O cérebro humano (o sistema nervoso como um todo) contém aproximadamente 85 bilhões de neurônios (LENT ET AL., 2012). A atividade elétrica (corrente elétrica contínua) e os mensageiros químicos (neurotransmissores) são os entes físico-químicos que veiculam as informações codificadas entre os neurônios. A ativação aleatória, auto-organizada e não linear deste aglomerado de neurônios e células da neuroglia produzem nossos pensamentos, emoções, sentimentos e interações com o nosso entorno (DAMÁSIO, 2000). O neurônio sendo uma unidade básica distinta de outras estruturas orgânicas possui particularidades intrínsecas:

Vol.9 – Nº15 – Janeiro-2017/ISSN: 1982-6109

- a- É independente embriológica e anatomicamente, pois se constitui em uma entidade desde o nascimento do indivíduo;
- b- Sua função alimentar própria é independente dos demais neurônios;
- c- Possui membrana excitável o que significa poder reagir mesmo a estímulos de pequena intensidade;
- d- Apresenta grande capacidade de condutibilidade, quer dizer, o estímulo sofre uma “transdução” (uma forma de energia é convertida em outra) em impulso elétrico, o qual é conduzido por retroalimentação ao longo de seus componentes estruturais, iniciando nos dendritos, corpo celular e axônio, até chegar à porção final onde se encontra um espaço entre os neurônios ou placa motora a fenda sináptica.
- e- Exerce função informativa, já que transmite a informação sob a forma de potenciais de ação entre os neurônios do circuito;
- f- Exerce papel integrador (unificador) pela resultante dos sinais elétricos estabelecendo atividade cerebral complexa sobre a plêiade de diferentes funções do organismo, dando um sentido de totalidade. Este processo unificador congrega as funções emocionais, viscerais, sensoriais intelectuais (cognitivas) e motoras do organismo.

O conhecimento dos professores, particularmente os de Pedagogia, sobre muitos fenômenos neurofisiológicos é insuficiente. Apresentam “modelos mentais” “defeituosos”, isto é, um tipo particular de representação mental diferente de qualquer outro tipo, sendo um análogo percebido ou concebido do que este representa. Tais dificuldades conceituais derivam em conceitos errôneos e denomina-se “*misconceptions*” ou concepções alternativas, as quais são persistentes e interferem com a habilidade de avaliar criticamente os conceitos de neurofisiologia básica (MICHAEL, 2002 ; RAPP, 2007). Por exemplo, muitos professores e mesmo alunos de graduação imaginam que a transmissão dos sinais elétricos biológicos (potencial de ação, PA) dá-se como em um cabo elétrico onde os elétrons são responsáveis pela condução do sinal elétrico. Mas de fato eles são conduzidos ao longo da membrana do neurônio, particularmente pelo axônio, a velocidades muito menores (máximo 120m/seg.) pelo tráfico intercambiável dos íons sódio, potássio e cloreto (corrente iônica), através da membrana (MONTANA ET AL., 2010). Tais “*misconceptions*” sobre excitabilidade neuronal são indevidamente encontráveis mesmos em livros texto que são submetidos à avaliação por revisores, recomendados e utilizados em sala de aula. O meio de condução nos axônios que reunidos constituem um feixe nervoso é



uma solução salina diluída, a semelhança da água do mar, envelopada pela membrana do neurônio.

Além disso, os neurônios internamente são eletricamente negativos quando se mede com microeletrodos e osciloscópio de raios catódicos (-60 à -90 milivolts), propriedade que permite deflagrar o potencial de ação que é conduzido por código de frequência nas medições de bioeletricidade (SILVERTHORN, 2002). Parte desta concepção arraigada na comunidade educacional (corpo docente; discente) deve-se ao fato de que por analogia, os axônios foram historicamente comparados por décadas aos cabos telefônicos submarinos que ligavam a Europa aos Estados Unidos, circundados por água salgada. Outro exemplo de concepção errônea é a condução sináptica, qual seja a transmissão do impulso elétrico, onde para a comunidade educacional e o público em geral, se dá como num cabo por continuidade, quando na realidade há uma interrupção, um espaço nanométrico entre os neurônios, a fenda sináptica (LARIBI ET AL., 2010).

### **Potencial aplicação em sala de aula**

A pesquisa em neurociência por si só não introduz necessariamente novas estratégias educacionais. Contudo, fornece razões concretas não especulativas, não uma receita mágica para todos os “males” da educação escolar, mas certas abordagens e estratégias educativas que ao longo do tempo, poderão trazer bons resultados. Destacam-se entre as técnicas de aprendizagem, “questionamento criativo” a explicação do por que um fato ou conceito é verdadeiro; “auto explicação” como a informação nova está relacionada à informação já conhecida; “sumarização”, criar o hábito de escrever resumos de textos a serem aprendidos; “ação de grifar”, destacar com caneta marca texto segmentos do texto durante a leitura; “imagem mental”, tentar formar uma imagem mental do texto enquanto lê ou ouve com atenção um relato; “auto-teste” auto avaliar-se para verificar o progresso no entendimento de material a ser aprendido e compreendido. Em síntese, o cérebro se modifica aos poucos fisiologicamente e estruturalmente como resultados de experiências de aprendizagem. (WESTWATER ; WOLFE, 2000, SMILKSTEIN, 2003; DUNLOSKY ET AL., 2013).

O cérebro aprende em determinados ambientes em sala de aula. Mostra “períodos sensíveis ou críticos” para certos tipos de aprendizagem que não se esgotam mesmo na idade adulta, o que é particularmente de grande interesse para o docente da pré-escola e primeiras séries do ensino fundamental. O cérebro da criança é altamente influenciado pelos ocorridos registrados pelos receptores sensoriais, traduzidos em impulsos elétricos (potencial receptor), mas com as sutilezas de “experiência de expectativa” e ou “experiência de dependência” e

