

UNIVERSIDADE DE UBERABA
UNIUBE

Dissertação de Mestrado

GILBERTO GONÇALVES DE OLIVEIRA

NEUROCIÊNCIAS E OS PROCESSOS EDUCATIVOS:
UM SABER NECESSÁRIO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

UBERABA
2011

GILBERTO GONÇALVES DE OLIVEIRA

PROGRAMA DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO

LINHA DE PESQUISA: CULTURA E PROCESSOS EDUCATIVOS

NEUROCIÊNCIA E OS PROCESSOS EDUCATIVOS:
UM SABER NECESSÁRIO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação do Programa de Mestrado em Educação da Universidade de Uberaba, na área temática: Cultura e Processos Educativos.

Orientador: Professor Doutor Gustavo Araújo Batista

Catálogo elaborado pelo Setor de Referência da Biblioteca Central UNIUBE

Oliveira, Gilberto Gonçalves de

O4n Neurociência e os processos educativos: Um saber necessário na formação de professores / Gilberto Gonçalves de Oliveira. – Uberaba, 2011.

146 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Mestrado em Educação, 2011.

Orientador: Prof. Doutor Gustavo Araújo Batista

1. Neurociência educacional. 2. Prática docente – Formação. 3. Professores – Cultura e Processos Educativos. I. Universidade de Uberaba. Programa de Mestrado em Educação. III. Título.

CDD: 370.15

Dedico os meus filhos, Leonardo, Janaína e Paulo Afonso a realização deste Mestrado.

Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena.
Quem quer passar além do Bojador
Tem que passar além da dor.
Deus ao mar o perigo e o abismo deu,
Mas nele é que espelhou o céu.

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Aos meus colegas, pelo apoio.

Ao meu orientador, pela sabedoria de quem já percorreu o caminho.

Aos professores do Programa de Mestrado, pela dedicação.

À UNIUBE, pela oportunidade.

À Ivanira Barbosa, meu reconhecimento.

Um guerreiro da luz nunca esquece a gratidão. Durante a luta, foi ajudado pelos anjos; as forças celestiais colocaram cada coisa em seu lugar, e permitiram que ele pudesse dar o melhor de si.

Os companheiros comentam: “como tem sorte!”. E o guerreiro, às vezes, consegue muito mais do que sua capacidade permite.

Por isso, quando o sol se põe, ajoelha-se e agradece o Manto Protetor à sua volta.

Sua gratidão, porém, não se limita ao mundo espiritual; ele jamais esquece os amigos, porque o sangue deles se misturou ao seu no campo de batalha.

Um guerreiro não precisa que ninguém lhe recorde a ajuda dos outros; ele se lembra sozinho, e divide com eles a recompensa.

Todos os caminhos do mundo levam ao coração do guerreiro; ele mergulha sem hesitar no rio de paixões que sempre corre por sua vida.

O guerreiro sabe que é livre para escolher o que desejar; suas decisões são tomadas com coragem, desprendimento, e – às vezes- com uma certa dose de loucura.

Aceita suas paixões, e as desfruta intensamente. Sabe que não é preciso renunciar ao entusiasmo das conquistas; elas fazem parte de sua vida e alegra a todos que dela participam.

Mas, jamais perde de vista as coisas duradouras e os laços criados com solidez através do tempo.

Um guerreiro sabe distinguir o que é passageiro e o que é definitivo.

RESUMO

Os conhecimentos atuais acerca do neurodesenvolvimento e o funcionamento do complexo cérebro-mente interessam à sociedade como um todo. Ao professor, em formação inicial ou continuada, a aquisição de conhecimentos de neurociência o habilita a motivar, a ensinar e a avaliar o seu aluno num formato compatível com o funcionamento cerebral. O cérebro como estrutura natural responsável por aprender é alvo de pesquisas que o abordam sob seus diversos aspectos - religioso, filosófico, anatômico-funcional, antropológico, neurofuncional, psicossocial, da bioengenharia e inúmeros outros. A educação ganha importância inusitada, neste momento, quando se comprova que as estratégias pedagógicas utilizadas no processo ensino-aprendizagem são eficientes na reorganização do sistema nervoso em desenvolvimento, produzindo novos comportamentos. O objetivo da pesquisa é embasar a discussão com produções que abordam o tema sob diversos ângulos e se justifica no diálogo hermenêutico nos moldes propostos por Gadamer, como abordagem compreensiva de saberes relacionais. Com base na leitura dos diversos autores procurou-se construir um encontro de visões do mundo como forma de buscar uma verdade em trânsito no tempo, mas que busca compreender e contribuir com o momento atual. Por meio de busca bibliográfica em livros, textos, artigos publicados, bancos de teses e dissertações defendidas e sites de busca na *Internet* construir as bases teóricas desta dissertação. É um tema atual que vem avolumando sua produção científica com pesquisas de qualidade que vão delimitando um campo novo de intersecção da neurologia, psicologia e pedagogia. E o espaço proposto como comum e familiar entre a neurociência e a educação é a neuroeducação. A partir deste estudo, podemos apresentar algumas conclusões: a aprendizagem é decorrência da neuroplasticidade; o cérebro humano não finaliza seu desenvolvimento, mas reestrutura-se, reorganiza-se constantemente; ideias novas sobre a cognição e o desenvolvimento podem dar novas direções para a educação; a neuroeducação é uma proposta que vem crescendo e se constituindo num campo de intersecção entre educação e neurociência.

Palavras-chave: neurociência, aprendizagem, educação, formação de professores.

ABSTRACT

The current knowledge regarding the neurodevelopment and the functioning of complex brain-mind concerns the society as a whole. To a teacher, in training or continued learning, acquiring knowledge of neuroscience enables him to motivate, teach and assess their students in a format compatible with brain functioning. The brain as a natural structure responsible for learning is the subject of research in addressing its various aspects: religious, philosophical, anatomical and functional, anthropological, neurofuncional, psychosocial, bioengineering and countless others. The education gains unusual importance at this moment when it is proved that teaching strategies used in teaching-learning process are effective in the reorganization of the developing nervous system, producing new behaviors. The objective of this research is to base the discussion with productions that address the topic from many angles. Through literature search in textbooks, published articles, theses databases, dissertations and search sites on the Internet tried to build the theoretical basis of this dissertation. It is a current theme that is piling up its scientific production with quality research that will delimit a new field of intersection of neurology, psychology and pedagogy. This is a subject proposed as a common and familiar between neuroscience and education is the neuroeducation. From this study, we present some conclusions: learning occurs as a result of neuroplasticity; the human brain does not finish its development, but to restructure, reorganize itself constantly, new ideas about cognition and development may provide new directions for education; the neuroeducation is a proposal that is growing and becoming an important field of intersection between education and neuroscience.

Key-words: neuroscience, learning, education, teacher training.