conduzido para as áreas específicas do infante (BRUER ; GREENOUGH, 2001; AAMODT ; WANG, 2011). No primeiro caso, aspectos do desenvolvimento do cérebro tem a expectativa que certos tipos de experiência ocorram dentro de períodos específicos, por ex. visão, audição, língua materna. No segundo caso, “dependência” são experiências particulares a criança e estão em função do meio físico, social e cultural onde esta está imersa. Aprende-se a partir de experiências pessoais cujas informações ficam armazenadas para futura resolução de “situações problemas”. É um período de desenvolvimento do cérebro formatado pelo programa genético e experiências de aprendizagem orquestradas pelo meio ambiente induzidas por estímulos tais como cores, sons, movimento e afetividade. É nesse período que a “circuitaria” cerebral, i. e. crescimento dos dendritos, mielinização, sinapse em espinho são influenciados na sua estruturação pela experiência por onde trafega a criança. Assim, habilidades sensoriais como visão e audição se consolidam mais prematuramente do que a linguagem e emoção, cujos circuitos subjacentes “podam” suas sinapses excessivas, pouco funcionais, e mielinizam seus axônios mais tardiamente ao longo da infância ( AAMODT ; WANG, 2011). A comunidade científica aceita que o período crítico transcorra nos primeiros 3-4 anos da vida da criança. Mas certamente é nos primeiros 6 anos da criança pelo processo da “*apoptose*” (morte programada dos neurônios) e a “poda” das sinapses que as experiências de aprendizagem formais e informais, se traduzem em atividade neural. E uma época decisiva para fixar quais conexões serão preservadas, e conseqüentemente como o cérebro programa sua circuitaria para certas formas de pensamento, percepção e ação, que serão individualizadas (GOPNIK ET AL., 1999). Crianças já aos 4 anos podem aprender com estratégias que visam separar e nomear o que melhora suas habilidades para se lembrar de palavras e nomes de objetos. Já nesta faixa etária as crianças dominam os elementos básicos das narrativas (quem/o que/quando/onde/ como/por que), em termos de tempo e casualidade, ajudam na lembrança s fatos e eventos nos próximos anos (MOURA ; VASCONCELOS, 2011).

Instintivamente, as crianças “adoram” que se lhes contém histórias, que depois recontam como partícipes de um mundo próprio, como personagens. O fato de brincadeiras que forcem a formação de rede neural para a armazenagem da informação, sugere que os anos iniciais da infância constituem período crítico que serão os alicerces para a crescente habilidade de memória nas fases da adolescência e adulta da pessoa (LIEURY, 1997; CARVALHO AT AL., 2006). Todavia, pesquisadores e docentes na área de educação tem uma postura otimista e às vezes exagerada, de que as descobertas recentes em neurociências e neurociência cognitiva contribuam sobremaneira para a teoria e práticas educacionais. As publicações populares da “mídia” e revistas semanais de divulgação, e mesmo periódicos científicos pouco criteriosos criaram a expressão “janelas de oportunidade” que podem se

fechar se métodos educacionais urgentes não forem adotados com crianças no começo da infância. O teor destas contribuições varia de totalmente especulativos àqueles incompreensíveis e mesmo esotéricos (BRUER, 1999). Exemplos incluem currículos “sob medida” para desenvolver aptidões situadas nos hemisférios direito ou esquerdo do cérebro. Este é um dos “neuromitos”, isto é, uma informação ficcional de que a neurociência pode oferecer à Educação e ao mundo corporativo. Em contrapartida, há iniciativas mais promissoras e bem fundamentadas em evidências experimentais e não filosóficas, ou extravagantes ( BRUER, 1999). Um dos conceitos mais importantes de transformações por que passa o cérebro ao longo do desenvolvimento é a plasticidade sináptica que está subjacente às respostas do cérebro aos fatores do meio ambiente (KOLB ; GIBB, 2011, STEVENS ; NEVILLE, 2011). A má nutrição e pobreza, ausência de experiência visual, isolamento social e experiências de aprendizagem afetam as habilidades neurocognitivas da criança (NOBLE AT AL., 2005).

Particularmente, no caso dos ratos a aprendizagem de certas tarefas traz modificações estruturais, funcionais e comportamentais no cérebro amplamente documentado na literatura científica. Já na situação das crianças, a experiência precoce muitas vezes exerce forte influência na formação do cérebro imaturo. O estudo sobre órfãos romenos na Romênia durante a ditadura de Nicolae Ceausescu, que posteriormente foram acolhidas por famílias no exterior, demonstrou a importância do desenvolvimento inicial saudável (NELSON III ET AL., 2013). O desenvolvimento, morfologia e estado funcional do cérebro está na dependência da natureza do meio ambiente onde o rato de laboratório e a criança vivem e o nível de estimulação a que são submetidos. Embora os ratos testados nas habilidades comportamentais como aprendizagem no labirinto, trouxessem melhor desempenho destes animais de ambientes “enriquecidos” incrementados no laboratório, a crítica é que resultados muito parecidos foram observados no ambiente natural dos ratos (SALE ET AL., 2008). Está notável qualidade, no caso humano, é determinada por fatores como pensamentos, emoções e ações, oriundos de experiência no curso da vida. Mais facilmente identificável em recém-nascidos e crianças que nesta fase realizam um turbilhão de atividades cerebrais seguido de manifestações comportamentais.

Todavia mais recentemente a neurociência educacional chegou à conclusão da falsidade de que “quanto mais cedo é melhor” e que a aprendizagem não é uma questão de “enriquecimento” ou “estímulo intelectual excessivo” (ANDERSON ; PEMPEK, 2005). A aprendizagem não depende completamente do ambiente, mas da capacidade interna da criança fixar a atenção em um pensamento por vez e reconhecer a capacidade de observar com significado. Não há necessidade de ativar as crianças e alunos do ensino fundamental com excesso de estimulação sensorial. A sapiência do processo evolutivo criou a superprodução de

ligações sinápticas no começo da vida da criança (e posterior poda), tendo em vista que cérebro vai se desenvolver adequadamente em um ambiente com um mínimo de estimulação sensorial adequado, já existente no dia a dia (SIEGEL, 2012). A maior densidade sináptica não garante maior capacidade generalizada de aprender. Não há evidências que tarefas muito complexas que exijam muita atividade neuronal sejam mais eficientes. A possibilidade em termos escolares de o aluno escolher as tarefas com que se identificam mais aumenta a responsabilidade e sucesso no seu aprendizado (WILLINGHAM, 2009). Levar para a escola situações que reflitam o contexto da vida real, favorece que informação “nova” possa se “ancorar” na vivência anterior. A interpretação apressada da literatura neurobiológica fez surgir uma série de neuromitos, entre eles: de quanto mais cedo à estimulação da criança melhor; de que a mente e o cérebro dos bebês é como se fosse um lousa em branco onde conhecimento seria simplesmente escrito; ou uma jarra onde o conhecimento fosse um líquido ali despejado; e que enquanto a pessoa dorme, o cérebro fica inativo (GEAKE, 2009; WEISBERG ET AL., 2008; TOKUHAMA-ESPINOSA, 2014). O desenvolvimento do cérebro está relacionado com a linha do tempo para fazer uso de experiências no cotidiano, de forma que a informação oriunda do ambiente auxilie a organizar os circuitos cerebrais. Diferentes sistemas no cérebro parecem se desenvolver em diferentes períodos de tempo quer sejam acionados por experiências ou por forças internas do órgão. A integração das áreas cerebrais primárias é responsável pelo processamento dos estímulos sensoriais e resposta motora, já as áreas secundárias fazem a associação e integração das diferentes modalidades de estímulos, ao passo que as áreas terciárias são as responsáveis pelos processamentos simbólicos e pensamento abstrato. Por seu turno, o processamento da memória, compreensão e modulação da linguagem dá-se nas regiões temporais (ROSE, 2005). A observação de bebês sentados no colo das mães permitiu aos pesquisadores avaliar as primeiras compreensões de números, linguagem, percepção de objetos, espaço e movimento. A atenção da criança nos primeiros meses de vida é bastante elementar, já que é atraída por estímulos que lhe são biologicamente significativos. Segundo a teoria do “conhecimento de base” (“*core knowledge*”) os seres humanos nascem com habilidades cognitivas que lhes permitem entender o mundo. São módulos cognitivos que definem representações mentais de espaço, números e pessoas. Os bebês tem uma capacidade inata para o processamento numérico, ou pelo menos por mudanças na quantidade de objetos observados (numerosidade) diferente da mera capacidade sensorial na visão de Piaget, sentido natural de geometria, o que lhes permite se orientar no espaço. Esta capacidade dá-se ao longo do desenvolvimento até a emergência da linguagem e a discriminação numérica simbólica (XU ET AL., 2005; GOPNIK, 2009). Em termos de práticas educacionais, blocos, varetas ajudam as crianças a representar quantidades numéricas e princípios aritméticos abstratos da pré-escola ao ensino fundamental (DELOACHE, 2004; SOUSA, 2008).