SUMÁRIO

RESUMO	05
ABSTRACT	06
INTRODUÇÃO	08
- A definição dos objetivos da pesquisa.....	10
- Procedimentos teórico-metodológicos.....	11
- Estudos da neurociência : do século XVIII ao século XXI.....	20
- A organização do texto.....	25
1 ASPECTOS EVOLUTIVOS DO CÉREBRO HUMANO	32
1.1 O desenvolvimento do cérebro.....	39
1.2 Cérebro-mente: o modo de operar do complexo cérebro/mente.....	45
1.3 A mente humana.....	46
1.4 Aspectos antropológicos da neurociência: o cérebro “social”: humanização ou cerebralização?.....	52
2 NEUROCIÊNCIA NA EDUCAÇÃO - Evolução dos conceitos sobre o cérebro e o processo de aprendizagem	64
2.1 A história da neurociência.....	66
2.2 Da IdadeAntiga à contemporaneidade: o que se pensou sobre o cérebro na história da Medicina.....	69
3 NEUROCIÊNCIA, EDUCAÇÃO E APRENDIZAGEM	73
4 EDUCAR O CÉREBRO E A MENTE?	87
4.1 Os desafios da neurociência para a escola.....	87
4.2 Cérebro e mente: campo de indagação e de provisórias respostas.....	92
4.3 Proposições de Vigotski.....	94
4.4 Aprendizagem e desenvolvimento.....	100
4.5 Os desafios da neurociência para a aprendizagem.....	109
CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
REFERÊNCIAS	136

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa representa uma longa caminhada que eu percorri e na qual me apropriei de minha história de vida e gradativamente assumi a identidade de educador em formação. Inicia-se pela formação de médico generalista, direcionada desde a graduação para o estudo do cérebro. Graduado em medicina em 1980, especializado em neurologia e neurocirurgia, inicia-se um longo ciclo de atuação profissional de prática médica em hospitais, ambulatórios públicos e consultório privado. Foram duas décadas dedicadas à assistência aos pacientes neurológicos, clínicos e cirúrgicos. A docência não estava nos planos até ser convidado para participar do curso de fisioterapia da Universidade de Uberaba (União) como professor de neuroanatomia. Foi um período de muitas mudanças em nível pessoal e de trajetória profissional.

Nas redefinições de objetivos de vida pessoal e planos profissionais para o futuro, passou a figurar a capacitação para a docência universitária. Em 2004, concluí o Curso de Especialização em Docência Universitária na União – O fazer e o pensar no cotidiano da sala de aula. O trabalho de conclusão deste curso propôs a discussão: A Educação Frente aos Avanços da Tecnociência. Aspectos médicos do processo ensino-aprendizagem¹. A questão deste estudo foi de como os conhecimentos de neurociência contribuem para a educação, além de chamar a atenção para as implicações sociais e éticas do que, à primeira vista, parece ser um avanço puramente tecnológico e científico. As questões que nortearam a pesquisa foram:

- *Como se adquire conhecimento?*
- *Como acontece o processo ensino-aprendizagem?*

Estas questões são temas transversais em minha formação docente, passando pela Especialização em Educação a Distância, até chegar ao Programa de Mestrado em Educação da União. Na Especialização em Educação a Distância estas questões surgiram em torno da contribuição da neurociência embasando a andragogia² e a aprendizagem na modalidade de Educação a Distância. No mestrado foi se delineando a pesquisa para embasar cientificamente

¹ Trabalho de conclusão de curso apresentado pelo autor como pré-requisito para obtenção do título de especialista em Docência Universitária pela União.

² Andragogia é a arte ou ciência de orientar adultos a aprender, segunda a definição creditada a Malcolm Knowles, na década de 1970. O termo remete a um conceito de educação voltada para o adulto, em contraposição à pedagogia, que se refere à educação de crianças (do grego *paidós*, criança). Para educadores como Pierre Furter (1973), a andragogia é um conceito amplo de educação do ser humano, em qualquer idade. A UNESCO, por sua vez, já utilizou o termo para referir-se à educação continuada. Ciência que estuda as melhores práticas para orientar adultos a aprender. (WIKIPEDIA, 2011 a).

a resposta a uma questão levantada, no curso de Pedagogia da Uniube, pelas alunas do primeiro ano na disciplina “Aspectos neurológicos da aprendizagem”. Foi uma pergunta sem muita pretensão: é necessário que o pedagogo estude este conteúdo? Por que este conteúdo foi incluído no currículo do curso de pedagogia?

A resposta, com suas justificativas e explicações, foi exposta por mim. Parecia óbvio, mas me causaram inquietação. Esta inquietação é que me trouxe até aqui e que se transformou em pergunta a ser respondida na dissertação de mestrado em Educação. A importância do conhecimento da neurociência como um saber necessário no processo educativo docente e discente para a compreensão, especialmente de como acontece a aprendizagem exige uma abordagem metodológica que responda questões atuais da Educação.

Sendo assim, a proposta desta dissertação é fruto de uma pesquisa elaborada com a contribuição de educadores e a partir da minha formação acadêmica de origem de médico-neurologista.

A dificuldade inicial da pesquisa foi identificar que as produções não tinham como objetivo facilitar a compreensão por parte de todos os envolvidos no tema. Somente nos últimos dois anos é que a bibliografia traz estudos multidisciplinares. Neste período as produções científicas têm abordado diversos aspectos da neurociência relativos à educação. O que se percebe é um desejo incipiente, que aparece nos objetivos e conclusões das pesquisas, de que seja construído um espaço comum e familiar entre neurociência e educação.

Muitas destas pesquisas deverão acontecer na sala de aula por intermédio do professor. Outros sugerem que o neurocientista vá para a sala de aula, para a escola, participar destas pesquisas. Os conhecimentos em neurociência são produzidos numa velocidade vertiginosa e a possibilidade de comprovação científica de suas afirmações conta com importantes exames de neuroimagem com tecnologia de ponta. São conhecimentos que se renovam, transformam-se e criam novos paradigmas. A cada instante se esclarecem mais e mais o funcionamento desta fascinante estrutura que é o cérebro humano.

Esta pesquisa tem um significado particular para o autor ao propor superar as barreiras da segmentação dos saberes, especificamente do saber médico na tentativa de criar um campo de pesquisa em que todos tenham acesso às informações num formato sem espaço para a exclusão.

O campo de investigação da neurociência se desenvolve rapidamente e tem se ampliado interessando a autores de diversas áreas. Esta pesquisa pretende contribuir com essa discussão. São muitas as questões em aberto que devem estimular tal pesquisa, como também

a outros autores, na continuação desta investigação, principalmente dando a ela um caráter prático na vida escolar, na sala de aula. Nos dizeres de D'Ambrosio (2011, p.13):

Além disso, o conhecimento fragmentado dificilmente poderá dar a seus detentores a capacidade de reconhecer e enfrentar os problemas e situações novas que emergem de um mundo a cuja complexidade natural acrescenta-se a complexidade resultante desse próprio conhecimento transformado em ação que incorpora novos fatos à realidade, por meio da tecnologia.

O que se espera, na medida em que estudiosos das diversas áreas de saber trabalhem com conceitos mais universais, é que se alcance a interdisciplinaridade e, quiçá, a transdisciplinaridade. Um conhecimento que embase os processos educacionais de modo que se alcance a educação desejada para os dias atuais, certamente tem a contribuição da neurociência.

A definição dos objetivos da pesquisa

Esta pesquisa é a busca por uma resposta para a questão suscitada em sala de aula e que se tornou uma inquietação: *a neurociência é um conhecimento atual importante e necessário no processo educativo, o professor deve adquirir estes conhecimentos em sua formação inicial e continuada?*

O objetivo geral desta dissertação *é construir uma resposta, ainda que provisória, mas sustentada pela pesquisa científica, que demonstre importância das contribuições da neurociência para o professor em formação inicial e ao longo de sua vida.*

Os objetivos específicos definidos a partir deste questionamento são:

- *levantar aspectos das neurociências relacionados com a educação que possam subsidiar e contribuir para a formação dos professores;*
- *analisar e comparar a produção bibliográfica a partir dos aportes teóricos de autores do campo da neurociência e da Educação;*
- *apontar as contribuições da neurociência para a Educação, especificamente quanto à compreensão do processo de aprendizagem;*
- *identificar os conhecimentos necessários, em relação à neurociência e educação, na formação de professores para que se possa compreender e aplicar estratégias que estimulem e facilitem o desenvolvimento*

humano em sua diversidade, numa ação preventiva no processo de ensino-aprendizagem.

Em relação ao posicionamento epistemológico a pesquisa se desenvolveu numa metodologia qualitativa levando em conta que se trata de um estudo interpretativo com momentos dialógicos. Este é um trabalho teórico, como diz Amaral³ (2002, p. 14) “Teoria, aqui bem entendida, como uma forma de “pensar mais” sobre um determinado tema, para além da maneira como o mesmo vem sendo pensado, discutido e analisado de forma dominante ao longo dos anos.”.

Procedimentos teórico-metodológicos

Palmer (1968) se propôs a escrever sobre a definição, âmbito e significado da hermenêutica. Os métodos de análise científica não propiciam modos de compreensão mais sutis e compreensíveis quanto o campo da hermenêutica. A concepção de interpretação ampla é um dos elementos essenciais da hermenêutica. Palmer (1968, p. 20) diz: “A interpretação é, portanto, talvez o ato essencial do pensamento humano; na verdade, o próprio fato de existir pode ser considerado como um processo constante de interpretação”. Palmer propõe a hermenêutica como o estudo do conhecimento como encontro histórico que depende da experiência pessoal de quem está no mundo e ultrapassa o conceito de interpretação textual. A compreensão científica difere da compreensão hermenêutica, pois têm tarefas diferentes. A teoria hermenêutica quer alcançar uma medida de autoconhecimento nas ciências humanas.

A tentativa de aproximar e entrelaçar conhecimentos desenvolvidos em diversas áreas acerca do cérebro humano e a aprendizagem exige uma abordagem hermenêutica. A pesquisa se desenvolveu numa concepção hermenêutica filosófica defendida por Gadamer⁴. A hermenêutica é a arte da compreensão do outro e de se tornar compreensível pelo outro. Gadamer em uma de suas últimas entrevistas concedida a Abi-Sâmara⁵ (2005, p.14), comenta sobre o significado do que seja hermenêutica:

³ AMARAL, Roberto Antônio Penêdo do - graduado em Pedagogia, Mestre em Educação Brasileira, com a dissertação A hermenêutica crítica de Paul Ricoeur por uma ampliação do conceito de ideologia em educação e Doutor em Educação.

⁴ GADAMER, Hans-Georg - filósofo alemão expoente da hermenêutica filosófica cuja obra de maior impacto foi Verdade e Método.

⁵ Raquel Abi-Sâmara – doutora em Literatura Comparada/ UERJ

Eu espero que ela signifique um caminho para o pensar. Deve-se pensar por si mesmo. Não se aprende nada que não tenha sido pensado por si mesmo. Nisso ajuda. Para isso serve a hermenêutica, uma vez que ela deixa muita coisa em aberto. É essa natureza da hermenêutica, pois ela não diz exatamente o que se quer dizer. Ela é assim como toda pergunta: cada pergunta é um fenômeno hermenêutico, pois a resposta não é definitiva.

Como disciplina clássica, a hermenêutica é a arte de compreender textos. Gadamer (1999, p.15) não se dispõe a uma disputa metodológica do que ele chama de “ciências da natureza e ciências do espírito”.

As ciências naturais estudam o universo em seus aspectos físicos, não humanos. As ciências do espírito têm como objeto o homem, como indivíduo e ser social e inclui a antropologia, a psicologia, a pedagogia, a educação. Gadamer (1999, p.263) relata:

No século XIX a hermenêutica experimentou, como disciplina auxiliar da teologia e da filosofia, um desenvolvimento sistemático que a transformou em fundamento para o conjunto de atividades das ciências do espírito. Ela elevou-se fundamentalmente acima de seu objetivo pragmático original, ou seja, de tornar possível ou facilitar a compreensão de textos literários.

Gadamer (1999) recorre a Chladenius para explicitar o que considera importante e que justifica a arte de interpretar, qual seja, a diferença entre interpretar e compreender um texto. Na interpretação são acrescentados conceitos sem os quais um texto não pode ser plenamente compreendido. O autor deixa claro que compreender um texto é entender o texto como tal. Compreender um autor não implica em compreender um discurso ou um texto do autor. Não se pode supor que um texto represente a opinião e expectativa daquele que o lê, mas espera-se abertura à opinião do outro ou à do texto. Não se trata de abrir mão da própria opinião.

Gadamer (1999, p. 544) afirma:

[...] também o fenômeno hermenêutico encerra em si o caráter original da conversão e da estrutura da pergunta e da resposta. O fato de que um texto transmitido se converta em objeto de interpretação quer dizer, para começar, que coloca uma pergunta ao intérprete. A interpretação contém, nesse sentido, sempre uma referência essencial constante à pergunta que foi colocada. Compreender um texto quer dizer compreender essa pergunta.

Na linguagem está a sustentação da hermenêutica. “A linguagem não é somente um dos dotes, de que se encontra apetrechado o homem, tal como está no mundo, mas nela se

baseia e representa o fato de que os homens simplesmente têm mundo”, diz Gadamer (1999, p.643).

Esse “mundo” é um mundo linguístico que “não é em si nem é relativo no mesmo sentido em que podem ser os objetos da ciência.” (GADAMER 1999, p. 658). É uma experiência particular que não se obtém pela ciência e que abrange todo o ser em si independente de suas relações e abrange o objeto de conhecimento e seus enunciados. Domingues⁶ (2009, p. 3) lança perguntas provocativas em seu artigo: “O que justifica o diálogo hermenêutico? O que é um diálogo? O criticismo de Gadamer da ciência contemporânea enquanto cultura, pela penetração do tema no âmbito da práxis humana, levanta a questão da abordagem compreensiva do existir”.

No diálogo é que se realiza o pensar. Este possibilita a interpretação mediada pela linguagem da lógica questão-resposta. Não se pode compreender o ser em sua totalidade. Não é pretensão na hermenêutica filosófica, alcançar a totalidade da interpretação. A hermenêutica é ontológica por se situar no terreno do Ser.

A concepção de verdade difundida pelo Iluminismo e a universalidade que procura imprimir ao método das Ciências Naturais generalizou-se para as demais ciências, fazendo crer que este seria o único capaz de coletar a realidade. Para Oliveira⁷ (2007) Gadamer propõe a inversão em que a universalidade da compreensão e da hermenêutica seja aplicada para toda a ciência.