De acordo com a teoria pioneira do desenvolvimento psicológico de Jean Piaget e evidências experimentais mais recentes, a denominada etapa sensório-motora (zero aos 2 anos), o tronco encefálico o qual controla as funções reflexas e funções básicas respiratórias, se manifesta por automatismos inatos observados nas crianças novas. Dentro deste período, aos 6 meses, o córtex primário está envolvido com mecanismos neuromusculares, o que permite o aprendizado prático (ativação de receptores sensoriais e respostas motoras). Por seu turno, o córtex associativo (2 aos 3 anos) é capaz de discriminar novos estímulos e comparar com os já conhecidos, o que prepara o sistema nervoso para a sofisticação simbólica e aquisição de linguagem. Mas, são manifestações de pensamento ilógico, sem noção de causa e efeito (pré-causal). Assim, as crianças mostram grande curiosidade pelo mundo que as rodeia. Já na etapa pré-operacional (2 aos 7 anos) o córtex associativo integra estímulos sensoriais, compara informações e remete ao sistema límbico o qual está associado às emoções (PINEL, 2005). Sob o ponto de vista intelectual há o aparecimento do raciocínio lógico, a criança mantém uma postura “autocentrada”, mas aos poucos, pensa as coisas através de classes e relações, uso de números, mas tudo de forma intuitiva, sem ter consciência exata do procedimento que utilizou (animismo, “essencialismo”). A etapa final da meninice e início da adolescência é tida como etapa das operações formais (11 aos 15 anos e pouco além), onde se desenvolve uma capacidade de abstração, o raciocínio hipotético-dedutivo (PIAGET, 1973 ; ANDRADE, 2006). Esta fase possibilita confrontar, de modo preliminar, interpretações científicas daquelas baseadas no senso comum, relacionar informações representadas por texto discursivo, tabelas, gráficos, linguagem simbólica. Os saberes são aproveitados e convertidos à luz dos conteúdos dos saberes científico. Em síntese, na perspectiva de níveis do conhecimento, o primeiro nível é a sensação (obtida via órgãos dos sentidos), o segundo é a percepção (integração intracerebral das sensações), já o terceiro nível é o pensar o que a pessoa sente e ancorar na mente uma imagem mental (“*imagery*”). O quarto nível desencadeia-se a simbolização, que é nomear o que simbolizamos (FISCHER ; ROSE, 1998).

### **Aprendizagem e Memória**

Aprendizagem é o processo que resulta de alterações relativamente permanentes na capacidade mental, bem estar emocional, habilidades motoras ou sociais e ou associações de ideias na estrutura cognitiva da mente do indivíduo (BRANSFORD ET AL.; 2000; WARD, 2007). A aprendizagem ocorre ao longo da vida e se desenvolveu durante o longo passado evolutivo dos primatas e do homem em particular, visando à adaptação para assegurar a sobrevivência das espécies (FOLEY, 2003). Crianças pequenas nos estágios iniciais do desenvolvimento aprendem por observação e imitação do que fazem os adultos pela aprendizagem acumulativa (CLAXTON, 1999; SAINT-ONGE, 1999). A memória, grosso modo, é um processo de recordação mental. O registro (assimilação ou aquisição) é a primeira



etapa do processo de memorização. Neste estágio o cérebro é estimulado e os estímulos (por imagens, diálogos, movimentos) são codificados e processos neurais no hipocampo, estrutura que envia as informações ao córtex de forma distribuída, onde são armazenadas. O ato de lembrar (recuperação) o sistema “recupera” as informações espalhadas no córtex, orientado pelo lobo frontal do cérebro, mas de fato, o que ocorre é a reconstrução da informação-memória-aprendizagem do evento em tela (BYRNES, 2001). Com relação à capacidade, existe a memória de trabalho (curta duração) que possui capacidade limitada para albergar informação. São os itens que ainda estão na consciência da pessoa, ao passo que a memória de longa duração aloja pensamentos não conscientes e de longa permanência até serem avivados. Os alunos frequentemente guardam melhor as primeiras e últimas coisas de um tópico e retém 7 mais ou menos 2 itens de conhecimento que podem manipular. Em termos educativos, se os itens de aprendizagem puderem ser associados aos já aprendidos, torna-se mais compreensivo o assunto. São mais bem lembrados se houver combinação de imagens e palavras, pois o cérebro mostra maior capacidade para as primeiras (MARGULIS, 1991).

## Resultados

As respostas ao questionário coletados (179) foram arroladas em uma única tabela para facilitar a análise (Tabela 1). Os dados brutos de cada participante para as 10 questões do questionário são relatadas. Desta forma os dados tem valor de arquivo e poderão ser prontamente comparados com outro estudo onde este questionário possa ser usado em outras regiões do Brasil ou países do cone sul com cultura semelhante. Compuseram a amostra 155 docentes do gênero feminino com idade variando de 21 a 60 anos (média 34,04) e 23 docentes do gênero masculino com idade variando de 22 a 52 anos (média 33,39). Todos os docentes eram de escolas públicas de educação infantil, ensino fundamental e ensino médio e responderam o questionário de forma anônima, sendo que todos tinham pelo menos 5 anos de experiência de ensino. A questão no. 1 “perguntou” aos professores se um melhor conhecimento sobre a anatomia do cérebro humano e sua função, poderia contribuir para o ensino e a aprendizagem de suas disciplinas escolares. A análise indicou que 61,45 % desta amostra concorda totalmente (categoria 7) que conhecendo melhor a estrutura e função do cérebro poderia contribuir para o ensino. Esta porcentagem aumentou para 77,09% quando os dados da categoria Likert adjacente foram incluídos (categoria 6). Porém, 17,31 mostram concordância parcial e com reserva. A questão nº 2 “perguntou” se os professores acham que há um “período crítico” para a aprendizagem na infância. Somente 32,96 % da amostra concordam totalmente (categoria 7). Esta porcentagem aumentou para 41,89% quando a categoria adjacente (concordo muito) foi incluída. Contudo, há grande discordância (31,83%) com relação a esta declaração quando se incluem as categorias intermediárias (3 discordo um pouco e 4 concordo parcialmente). As respostas para a questão 3 que pergunta qual a