As raízes gregas da palavra hermenêutica a traduzem como verbo “interpretar” e, como substantivo “interpretação”. Suas origens remetem ao deus mensageiro Hermes que na mitologia grega era considerado um benfeitor e protetor da humanidade. Dentre suas atribuições incluía a de ser o mensageiro com a função de transmutar – transformar em inteligível tudo o que ultrapasse a capacidade de compreensão humana. Como diz Palmer (1968, p.24)

Hermes traz a mensagem do destino; *hermeneuein* é esse descobrir de qualquer coisa que traz uma mensagem, na medida em que o que se mostra pode tornar-se mensagem. Uma tal descoberta torna-se uma explicação do que já fora dito pelos poetas, que são eles próprios, segundo Sócrates no diálogo platônico *Ion* (534 e) “mensageiros(*Botschafter*) dos deuses ”, *hermenes esin ton tehon*. Assim, levada até à sua raiz grega mais antiga, a origem das atuais palavras “hermenêutica” e “hermenêutico” sugere o processo de “tornar compreensível”, especialmente enquanto tal processo

⁶ DOMINGUES, José António – conselho editoria da LusoSofia , Biblioteca *on-line* de Filosofia e Cultura da Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal.

⁷ OLIVEIRA, Aurenéa Maria de – doutora em Sociologia/UFPE.

envolve a linguagem, visto ser a linguagem o meio por excelência neste processo.

Hermes é o mediador e aquele que leva a mensagem sugerindo estar implícito no significado de hermenêutica expressar, explicar e traduzir. A hermenêutica, segundo Palmer (1968, p.24) “é o processo de decifração que vai de um conteúdo e de um significado manifestos para um significado latente ou escondido”.

O mito do conhecimento conceitual e verificável tem a crítica de Gadamer que propõe o conceito histórico e dialético de experiência com um encontro, um acontecimento e não somente um fluxo de percepções. Experiência passa a expressar não um conhecimento informativo cumulativo sobre um evento, mas a acumulação de compreensão que leva à sabedoria. Neste sentido o caráter dialético da experiência pressupõe abertura para a pergunta como possibilidade de uma resposta ainda não determinada. Estar aberto à pergunta implica abrir-se à resposta que só tem seu significado em relação à pergunta.

Neste estudo foram elencados autores com produções que trazem esclarecimentos sobre a neurociência. Noutro momento foram reunidos autores relacionados à educação e formação de professores. Posteriormente, procurou-se a confluência destas produções com o propósito de produzir esta pesquisa que pretende direcionar os conhecimentos neurocientíficos como subsídios a serem utilizados na compreensão dos processos educacionais, especialmente relacionados à aprendizagem.

A aprendizagem é entendida como processo de mudança de comportamento decorrentes da experiência obtida pela intervenção de fatores neurológicos, relacionais e ambientais. O aprender se definiria como resultado da interação das estruturas mentais e o meio ambiente. Procurando bases científicas para esta discussão, esse estudo se debruçou na revisão bibliográfica de produções de diversas áreas de saber. É uma pesquisa teórica na definição de Baffi⁸ (2002, p.1).

Esse tipo de pesquisa é orientado no sentido de re-construir teorias, quadros de referência, condições explicativas da realidade, polêmicas e discussões pertinentes. A pesquisa teórica não implica imediata intervenção na realidade, mas nem por isso deixa de ser importante, pois seu papel é decisivo na criação de condições para a intervenção.

Ressalto a pretensão deste estudo de somar esforços para uma reflexão acerca da fundamentação teórica da educação atual. Realizado a partir dos aportes teóricos de autores

⁸ BAFFI, Maria Adelia Teixeira. Pedagoga - PUC-RJ. Mestre em Educação – UFRJ. Doutoranda em Pedagogia Social – UNED. Prof^ª titular - FE/UCP.

do campo da neurociência e da formação de professores, tais como: Lundy-Ekman, L.(2004); Scorza, F. A.(2005); Gomes, M. da M.(1997); Bartoszeck, A. B.(2009); Eslinger, P. J. (2003); Tardif, M. (2002); Kincheloe, J. L.(1997); Contreras, J. (2002); Brandão, C.R. (2002); Joenk, I. K. (2002) tem como objetivo apontar as contribuições da neurociência para a educação. As proposições de Vigotski e seus seguidores apóiam a proposta de uma educação integral, que envolve o cérebro e a mente, a aprendizagem e o ensino.

Com o caráter hermenêutico da pesquisa, busca-se a elucidação por meio da leitura sistemática com anotações e fichamento a fundamentação teórica do estudo. As buscas se concentram nas palavras-chaves:- neurociência, formação de professores e ensino-aprendizagem, procurando encontrar o campo de intersecção das mesmas. Tudo isso permitiu uma ampla visão sobre o tema proposto para a pesquisa. Deste modo, procurou-se delimitar o tema em relação aos objetivos traçados. Lüdke⁹ e André¹⁰ (1986, p.3) comentam sobre o pesquisador e a pesquisa:

É igualmente importante lembrar que, como atividade humana e social, a pesquisa traz consigo, inevitavelmente, a carga de valores, preferências, interesses e princípios que orientam o pesquisador. Claro está que o pesquisador, como membro de um determinado tempo e de uma específica sociedade, irá refletir em seu trabalho de pesquisa os valores, os princípios considerados importantes naquela sociedade, naquela época. Assim, sua visão de mundo, os pontos de partida, os fundamentos para compreensão e explicação desse mundo irão influenciar a maneira como ele propõe suas pesquisas ou, em outras palavras, os pressupostos que orientam seu pensamento vão também nortear sua abordagem de pesquisa.

A análise de cada informação se realizou com profundidade e, também, evitou-se utilizar de uma única fonte, principalmente em temas de conceituação recente. Esta pesquisa tem uma longa caminhada que o autor percorreu, na qual se apropria de sua história de vida,

⁹ MENGA LÜDKE, Hermengarda Alves Lüdke; - licenciatura em Filosofia, USP, doutorado em Sociologia, Universidade Paris, pós-doutorado Universidade da Califórnia, Berkeley e Instituto de Educação da Universidade de Londres. Pesquisadora convidada: Universidade Jules Verne, Amiens, França; INRP, Lyon, França e Faculdade de Educação da Universidade de Cambridge. Professora titular da PUC- Rio e da Universidade Católica de Petrópolis.

¹⁰ ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazos Afonso de - possui graduação em Letras pela Universidade de São Paulo (1966), graduação em Pedagogia pela Universidade Santa Úrsula (1973), mestrado em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1976) e doutorado em Psicologia da Educação - *University of Illinois* (1978). Professora titular aposentada na Faculdade de Educação da USP, atualmente é Professora do Programa de estudos Pós-graduados em Educação: Psicologia da Educação da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Desenvolve pesquisas na área de formação de professores.

assumindo a identidade de educador em formação. Gil¹¹ (2003, p.3) descreve as características da pesquisa bibliográfica:

[...] é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho desta natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. Boa parte dos estudos exploratórios pode ser definida como pesquisas bibliográficas. As pesquisas sobre ideologias, bem como aquelas que se propõem a uma análise das diversas posições acerca de um problema, também costumam ser desenvolvidas quase exclusivamente mediante fontes bibliográficas.

Quanto à base teórica desta dissertação estão alguns autores cuja contribuição não se restringe às citações, mas por serem pertinentes à formação de seu autor. Lundy-Ekman (2004), fisioterapeuta americana é a autora que embasa os conceitos de neurociência utilizados nesta pesquisa. Ela se propõe a participar da formação de atuais e futuros terapeutas preocupados em aprimorar a habilidade de oferecer a melhor reabilitação possível. A pedagogia não é vista, ainda, como atividade terapêutica, preventiva e reabilitadora em relação ao sistema nervoso e efetivamente isso pode ocorrer na sala de aula.

Scorza (2005) e colaboradores fazem uma revisão sobre a neurogênese, isto é, a proliferação de neurônios em cérebros de indivíduos adultos de diversas espécies, inclusive em humanos que levam a revisão de princípios básicos da teoria neuronal de Ramón y Cajal, no final do século XIX, como a morte neuronal sem regeneração e a permanência da estrutura cerebral adquirida na embriogênese após o nascimento.

Bartoszeck (2007) em suas pesquisas no Laboratório de Neurociência e Educação do Departamento de Fisiologia da Universidade Federal do Paraná discute a relevância da neurociência para a educação e as implicações da pesquisa sobre o cérebro para o ensino. O autor conclui que a neurociência tem muito a oferecer, em via de mão dupla à educação, para o benefício mútuo.

Kincheloe (1997) trata do pensamento do professor num contexto cultural, suas relações de poder envolvendo a política. O autor propõe a pesquisa como capaz de fortalecer o pensamento do professor e destaca a pesquisa-ação crítica como ferramenta importante nesta atividade. A pesquisa-ação é necessária para que aluno e professor identifiquem e derrubem as forças opressoras.

¹¹ GIL, Antônio Carlos - bacharel em Ciências Políticas e Sociais; licenciado em Pedagogia; mestre e doutor em Ciências Sociais pela Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo; doutor em Saúde Pública pela USP.

O autor supracitado analisa a era Reagan-Bush que testemunhou a reconfirmação da epistemologia da verdade única, buscando soluções educacionais dentro das fronteiras cartesiano-newtonianas. A educação behaviorista do professor foi influente por longo período da história. A preocupação, neste contexto, de formar um bom professor era a tentativa de corresponder ao conceito de bom ensino, em que a média dos estudantes apresentava mais questões corretas em testes padronizados de múltipla escolha. Entender a importância dos conhecimentos atuais de neurociência nas diversas áreas, inclusive na educação, ainda é um paradigma novo. São conhecimentos incipientes, que, aos poucos, vão-se delineando, sendo dependentes da tecnociência. Estes conhecimentos são produzidos como uma avalanche, mas que dependem de pesquisas que validem sua importância, consistência, relevância e aplicabilidade na educação.

Contreras (2002) discute a autonomia do professor, pois tem a medida do conhecimento do tema e a ousadia necessária para provocar uma discussão que desaloja e estimula o professor a rever sua profissionalidade como modo de expressar seus valores e anseios além do trabalho docente. O autor se apoia em vários teóricos da educação, como Gimeno, Smyth, Gadamer e Stenhouse. Dialogando com os conceitos do professor pesquisador de Stenhouse e do professor reflexivo de Schön, Contreras desenvolve suas ideias ora divergindo, ora concordando com os mesmos.

O citado autor (2002, p.143) diz que “O interesse de Stenhouse centrou-se na necessidade de que as ideias educativas deveriam se traduzir de forma prática e experimentada em sala de aula”. A sala de aula é o lugar da pesquisa e experimentação que falta às demais áreas de neurociência para se testar as ideias na prática. A neurociência não tem proposta de criar teorias, metodologias ou técnicas de ensino-aprendizagem. A proposta, da maioria dos autores pesquisados, é contribuir para a compreensão dos mecanismos cerebrais envolvidos no processo educativo e no desenvolvimento de metodologias que compatibilizem o processo de ensino e o processo de aprendizagem. Educação e neurociência tornam-se uma via de mão dupla.

Além disso, o autor em questão destaca, na formação de professores, a necessidade do domínio técnico na solução de problemas, assim como o conhecimento dos procedimentos adequados de ensino e sua devida aplicação. O cérebro é moldável pelos estímulos advindos do próprio organismo, da programação genética e do ambiente externo. Torna-se necessário, na formação do professor, a aquisição de conhecimentos que o habilitem a ensinar, motivar e

avaliar o aluno num formato mais eficiente para o seu cérebro. Como comentado por Oliveira¹² (2009, p.3).

Na Educação, este conhecimento tem provocado discussões e reavaliação pedagógica. Sabendo que o cérebro é uma estrutura moldável pelos estímulos ambientais e que nele ocorre o aprender e o lembrar do aluno, é essencial conhecer seu funcionamento para ajudar o aluno a aprender. Não é, pois, suficiente para quem educa conhecer como ocorre o *input* e o *output* do conhecimento no processo ensino/aprendizagem, mas também é necessário conhecer a “central de processamento” deste conhecimento, o cérebro. Não é satisfatório saber como ensinar, como avaliar o que foi ensinado; faz-se necessário apresentar o conhecimento num formato que o cérebro aprenda melhor.

Tardif¹³ (2002) contribui com pesquisas sobre o saber dos professores em seu trabalho e o saber dos professores em sua formação. Uma proposta inovadora de Tardif é compreender o saber do professor como saberes cujo objeto de trabalho é o ser humano e recebe contribuição de várias instâncias como a família, a cultura pessoal, cursos e se constrói durante sua vida e sua carreira. “O que exige do professor capacidade de dominar, integrar e mobilizar tais saberes enquanto condição para sua prática.” (TARDIF, 2002, p. 2).

O desafio para a educação não se encontra, apenas, em saber como ensinar ou como avaliar o que foi ensinado; faz-se necessário apresentar o conhecimento num formato que o cérebro aprenda melhor. A aprendizagem significativa tem seu substrato orgânico e biológico na reorganização das conexões entre os neurônios, na neurogênese, compreendida pelo conceito da neuroplasticidade como capacidade plástica do cérebro se reorganizar em vários níveis, quando submetido a estímulos eficientes e frequentes ou após uma agressão. A questão passa por delimitar o que se compreende por saber. Este estudo toma como referência a compreensão de Tardif (2002, p. 60) do que seja saber:

É necessário especificar também que atribuímos à noção de “saber” um sentido amplo que engloba os conhecimentos, as competências, as habilidades (ou aptidões) e as atitudes dos docentes, ou seja, aquilo que foi muitas vezes chamado de saber, de saber-fazer e de saber-ser.

Este autor compreende que o saber do professor tem como “objeto de trabalho” seres humanos e advém de várias instâncias de sua realidade como ambiente familiar, da instituição

¹² OLIVEIRA, Gilberto Gonçalves de – neurologista. Especialista em Docência Universitária e Educação a Distância, mestrando do Programa de Mestrado em Educação da Uniube.

¹³ TARDIF, Maurice - professor de Fundamentos da Educação (Sociologia da Educação, Filosofia e História das Ideias Educativas) da Faculdade de Ciências da Educação da Universidade de Montreal.

que o formou, da sua formação continuada e de seus pares. É plural, heterogêneo, temporal, personalizado, situado e se constrói durante toda a vida. Dos saberes docentes, a neurociência serve de base para o ensino, como competência de seu “saber-ensinar”. Tardif (2002, p. 64) diz:

Se os saberes dos professores possuem certa coerência, não se trata de uma coerência teórica nem conceitual, mas pragmática e biográfica: assim como as diferentes ferramentas de um artesão, eles fazem parte da mesma caixa de ferramentas, pois o artesão que os adotou ou adaptou pode precisar deles em seu trabalho.