importância do “período sensível”, isto é, a capacidade do cérebro ser moldado pelas experiências na infância, indicou que 44,69% da amostra concorda totalmente, que aumenta para 62,0% quando a categoria adjacente (6 concordo muito) é incluída. Todavia há discordância representada pela categoria 4 de 17,31 (concordo parcialmente). A relação entre “neuroplasticidade” e aprendizagem ao longo da vida é reconhecida como importante por 69,83% da amostra que concordou totalmente com a declaração da questão 4, a qual aumenta para 82,12% quando a categoria 6 adjacente é incluída. A questão 5 lida com “ambientes enriquecidos” e se aceleram a aprendizagem e o desenvolvimento cerebral. As avaliações indicaram que 76,53% da amostra concorda totalmente (categoria 7) com a declaração. Esta aumenta para 88,16% quando a categoria 6 adjacente é incluída. Os professores são perguntados na questão 6 se diferentes áreas do cérebro mostram aptidão para aprendizagem (modelagem dos circuitos neuronais) de acordo com a faixa etária da criança. As avaliações indicaram que 74,30 % da amostra concorda totalmente (categoria 7) com a declaração. Esta aumenta para 84,35 % quando a categoria 6 é incluída. A questão 7 avalia a opinião dos professores se tendo um melhor conhecimento dos mecanismos fisiológicos responsáveis pela aprendizagem e armazenamento dos itens na memória melhoraria o ensino. A análise dos dados mostrou que 64,80% da amostra concorda totalmente (categoria 7). Esta aumenta para 82,67% quando a categoria adjacente 6 é acrescida. Todavia, há alguma discordância quando se somam as categorias 4 e 5, mostrando concordância parcial e com reservas (12,29%). A questão no. 8 avalia a opinião dos professores sobre se a gênese das emoções influencia a aprendizagem. 55,86% desta amostra concorda totalmente que é aumentada para 79,32% quando a categoria 6 é adicionada. Contudo há alguma discordância quando se somam as categorias 4 e 5 (15,08). A questão no. 9 “perguntou” se há relação entre período de sono de seus alunos, “fixação” dos itens na memória e aprendizagem. 70,39% desta amostra concordou totalmente que é aumentada para 87,70% quando a categoria 6 adjacente é adicionada. Finalmente, quando os professores desta amostra foram inquiridos (questão 10), se um aprofundamento de como o cérebro codifica, maneja e armazena a informação, contribuiria para os meandros da “arte” educacional, 49,16% concordaram totalmente com esta afirmativa que aumenta para 69,27% quando a categoria 6 é adicionada. Contudo, há “vozes” dissidentes (23,34%) que discordam parcialmente e com reservas (categorias 4 e 5).

Tabela 1. O número de respostas dentro do intervalo da escala para cada questão está entre parênteses.

1- Um melhor conhecimento sobre o cérebro e sua função pode contribuir para o processo ensino-aprendizagem?								
1(2)	2(3)	3(4)	4(15)	5(16)	6(28)	7(110)	M 6,17	SD 1,33
2. Há um “período crítico” para aprendizagem nos primeiros anos da infância?								
1(13)	2(8)	3(10)	4(47)	5(25)	6(16)	7(59)	4,95	1,87
3. Há um “período sensível” na habilidade do cérebro em ser moldado pela experiência nos primeiros anos da infância?								
1(5)	2(7)	3(7)	4(31)	5(17)	6(31)	7(80)	5,59	1,67
4. O cérebro mostra “neuro-plasticidade”, isto é, mostra graus de aprendizagem ao longo do período de vida do indivíduo.								
1(7)	2(2)	3(1)	4(13)	5(8)	6(22)	7(125)	6,25	1,48
5. Os ambientes educacionais “enriquecidos” aceleram a aprendizagem e o desenvolvimento cerebral?								
1(7)	2(2)	3(1)	4(4)	5(6)	6(21)	7(137)	6,43	1,39
6. Áreas diferentes do cérebro humano ficam aptas para a aprendizagem de acordo com a faixa etária do aprendente?								
1(6)	2(3)	3(3)	4(7)	5(8)	6(18)	7(133)	6,34	1,45
7. Um melhor conhecimento sobre o mecanismo biológico da aprendizagem e memória aperfeiçoaria o ensino?								
1(1)	2(1)	3(6)	4(10)	5(12)	6(32)	7(116)	6,32	1,18
8. Um melhor conhecimento sobre a gênese da emoção pode contribuir para o ensino?								
1(2)	2(4)	3(3)	4(9)	5(18)	6(42)	7(100)	6,16	1,28
9. Há alguma relação entre sono/sonho, memória e aprendizagem?								
1(2)	2(4)	3(0)	4(9)	5(6)	6(31)	7(126)	6,43	1,19
10. A pesquisa em neurociência visa contribuir para maior conhecimento de como o cérebro codifica, maneja e armazena a informação com implicações educacionais vantajosas.								
1(5)	2(6)	3(3)	4(23)	5(17)	6(36)	7(88)	5,81	1,27

A escala varia de (1) discordo totalmente a (7) concordo totalmente. O número total de participantes é N=179 (M=média, SD=desvio padrão).

## Discussão

Com a introdução de técnicas de registro da atividade elétrica cerebral contemporânea que suplantam o antigo e tradicional eletroencefalograma (EEG), mais usado na clínica neurológica, o advento do imageamento cerebral (fMRI), embora com suas limitações, tem feito contribuições valiosas na investigação em neurociência cognitiva, pois examina a o processamento cerebral no momento da atividade cognitiva (KELLEY ET AL., 2008). Estes procedimentos não invasivos fornecem uma quantidade de dados sobre a atividade elétrica nas camadas dos circuitos cerebrais responsáveis pelo tráfego de informações, particularmente corticais, bem como o consumo de oxigênio e o metabolismo do açúcar, durante a atividade

mental (VARNA ; SCHWARTZ, 2008). Além dos dados relevantes aplicados na clínica neurológica e psiquiátrica, a neurociência cognitiva tem aumentado sua capacidade de identificar áreas cerebrais responsáveis por deficiências na linguagem, leitura, aprendizagem matemática e problemas enfrentados por crianças com dislexia e autismo o que reforça a necessidade de neurociência educacional na prática escolar (COPLAN, 2010 ; GRANDIN ; PANEK, 2013 ).