Fernández (2002) apresenta reflexões sobre a educação de adultos com críticas, análises e propostas curriculares. Joenk¹⁴ (2002) faz uma breve introdução ao pensamento de Vigotski (2007) em relação aos processos interativos na atividade humana, as funções mentais superiores e outros conceitos importantes de neurociência.

Lundy-Ekman (2004 p.62) afirma que do ponto de vista neurológico, uma aprendizagem somente ocorre em decorrência da neuroplasticidade. O cérebro humano não finaliza seu desenvolvimento, mas por constantes modificações se reestrutura e se reorganiza para atender eficientemente o indivíduo em cada etapa do ciclo de sua vida.

Para os seres humanos, o caminho da maturidade é cercado de experiências que podem ser identificadas pelo educador, permitindo-lhe, além de compreender o que acontece, possa antecipar e antever etapas, com o intuito de enfrentar e adaptar-se melhor às dificuldades.

Os estudos de neurociências demonstram, ao contrário do que se acreditava, que o cérebro humano é capaz de gerar novas células. (SCORZA, 2005; KEMPERMANN e GAGE, 1997) Existe um sincronismo entre o cérebro em desenvolvimento e o que modela seu crescimento de maturação. Joenk (2002, p. 03) destaca a ação da plasticidade cerebral:

Diante das imensas possibilidades de realização do ser humano, essa plasticidade é essencial: o cérebro pode servir a novas funções criadas pela cultura na história do ser humano, sem que sejam necessárias transformações na estrutura do órgão físico. O funcionamento cerebral é moldado tanto ao longo da história da espécie como no desenvolvimento individual, isto é, a estrutura e o funcionamento do cérebro não são inatos, fixos e imutáveis, mas passam por mudanças no decorrer do desenvolvimento do indivíduo devido à interação do ser humano com o meio físico e social.

¹⁴ JOENK, Inhelora Kretzschmar - especialista em Alfabetização, especialista em Metodologia do Ensino da Matemática, mestranda em Educação e Cultura– UDESC/UNIDAVI – Rio do Sul – SC

Eslinger (2003) afirma que o pensamento, a emoção, os planos de ação e autorregulação da mente e do corpo passam no cérebro por um longo processo de crescimento, o qual, com efeito, dura a vida inteira.

O desenvolvimento cerebral é intenso nos primeiros anos de vida, chegando a crescer mais de 80% de seu tamanho adulto. Este desenvolvimento reduz progressivamente, mas continua este processo por toda a vida do indivíduo. O autor acresce ainda que “[...] ideias novas que estão emergindo da pesquisa sobre cognição e desenvolvimento cerebral que podem dar novas direções para o planejamento e implementação educacional.” (ESLINGER, 2005, p.1). Uma dessas ideias se relaciona com o conhecimento do sistema de memórias múltiplas e outra com as funções executivas.

Outro autor a ser destacado é Vigotski (2007) que contribuiu com sua teoria para a compreensão dos processos de interação da atividade humana, funções mentais superiores, mediação simbólica e elaboração conceitual. Estas ideias estão relacionadas a sistemas múltiplos de inteligência, sistemas múltiplos de memória e múltiplas funções executivas. Estas são as funções cerebrais desenvolvidas no cérebro adulto. Considerando os aspectos da neurociência existem diferenças e características do cérebro do indivíduo nas diversas etapas da sua vida que vão solicitar adequações específicas. A aprendizagem ocorrerá ao longo da vida do indivíduo e ninguém mais espera terminar sua formação com um último certificado. Vigotski abre as portas para a pesquisa da mente humana mostrando uma perspectiva que sempre se amplia. Das primeiras pesquisas até os seus desdobramentos realizados por seus seguidores nos levam a uma compreensão do ser humano e do seu mundo. Um pensador complexo que percebeu o ponto a ser movido, que movimentaria todo o restante em seu entorno. Suas observações são preciosas e renderam preciosidades através de outros pesquisadores.

Estudos sobre a Neurociência : do século XVIII ao século XXI

A exploração do cérebro humano, em sua complexidade, não é tarefa para um campo restrito da ciência. Assim, a neurociência se integra à outras ciências numa rede que amplia as informações e constrói um conhecimento que parece não se esgotar. O termo neurociência se difunde como um conceito transdisciplinar ao reunir diversas áreas de conhecimento no estudo do cérebro humano. As dificuldades decorrentes de campos diversos de conhecimento, neurociência e educação, diluem-se na medida em que cada um se apropria das terminologias do outro e buscam um novo conhecimento.

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 o cérebro. A busca científica para aproximar estas ciências não é recente. Rato¹⁵ (2010) lembra Cruickshank (1981) quando aponta que há cerca de 25 anos atrás (sic) propôs a criação de “neuroeducadores”. Rato (2010, p.627) acresce ainda que “Embora a ideia de que a investigação neurocientífica pode influenciar a teoria e prática educacional já não seja novidade, atualmente, com as novas descobertas científicas, a neurociência e a educação voltam a cruzar caminhos”.

Há entraves que podem ser apontados para esta aproximação como as questões relacionadas às respostas que a neurociência ainda não pode dar. Uma importante questão se refere à limitação em demonstrar cientificamente como a mente e o cérebro funcionam. As pesquisas da neurociência são recentes e, com o avanço da tecnologia, algumas descobertas invalidam afirmações anteriores. Fischer¹⁶, (2009, p.1) discorda dos autores que consideram prematura a ideia de relacionar a educação com a neurociência. O autor defende a ideia de que a investigação da neurociência em contextos educativos abriria um leque de possibilidades de descobertas tanto em biologia básica quanto dos processos cognitivos relacionados ao desenvolvimento e à aprendizagem. Ele propõe a união da biologia, neurociência, desenvolvimento e educação que seriam a base da pesquisa educacional.

Há uma preocupação evidente em diversos autores de se evitarem as distorções e a mitificação popular das informações sobre a neurociência e as descobertas do cérebro. Alguns destes mitos ainda estão no senso comum como a de utilizarmos 10% de nosso cérebro, do cérebro masculino e feminino, da dominância motora à esquerda, do cérebro esquerdo e direito, tamanho e peso do cérebro, da possibilidade de se medir a inteligência dentre outros tantos. Faz-se necessário, neste momento, ressaltar a atenção necessária para que os conhecimentos e descobertas da neurociência não se tornem panacéia ou justificativa para disseminação de uma pseudociência.

¹⁵ RATO, Joana Rodrigues - pesquisadora do Grupo de Investigação em Neurociências Cognitivas, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Católica Portuguesa.

¹⁶FISCHER, Kurt W. - professor da Universidade de Harvard (1970-1971), professor assistente da Universidade de Denver (1972-1987), professor adjunto da Universidade do Colorado em Denver (1975-1987), professor visitante da Universidade da Pensilvânia, na Escola Superior de Educação, professor de Educação da Universidade de Harvard (1986-1999), *Fellow* do Centro de Estudos Avançados em Ciências do Comportamento, da Universidade de Stanford, 1992 -1993; mestre docente, Escola de Neurociências Cognitivas e Comportamentais, da Universidade de Universidade de Groningen, Holanda, Diretor do Programa de Educação da Universidade de Harvard, desde 1997.

Reunir cientistas com educadores, integrar investigação com a prática, com uma infraestrutura necessária para se produzir um estudo consistente de ensino e aprendizagem em ambientes educacionais é a proposta de Fischer (2007). Entender os aspectos biológicos relacionados com a aprendizagem, as habilidades e deficiências de cada indivíduo ajuda educadores e pais na tarefa de educar. 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. Goswami¹⁷ (2004, p.6) relata sua experiência ao divulgar a neurociência no ambiente educacional:

A primeira é a imensa boa vontade que os professores e educadores para a neurociência - eles estão muito interessados em neurociência, eles sentem que nós temos o potencial de fazer descobertas importantes sobre a aprendizagem humana, e eles estão ansiosos para aprender sobre estas descobertas e para contribuir com idéias e sugestões.

No século XVIII, anterior ao advento do microscópio composto, acreditava-se que o sistema nervoso funcionasse como uma glândula que secretava seus fluidos que seriam conduzidos pelos nervos para a periferia do corpo (TABACOW, 2006). Ramón y Cajal (1852-1934) descreveu a teoria neuronal no final do século XIX. Um paradigma revolucionário para sua época, a teoria neuronal trouxe luzes para as ciências em efervescência, dando-lhes uma base biológica para o funcionamento do sistema nervoso.

O ambiente intelectual, cultural e filosófico do final do século XIX, de preparação para o século XX, enriqueceu-se com esses conhecimentos que redirecionaram as ciências da época. O neurônio foi conhecido como a unidade básica do sistema nervoso, funcionando com o suporte das células da glia, por mais de cem anos. Neste período, acreditou-se que, entre outras características, o neurônio não se regenerava ou se reproduzia e que não haveria neurogênese no adulto. Scorza¹⁸ et al (2005, p. 250) comentam:

No final do século XIX e início do século XX, Koeller e His, estudando o processo de desenvolvimento do sistema nervoso central (SNC) em seres humanos e outros mamíferos, postularam que a estrutura cerebral permaneceria fixa após o nascimento. Logo em seguida, Ramón y Cajal descreveu: “no SNC dos adultos, as vias neuronais são fixas e imutáveis. Todas as células deverão morrer e não ocorrerá regeneração. Talvez no futuro a ciência mude esta lei”.

¹⁷ GOSWAMI, Usha – pesquisador do Centro de Neurociências de Educação da Universidade de Cambridge, Reino Unido.

¹⁸ SCORZA, Fulvio Alexandre - mestre e doutor em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo. Pós-Doutorado na *Harvard Medical School*.

Segundo a teoria neuronal, ao nascimento, o número de neurônios está estabelecido para cada indivíduo. No processo de envelhecimento, haveria uma perda inexorável de neurônios com limitação progressiva do funcionamento cerebral. Acreditava-se que o cérebro humano alcançasse seu desenvolvimento e crescimento máximo entre vinte e trinta anos. Após este período, haveria um declínio intelectual relacionado à perda neuronal. Reforçou-se a premissa de que a infância e adolescência seriam as melhores fases para se aprender e que a vida adulta não seria uma etapa adequada para a aprendizagem. (FERNANDEZ¹⁹, 2002, p. 189). Estas ideias direcionaram a educação por longo período e chegaram até os dias atuais. Hoje se questiona estes paradigmas que estão sendo revistos. Neri²⁰ (2006, p.18) comenta: “Predominava a noção do declínio intelectual na vida adulta e na velhice (Yerkes, 1921; Miles e Miles, 1932; Lehman, 1953) (sic) incompatível com qualquer ideia de desenvolvimento em idade mais avançada, corroborada pelos dados de pesquisa e pelas crenças sociais”.

As pesquisas realizadas por volta da metade do século XX são criticadas por serem estudos transversais com grupos diferentes quanto à idade e seus resultados são imprecisos. Fernandez (2002, p. 190) cita outros estudos de características longitudinais realizados neste mesmo período com resultados mais otimistas em relação à educação de adultos, como os de Eisdorfer (1963) em que pessoas avaliadas aos dezoito, cinquenta e sessenta anos não teriam grandes diferenças de desempenho, exceto em testes matemáticos. A teoria do declínio intelectual sofreu maiores contestações nos anos setenta do século XX (BALTES e SCHAIE apud FERNÁNDEZ, 2002), demonstrando que os estudos transversais levaram a conclusões falhas e equivocadas.

Fernandez (2002) afirma que o que se pode concluir destes estudos é que a idade não é por si só, um impedimento para a aprendizagem. Os possíveis declínios observados na aprendizagem neste período devem ser atribuídos a múltiplos fatores como o estado geral de saúde, nível socioeconômico e deficiência de estímulos.

O que se tem comprovado é que entre o nascimento e a adolescência novos neurônios serão acrescentados ao cérebro, novos circuitos neuronais serão construídos em consequência da interação com o ambiente e da estimulação adequada. Este processo

¹⁹ FERNÁNDEZ, Florentino Sanz é professor titular do Departamento de História da Educação e Educação comparada e vice-decano de Pedagogia na Universidade Nacional de Educação a Distancia (UNED), Espanha. Suas áreas de investigação estão vinculadas à formação de pessoas adultas e educação popular.

²⁰ NERI. Aníta Liberalesso - professora titular na Faculdade de Educação da Unicamp (1995) obteve os títulos de livre docente em Educação pela Unicamp (1988) e de doutora e mestre em Psicologia pelo Instituto de Psicologia da USP, respectivamente em 1972 e 1976. É graduada em Psicologia pela Universidade de Mogi das Cruzes e licenciada em Pedagogia pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Nossa Senhora do Patrocínio de Itu.

desacelera no adulto, mas não é interrompido; é parte do conceito de neuroplasticidade que modificou o paradigma da teoria neuronal de Ramón y Cajal.

Uma teoria neuronal constituiu-se no final do século XX, estabelecendo conceitos que reconhecem o neurônio como uma célula capaz de se modificar, estrutural e funcionalmente, após lesões ou estímulos adequados, provocando uma reorganização cerebral que atenda cada fase de vida do indivíduo. O cérebro é entendido como um sistema aberto, auto-organizável, que funciona em circuitos de rede, para atender cada etapa da vida da pessoa. Estes conhecimentos vêm provocando mudanças nas várias ciências, como na educação, abrindo novas possibilidades de intervenções mais adequadas sobre o cérebro humano.

O crescente interesse educacional no conhecimento do cérebro reflete a convicção de cientistas e educadores da possibilidade de que a neurociência possa contribuir com a educação, principalmente nos aspectos do desenvolvimento e da aprendizagem. São várias as tentativas de aproximação e uma nova perspectiva de diálogo multidisciplinar parece surgir.