O exame das respostas ao questionário nesta amostra mostrou que os professores são entusiastas, 77,09% (M=6,17, SD=1,33) que um melhor conhecimento sobre o funcionamento do cérebro possa melhorar o ensino e aprendizagem. É bem provável que saber mais sobre neurociência, os tornaria melhores professores. No entanto, pequena parcela mostra dúvidas ou estão pouco informados como já verificado em outra cultura (Howard-Jones, 2010). Há certa preocupação no endosso total aos conceitos de “períodos críticos e sensíveis” durante a educação infantil (M=4,95, SD=1,87; M=5,59, SD=1,67 respectivamente). Todavia, os pesquisadores e os professores são favoráveis à plasticidade sináptica (M=6,25, SD=1,48) e quase valores equivalentes a “ambientes enriquecidos” (M=6,43, SD=1,39), mas na aceção que o primeiro conceito, meio dúvida, relativo às “janelas de oportunidade” e o último à “aprendizagem relacionada à experiência” típico da criação de ratos em gaiolas e, mas com aplicação débil na educação de seres humanos (MERZENICH, 2013). Aparentemente a experiência educacional acumulada e outras fontes de conhecimento favorecem a adoção de postura positiva com relação à aprendizagem e faixa etária do aluno (M=6,34, SD=1,45), especialmente em como o desenvolvimento do córtex cerebral relaciona-se com o pensamento, com o raciocínio e aprendizagem (FISCHER ; ROSE, 1998; FISCHER, 2009; SCHWARTZ, 2009). Parece haver certo consenso talvez intuitivo e informal, que ao exame dos itens que tratam de memória, emoção e privação do sono, mais de 83,0% dos professores nesta amostra concorda (M=6,32, SD=1,18; M=6,16, SD=1,28; M=6,43, SD=1,19 respectivamente) que estes são fatores que estão sendo investigados mais recentemente e que poderiam melhorar a aprendizagem no ambiente escolar ( RIBEIRO ; STICKGOLD, 2014 ). No que o professor acredita em função de sua formação acadêmica influencia o modo como ele ensina, o currículo que ele segue e que as expectativas educacionais sejam cumpridas, sendo que o conhecimento de neurociência traria implicações educacionais vantajosas (mais de 69% concordam totalmente, M=5,81, SD=1,57).

## Conclusão

Uma das razões que motivou este estudo exploratório foi a constatação de que faltam disciplinas de características biológicas e neurocientíficas nos cursos de graduação em Pedagogia no Brasil. Em decorrência desta lacuna na formação acadêmica, os professores

podem ficar expostos e confiarem nos “neuromitos” e acreditarem que a neurociência funcione como panaceia para os males da educação brasileira. O objetivo específico foi atingido pois apontou que existe uma parcela de reserva de parte dos docentes quanto a vantagem do professor conhecer sobre a estrutura e função do cérebro humano, períodos críticos e sensíveis e como o cérebro processa a informação, para a melhoria do ensino e aprendizagem de seus alunos. A principal contribuição prática deste estudo à partir da análise das respostas ao questionário, é que permitiu ter uma base para sugerir tópicos em potencial Curso de Curta Duração, formato EAD online. Todavia esta investigação tem limitações. A amostra foi relativamente pequena. Não coletou dados de outras regiões do país. Não fez distinção de respostas por gênero e não foram feitas entrevistas com os candidatos, o que poderia esclarecer melhor as objeções encontradas. Este estudo foi feito com recursos próprios dos pesquisadores sem nenhum auxílio das agências de fomento à pesquisa. Os pontos frágeis indicados acima poderão ser resolvidos com a continuidade do projeto, com aumento no número de questões no questionário e a introdução de um número razoável de entrevistas. Estão publicados e disponíveis livros e outras mídias que se propõe a utilizar as descobertas da neurociência, com exagero otimista, sem ter o devido respaldo científico consolidado. Não está claro para muitos educadores como usar adequadamente este tipo de informação, onde encaixar no currículo, o que é realmente válido. Desta forma no currículo escolar deveriam ser incluídas simulações que reflitam a vida real cotidiana, não somente fatos históricos, de forma que a informação “nova” possa se ancorar na reserva de informação já existente na estrutura cognitiva da mente. Por medida de prevenção, imagens produzidas pela tecnologia podem ser muito persuasivas mas, às vezes, não passam de espetáculo pictórico (imageamento). Alternativamente, os professores deveriam propor tópicos para serem investigados pelo pesquisador para entender o que e quando o aluno está preparado para aprender, sem uma padronização coletiva (DEVONSHIRE ; DOMMET, 2010, SIGMAN ET AL., 2014 ). Embora de maneira geral esta amostra de professores externou opinião favorável ao conceito de neurociência aplicada à educação, ainda assim, consideramos que é necessária revisão na estrutura do currículo dos cursos de graduação em Pedagogia e demais licenciaturas, incluindo tópicos de neurociência que possam ter aplicação no ensino. Portanto, objetivamos o aprofundamento de tópicos que possam ter aplicação potencial no ensino de suas disciplinas escolares, criando ambientes de aprendizagem estimulantes, e assim propomos a futura implantação de Curso de Curta Duração “Neurociência e Educação EAD online” a exemplo de recentes iniciativas na WEB (PRENSKY, 2011; FITZAKERLEY ET AL., 2013; CHUDLER ; BERGSMAN, 2014 ). Para responder ao problema da pesquisa: Quais conteúdos de neurociências podem ser oferecidos em um Curso Livre em neurociência educacional EAD online na formação de professores? Conforme pesquisa, pode-se definir os seguintes tópicos:



- Desenvolvimento e educação infantil;
- O cérebro na escola e “neuroplasticidade”;
- Estados emocionais e aprendizagem;
- O cérebro “social” e o ambiente escolar;
- Aprendizagem e recordação;
- Aprendizagem e o cérebro adolescente;
- O cérebro “matemático” leitura, linguagem e alfabetização científica;
- Privação do sono, aprendizagem, memória e atenção.

A definição dos itens acima propõe-se como uma primeira abordagem para trabalho junto aos professores, mas deverá ser sistematicamente atualizada mediante processo de diálogo com os professores que a experimentarem.

## REFERÊNCIAS<sup>7</sup>

- AAMODT, S.; WANG, S. **Welcome to your child’s brain**. New York: Bloomsbury, 2011. p. 24-31, p. 40-47.
- ALEIXO, P.; BAILLON, M. **Biological psychology: an illustrated survival guide**. John Wiley: Chichester, 2008. p. 1-32.
- ANDERSON, D. R.; PEMPEK, T. A. Television and very young children. **American Behavior Science**, v. 48 p. 505-522, 2005.
- ANDRADE, P. E. O desenvolvimento cognitivo da criança; o que a psicologia experimental e a neurociência cognitiva têm a nos dizer. **Neurociências**, v. 3, n. 2, p. 98-118, 2006.
- BLAKE, P. R.; GARDNER, H. A first course in mind brain and education. **Mind, Brain, and Education**, v.1, n. 2, p. 61-65, 2007.
- BLAKEMORE, S-J. ; FRITH, U. **The learning brain: lessons for education**. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. 216 p.
- BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. **How people learn: brain, mind, experience, and school**. Washington, D. C.: National Academy Press, 2000. 374p.
- BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Graduação em Pedagogia, licenciatura**. Resolução CNE/CP no.1. Brasília: MEC, 2006.
- BRUER, J. T. **The myth of the first three years: a new understanding of early brain development and lifelong learning**. New York: The Free Press, 1999. 244p.

---

<sup>7</sup> De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

- BRUER, J. T.; GREENOUGH, W. T. **The subtle science of how experience affects the brain.** In: BAILEY, D. B.; BRUER, J. T.; SYMONS, F. J.; LICHTMAN, J. W. [Eds.] **Critical thinking about critical periods.** Baltimore: Paul H. Brookes Publishing, 2001. p. 209-232.
- BYRNES, J. P. (2001). **Minds, brains and learning: understanding the psychological and educational relevance of neuroscientific research.** New York: The Guilford Press, 2001. p. 47-90, 91-114.
- CARTER, R. **O livro de ouro da mente: o funcionamento e os mistérios do cérebro humano.** Rio de Janeiro: Ediouro, 2002. p. 14-46.
- CARVALHO, S. P. DE; KLISYS, A.; AUGUSTO, S. [Orgs.] **Bem-vindo, mundo: criança, cultura e formação de educadores.** São Paulo: Editora Peirópolis, 2006. p. 18-58.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica; uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, p. 89-100, 2003.
- CHUDLER, E. H.; BERSMAN, K. C. Explain the brain: websites to help scientists teach neuroscience to the general public. **CBE-Life Science Education**, v. 13, p. 577-583, 2014.
- CLAXTON, G. **Wise-up: the challenge of lifelong learning.** New York: Bloomsbury Publishing, 1999. 374p.
- COSENZA, R. M.; GUERRA, I. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende.** Porto Alegre: Artmed Editora, 2011. 151p.
- DALGALARRONDO, P. **Evolução do cérebro sob a perspectiva evolucionista.** Porto Alegre: Artmed Editora, 2011. 461p.
- DAMÁSIO, A. **O mistério da consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si.** São Paulo: Editora Scharcz, 2000. 474p.
- DAMÁSIO, A. **Self comes to mind: constructing the conscious brain.** London: Vintage, 2012. 367p.
- DEHAENE, S. **Reading in the brain: a new science of how we read.** New York: Penguin, 2009. 388p.
- DEHAENE, S. **The number sense: how the mind creates mathematics.** New York: Oxford University Press, 2011. 316p.
- DEKKER, S.; LEE, N. C.; HOWARD-JONES, P.; JOLLES, J. Neuromyths in education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers. **Frontiers in Psychology**, v. 3, n. 3 p, 1-8, 2012.
- DELOUCHE, J. S. Becoming symbol-minded. **Trends in Cognitive Science**, v. 8, n.2, p. 66-70, 2004.
- DETHIER, V. G.; STELLAR, E. **Comportamento Animal.** São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1988. p.71-104.

- DEVONSHIRE, J. M.; DOMMET, E. J. Neuroscience: viable applications in education? **The Neuroscientist**, v. 16, p. 349-356, 2010.
- DRUBACH, D. **The brain explained**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2000. p. 6-29.
- DUBINSKY, J. M. Neuroscience for prekindergarten-K12 teachers. **Journal of Neuroscience**, v. 30, n. 24, p. 8057-8060, 2010.
- DUDAI, Y. **The neurobiology of memory: concepts, findings, trends**. Oxford: Oxford University Press, 1989. 339p.
- DUNLOSKY, J.; RAWSON, K. A.; MARSCH, E. J.; NATTHAN, M. J.; WILLIGHAM, D. T. Improving student's learning with effective learning techniques: promising directions from cognitive and educational psychology, **Psychology Science in the Public Interest**, v.14, n.1, p. 4-58. 2013.
- EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. [Orgs.] **O que é vida? Para entender a Biologia do século XXI**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000. p. 153-185.
- FILANTRO, A. **Design Instrucional Contextualizado**. São Paulo: SENAC Editora, 2004. 165p.
- FISCHER, K. W. Mind, brain, and Education; building a scientific groundwork for learning and teaching. **Mind, Brain, and Education**, v. 3, n. 1, p. 3-15, 2009.
- FISCHER, K. W.; ROSE, S. P. Growth cycles of brain an mind. **Educational Leadership**, v. 56, n. 3, p. 56-60, 1998
- FOLEY, R. (2003). **Os humanos antes da humanidade: uma perspectiva evolucionista**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 294p.
- FRAZZETTO, G. Teaching how to bridge neuroscience, society, and culture. **PLOS Biology**, v. 9, n. 10, p.1-5, 2011.
- GEAKE, J. G. **The brain at school: educational neuroscience in the classroom**. Maidenhead: Open University, 2009. 229p.
- GOPNIK, A. **The philosophical baby: what children's minds tell us about truth, love, and the meaning of life**. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2009. p.110-167.
- GOSWAMI, U. Neuroscience and education: from research to practice. **Nature Review in Neuroscience**, v. 7. p. 406-413, 2006.
- GRANDIN, T.; PANEK, R. **The autistic brain: thinking across the spectrum**. New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2013. 240p.
- GREENFIELD, S. A. **O cérebro humano: uma visita guiada**. Rio de Janeiro: Editora Rocco, 2000. 148p.
- GUERRA, L. B.; PERREIRA, A. H.; LOPES, M. Z. Neuroeduca: inserção da neurobiologia na educação, *Anais do 7º. Encontro de Extensão*, Belo Horizonte, pp.1-7, 2004.

- HACKMAN, D. A.; FARAH, M.J.; MEANEY, M. J. Socioeconomic status and the brain: mechanistic insights from human and animal research. **Nature Review Neuroscience**, v. 11, p. 651-659, 2010.
- HAWORTH, C. M. A.; MEABURN, E. L.; HARLAAR, N.; PLOMIN, R. Reading and generalist genes. **Mind, Brain, and Education**, v. 1, v. 4, p. 173-180, 2007.
- HERCULANO-HOUZEL, S. Do you know your brain: a survey on public neuroscience literacy at the closing of the decade of the brain. **The Neuroscientist**, v. 8 n. 2, p. 98-110, 2002.
- HOWARD-JONES, P. **Introducing neuroeducational research: neuroscience, education and the brain from contexts to practice**. London: Routledge, 2010. Pp. 37-58.
- KELLEY, E. R.; DAVIDSON, R. J.; NELSON, D. L. An imaging roadmap for Biology education: from nanoparticles to whole organisms. **CBE-Life Sciences Education**, v. 7, p.202-209, 2008.
- KOLB, B.; GIBB, R. Brain plasticity and behavior in the developing brain. **Journal of Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry**, v. 20, n. 4, p. 265-276, 2011.
- KUHL, P. K. Early language learning and literacy: neuroscience implications for education, **Mind, Brain, and Education**, v. 5 n. 3, p. 128-142, 2011.
- LACERDA, G. Alfabetização científica e formação profissional. **Educação e Sociedade**, v. 18, n. 60, p. 91-108, 1997.
- LARIBI, R.; MARZIN, P.; SAKLY, M.; FABRE, D. Étude des conceptions des élèves de première et de terminale scientifique sur la transmission synaptique en Tunisie et en France. **Researches en Didactique des Sciences et des Technologies**, n. 2, p. 193-214, 2010.
- LeDOUX, J. E. **Synaptic self: how our brains become who we are**. New York: Viking Penguin Putnam, 2002. 406 p.
- LeDOUX, J. **The emotional brain: the mysterious underpinnings of emotional life**. New York: Simon & Schuster, 1996. 384p.
- LENT, R.; AZEVEDO, F. A. C.; ANDRADE-MORAES, C. H.; PINTO, A. V. O. How many neurons do you have? Some dogmas of quantitative neuroscience under revision. **European Journal of Neuroscience**, v. 35, p.1-19, 2012.
- LIEURY, A. **A memoria: do cérebro à Escola**. São Paulo: Editora Ática, 1997. 111p.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 140, p. 1-55, 1932.
- MAGNIN, P. **O sono e o sonho**. Campinas: Papirus, 1992. 110p.
- MARGULIES, N. **Mapping inner space: learning and teaching mind mapping**. Tucson: Zephyr Press, 1991. 123p.
- MEDNICK, S.; NAKAYAMA, K.; STICKGOLD, R. Sleep-dependent learning: a nap is as good as a night. **Nature Neuroscience**, v. 6, p. 697-698, 2003.

- MERZENICH, M. **Soft-wired: how the new science of brain plasticity can change your life**. San Francisco: Parnassus Publishing, 2013. p. 20-24, 38-45.
- MICHAEL, J. Misconceptions-what students think they know. **Advances in Physiology Education**, v. 26, n.1, p: 5-6, 2002.
- MONTAGNA, E.; AZEVEDO, A. M. S. DE; ROMANO, C.; RANVAND, R. (2010). What is transmitted in “synaptic transmission”? **Advances in Physiology Education**, v. 34, p. 115-116, 2010.
- MOURA, E. M. S. L.; VASCONCELOS, P. A. C. A educação infantil e seu cotidiano. **Revista Diálogo Educacional**, v. 11, n. 32, p.57-67, 2011.
- MOYES, C. D.; SCHULTE, P. M. **Principles of Animal Physiology**. San Francisco: Benjamin Cummings, 2006. 784p.
- NELSON III, C. A.; FOX, N. A.; ZEANA JR, C. H. Cicatrizes profundas. **Scientific American Brasil**, v. 11, n.132, p. 50-55, 2013.
- NELSON, G. D. Science literacy for all in the 21<sup>st</sup> century. **Educational Leadership**, v. 57, n. 2, p. 14-17, 1999.
- NOBLE, K. C.; NORMAN, M. F.; FARAH, M. J. Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children, **Developmental Science**, v.8, n. 2 p. 74-87, 2005.
- OECD. **Understanding the brain: the birth of a learning science**. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2007. 330p.
- OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. (1982). **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982. Pp. 344-403.  
p.107-131.
- PIAGET, J. **Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos**. Petrópolis: Editora Vozes, 1973. p.248-256.
- PICKERING, S. J.; HOWARD-JONES, P. Educators’ views on the role of neuroscience in education: findings from a study of UK and international perspectives. **Mind, Brain, and Education**, n.1, n. 3, p.109-113, 2007.
- PRENSKY, M. **Enseñar a nativos digitales. Una propuesta pedagógica para la sociedad del conocimiento**. Madrid: SM Ediciones, 2011. 240p.
- PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J.; FIZPATRICK, D. ET AL., **Neurociências**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2005. 562p.
- RAMAL, A. **Educação com tecnologias digitais; uma revolução epistemológica em mãos do desenho instrucional**. In: **Educação online**. São Paulo: Edições Loyola, 2003. p.183-198.
- RAPP, D. N. **Mental models: theoretical issues for visualization in Science Education**. In: GILBERT, J. K. [Ed.]. **Visualization in Science Education**, Dordrecht: Springer, 2007. p. 43-60.



- RATO, J. R.; ABREU, A. M.; CASTRO-CALDAS, A. Neuromyths in education: **Educational Research**, v. 55, n. 4, p. 441-453, 2013.
- RATO, J. R.; ABREU, A. M.; CASTRO-CALDAS, A. Achieving a successful relationship between neuroscience and education: the view of Portuguese teachers. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 29 p. 879-884, 2011.
- RELVAS, M. P. **Neurociência na prática pedagógica**. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2012. 164p.
- RELVAS, M. P. **Neurociências na educação; potencialidades dos gêneros humanos na sala de aula**. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2009. p.105-135.
- RIBEIRO, S.; STICKGOLD, R. Sleep and school education. **Trends in Neuroscience and Education**, <http://dx.doi.org/101016/j.tine.2014.02.004>, p.1-6, 2014.
- RODRIGUEZ, V. The human nervous system: a framework for teaching and the teaching brain. **Mind, Brain, and Education**, v. 7, n. 1, p. 2-12, 2013 a.
- RODRIGUEZ, V. The potential of system thinking in the teacher reform as theorized for the teaching brain framework. **Mind, Brain, and Education**, v. 7, n. 2, p. 77-85, 2013 b.
- RODRIGUEZ, V.; SOLIS, S. L. Teacher's awareness of the learner-teacher interaction: preliminar communication of a study investigating the teaching brain. **Mind, Brain, and Education**, v. 7, n. 3, p.161-169, 2013 c.
- ROSE, S. **The future of the brain: the promise and perils of tomorrow's neuroscience**. New York: Oxford University Press, 2005. 371p.
- ROSE, S. **O cérebro do século XXI; como entender, manipular e desenvolver a mente**. São Paulo: Editora Globo, 2006. pp. 39-65.
- SAINT-ONGE, M. (1999). **O ensino na escola: o que é, como se faz**. São Paulo: Edições Loyola, 1999. 252p.
- SALE, A.; BERARDI, N.; MAFFEI, L. Enrich the environment to empower the brain, **Trends in Neuroscience**, v. 32, p. 233-239, 2008.
- SANTOS, E. ; SILVA, M. O desenho didático interativo na educação online. **Revista Ibero-Americana de Educación**, n. 49, p. 1-9, 2009.
- SCHNEPS, M. H.; ROSE, L.T.; FISCHER, K. T. Visual learning and the brain: implications for dyslexia. **Mind, Brain, and Education**, v.1, n. 3. p. 128-139, 2007.
- SCHWARTZ, M. Cognitive development and learning: analyzing the building of skills in classrooms. **Mind, Brain, and Education**, v. 3, n. 4 p. 198-208, 2009.
- SIEGEL, J. D. **The developing mind: how relationships and the brain interact to shape who we are**. New York: Guilford, 2012. 506p.
- SIGMAN, M.; PEÑA, M.; GOLDIN, A. P.; RIBEIRO, S. Neuroscience and education: prime time to build the bridge. **Nature Neuroscience**, v. 17, n. 4, p. 497-502, 2014.

- SILVERTHORN, D. U. Uncovering misconceptions about the resting membrane potential. **Advances in Physiology Education**, v. 26, n. 2, p. 69-71, 2002.
- SMILKSTEIN, R. (2003). **We're born to learn; using the brain's natural learning process to create today's curriculum**. Thousand Oaks: Corwin Press, 2003. 251p.
- SOUSA, D. A. **How the brain learns mathematics**. Thousand Oaks: Corwin Press, 2008. 244p.
- STEVENS, C.; NEVILLE, H. (2011). **Variabilidad en los perfiles de plasticidad neural en la cognición humana**. In: Lipina, S., Sigman, M. [eds.] **La pizarra de Babel: puentes entre neurociencia, psicología y educación**. Buenos Aires: Libros del Zorzal, 2011.
- SZÜCS, D.; GOSWAMI, U. C. Educational neuroscience: defining a new discipline for the study of mental representations. **Mind, Brain, and Education**, v. 1, p. 114-127, 2007.
- THOMAS, M. S.; Sensitive periods in brain development: implications for education policy. **European Psychiatric Review**, v. 2, n. 1, p. 17-20, 2009.
- THOMPSON, R. F.; MADIGAN, S. A. **Memory: the key to consciousness**. Washington: Joseph Henry Press, 2005. 280p.
- TOKUHAMA-ESPINOSA, T. Making classrooms better: 50 practical applications of mind, brain, and education science. New York: W.W. Norton, 2014. 389p.
- TOMMERDAHL, J. A model for bridging the gap between neuroscience and education. **Oxford Review of Education**, v. 36, n. 1, p. 97-109, 2010.
- VARMA, S.; SCHWARTZ, D. L. How should educational neuroscience conceptualize the relation between cognition and brain function? Mathematical reasoning as a network process. **Educational Research**, v. 50, p.149-161, 2008.
- WARD, H. **Using their brains in science: ideas for children ages 5 to14**. London: Paul Chapman, 2007. 150p.
- WEIBERG, D. S.; KEIL, F. C.; GOODSTEIN, J.; RAWSON, E.; GRAY, J. The seductive lure of neuroscience explanations. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 20, n. 3, p. 470-477, 2008.
- WESTEWATER, A.; WOLFE, P. The brain-compatible curriculum. **Educational Leadership**, v. 58, n. 3, p. 49-52, 2000.
- WILHELMANN, I.; DIEKELMANN, S. ; BORN, J. Sleep in children improves memory performance on declarative but not procedural tasks. **Learning & Memory**, v.15, p. 373-377.
- WILLINGHAM, D. T. **Why don't students like school?** San Francisco: Jossey-Bass, 2009. 228p.
- XU, F.; SPELKE, E. S.; GODDARD, S. (2005). Number sense in human infants. **Developmental Science**, v. 8, n. 1, p. 88-101, 2005.
- ZARDETTO-SMITH, A. M.; MU, K.; PHELPS, C. L. et al., Brains rule! Fun learning=neuroscience literacy. **The Neuroscientist**, v. 8, n. 5, p. 396-404, 2002.

## Apêndice

### Questionário: neurociência na educação.

Leia atentamente cada uma das afirmações que se seguem e expresse sua concordância ou discordância de acordo com a escala anexa, preenchendo a 3ª coluna do formulário. Não deixe de dar sua opinião sobre o teor das sentenças. Somente indicar idade e sexo.

Onde: 1-discordo totalmente; 2-discordo muito; 3-discordo um pouco; 4-concordo parcialmente; 5-concordo com muitas reservas; 6- concordo muito; 7-concordo totalmente.

Idade:.....

Sexo:.....

1.	Um melhor conhecimento sobre o cérebro e sua função pode contribuir para o processo ensino-aprendizagem?	
2.	Há um “período crítico” para aprendizagem nos primeiros anos da infância?	
3.	Há um “período sensível” na habilidade do cérebro em ser moldado pela experiência nos primeiros anos da infância?	
4.	O cérebro mostra “neuro-plasticidade”, isto é, graus de aprendizagem ao longo do período de vida do indivíduo.	
5.	Os ambientes educacionais “enriquecidos” aceleram a aprendizagem e o desenvolvimento cerebral?	
6.	Áreas diferentes do cérebro humano ficam aptas para a aprendizagem de acordo com a faixa etária do aprendente.	
7.	Um melhor conhecimento sobre o mecanismo biológico da aprendizagem e memória aperfeiçoaria o ensino?	
8.	Um melhor conhecimento sobre a gênese da emoção pode contribuir para o ensino?	
9.	Há alguma relação entre sono/sonho, memória e aprendizagem?	
10.	A pesquisa em neurociência visa contribuir para maior conhecimento de como o cérebro codifica, maneja e armazena a informação com implicações educacionais vantajosas.	

(Parcialmente adaptado de Herculano-Houzel, 2002; Howard-Jones, 2010)

## **Amauri Betini Bartoszeck**

Graduado em História Natural (Biologia) pela Universidade Federal do Paraná , mestre em Ciências Biológicas (Entomologia) pela Universidade Federal do Paraná , doutor em Neurofisiologia de Invertebrados pela Universidade Federal do Paraná e doutor em Fisiologia na Educação Médica - University of Washington . Professor adjunto de Fisiologia da Universidade Federal do Paraná. Tem experiência na área de Fisiologia, com ênfase em Órgãos e Sistemas, Neuroeducação e Educação Científica.

## **Dênia Falcão Bittencourt**

Professora e orientadora do trabalho de conclusão do Curso. Doutora em Educação USP. Área: Didáticas, teorias de ensino e práticas escolares, FEUSP, SP. Mestre em Engenharia de Produção UFSC. Área: Mídia e Conhecimento, PPGE, SC. Psicóloga PUCRS, RS.

**Artigo recebido em 21/07/2016**

**Aceito para publicação em 18/01/2017**

**Para citar este artigo:**

**BARTOSZECK, Amauri Betini; BITTENCOURT, Dênia Falcão. ALFABETIZAÇÃO EM NEUROCIÊNCIA E EDUCAÇÃO PARA PROFESSORES DP ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO. Revista Paidéi@. Unimes Virtual. Vol.9- Número 15 – Janeiro/2017 . Disponível em:**

<http://periodicosunimes.unimesvirtual.com.br/index.php?journal=paideia&page=index>

Acesso em: \_\_/\_\_/\_\_