No século XX, os anos noventa ficaram gravados como a “Década do cérebro”.²¹ Um conjunto de ações e investimentos em nível mundial para o desenvolvimento de pesquisas sobre o cérebro reverteu em conhecimentos que revolucionaram diversas áreas de saber. A neurociência constrói respostas diferentes daquelas postas pela visão cartesiana que perpassou e perpassa ainda hoje as ciências. A difusão social destes conhecimentos levou a discussão para além dos especialistas, tornando a neurociência um assunto de interesse social. Alguns pesquisadores, com base nos avanços da neurociência e a concretização do Projeto Genoma Humano, propuseram que a primeira década do século XXI seria a “Década da Mente”. Rose (2006, p.10) comenta aspectos éticos destes tempos tão promissores em que se vislumbra a concretização do sonho de cérebros melhores:

“CÉREBROS MELHORES” proclamava a capa de uma edição especial das *Scientific American* em 2003, e os títulos da revista formavam o prospecto de um sonho para o futuro: “A busca de uma pílula da inteligência”; “Máquinas que lêem o cérebro”; “Estimuladores do cérebro”; “Genes da psique”; “Controle do estresse”. Esses, parece, eram os compromissos oferecidos pelas novas ciências do cérebro, prometendo ultrapassar em muito a genética como “o próximo grande feito científico”.

²¹ A última década do século XX foi denominada de “a década do cérebro”. No começo dos anos 1990, o governo norte-americano anunciou seu início, em que os avanços nas pesquisas revelariam muito do funcionamento do órgão humano, assim como novas formas de aperfeiçoar seu desempenho.

A possibilidade de realização de promessas fantasiosas é explorada e vendida nas mídias. Podemos encontrar desde alimentos, atividades, exercícios e medicamentos para elevar o nível de funcionamento cerebral que contam até com pesquisas científicas que os endossam. Como serão as pessoas do futuro?

Sem propor um julgamento dos tempos atuais, esta pesquisa pretende apresentar aspectos da neurociência atuais necessários à formação de professores capazes de atuar nestas circunstâncias. Com essa finalidade, são discutidos aspectos não somente da ciência, mas também bioéticos e filosóficos. A montagem do quebra-cabeça para se entender o cérebro e a mente humana avançou muito nas últimas décadas. Cientistas no mundo todo estudam o cérebro humano sob diversos olhares, diferentes paradigmas, problemáticas particulares, níveis diferenciados e técnicas diversificadas.

O fato é que esta multidisciplinaridade não garante uma voz única que anuncie conhecimentos que tenham efeito em todas as áreas envolvidas nesta questão. Muitos destes conhecimentos ainda permanecem estancados não atingindo a desejada transdisciplinaridade. Esta pesquisa procura as interfaces entre neurociência e educação que possam trazer benefícios a uma a outra área do saber na busca em compreender o cérebro humano em sua função de aprender.

A organização do texto

No capítulo 1 o cérebro e a mente humana são discutidos em suas diversas facetas na tentativa de se compreender a neurociência atual. Analiso os aspectos evolucionistas do ser humano, discuto o desenvolvimento do cérebro e da cultura. A crescente importância social do cérebro humano e os conhecimentos atuais sobre a mente humana são aqui discutidos relacionando-se a neurociência com a Sociologia e a Antropologia. Uma questão importante é a humanização do ser humano. O cérebro capacitou o ser humano para modificar seu comportamento e se readaptar diante de novas situações, assim como modificar o ambiente hostil.

O ser humano passou por diversas modificações até assumir sua forma atual. Algumas destas adaptações significaram modificações em sua anatomia para assumir a postura bípede. O *Homo sapiens* é o único primata bípede, capaz de andar sobre duas pernas habitualmente e não somente assume esta postura em determinados momentos. Da postura bípede decorrem as modificações nas curvaturas de sua coluna e sua pelve que se torna menor, porém mais larga. Foram muitas adaptações até se alcançar a anatomia do homem

moderno. O desenvolvimento físico da espécie humana, sua concepção única e seus padrões de maturação levaram-no ao desenvolvimento de práticas culturais elaboradas e complexas.

Existe uma maior plasticidade em seu cérebro o que garante uma maior capacidade adaptativa, mas promove uma maior dependência em relação ao adulto para sua sobrevivência. Saudável, o ser humano adulto não perde as habilidades de seu cérebro. Pode-se supor que o desenvolvimento da cultura ocorreu direcionado pela necessidade de cooperação no modelo de organização social humana. O cérebro humano é dependente da cultura para completar seu desenvolvimento. Uma estrutura eficiente em sua capacidade de aprender soluções eficazes de adaptação e sobrevivência tem, no ensinar e aprender, um mecanismo de desenvolvimento.

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.

A relação cérebro-mente tem seu espaço de discussão:- Existe uma razão do complexo cérebro-mente ou existiria a uma razão para o cérebro e uma razão para a mente? Morin (2000) discute as relações cérebro-mente-cultura, corpo-espírito-sociedade e que para se realizar, plenamente, como ser humano necessita da cultura e de estar inserido na cultura. Na relação cérebro-cultura é que a mente humana emerge. Para trazer mais informações sobre a relação cérebro-mente discute-se a mente humana como a essência do ser humano. Não parece possível a delimitação: quanto de cérebro ou de mente existe neste contínuo cérebro/mente. Causa e reciprocidade parece definir melhor a relação cérebro/mente. Para nos tornarmos seres humanos se passaram milhões de anos. Da origem da vida com os rudimentos do sistema nervoso até o surgimento do cérebro humano percebe-se que a conversão deste ser em humano é um processo muito mais complexo. A evolução do cérebro humano foi relevante para o desenvolvimento da mente humana. O que a neurociência atual demonstra é que não se pode reduzir mente/cérebro a uma maquinaria cognitiva que processa informações. A capacidade de interpretar e expressar a emoção, por si, sem falar de outros aspectos o diferencia em muito de um computador. Quando a elas se associam estados mentais caracterizando sentimentos podemos dizer que aí existe uma exclusividade humana.

O cérebro humano tem se tornado, na contemporaneidade, mais que um órgão, um ator social. Em praticamente todos os aspectos da vida humana podem ser associados à atividade cerebral. Ao cérebro humano se tem atribuído quase tudo que em alguma época foi atributo da pessoa, do sujeito. A sociabilidade humana se associa a fenômenos neuroquímicos que se traduzem em atividades motoras e cognitivas, ou a emoções e sentimentos. A

neurociência atual pode demonstrar a interação destes fenômenos e o que o ser humano experimenta. Áreas cerebrais são ativadas até mesmo sem a necessidade de passar pela experiência bastando ouvir o relato da história. Pensar que o cérebro humano é elemento fundamental da sua sociabilidade traz consigo a discussão do cérebro social.

Definido como a morada da alma no século XIX, o cérebro do século XXI é definido como o local do *self*, o si-mesmo como organizador de suas experiências. Para alguns, o cérebro humano é, cada vez mais, aquilo que nos define. É impensável conceber a existência do *self* ou se definir a individualidade sem o seu cérebro. O cérebro humano sendo mais que um órgão, um ator social e tendo suas atividades associadas a todos os aspectos da vida, preenche todos os requisitos do sujeito. O ser humano passa a ser definido, segundo alguns, como o sujeito cerebral. Uma neurocultura em que os seres humanos seriam, em sua essência, os seus cérebros e não somente teriam um cérebro. As discussões prosseguem com a mente humana e o desafio de ser um cérebro e ter uma mente. Nos dizeres de Arduini (2004, p.20):

O ser humano é surpreendente, imprevisível. Não é retilíneo. É dialético. Ziguezagueia. É contradição fecunda. O ser humano é inexato. Atormenta a exatidão matemática. Tratar com o ser humano e tratar com o imponderável. Nada tão fatigante como esperar que o ser humano se decida. O ser humano é universo espesso, é ontologia intensiva. É fascinado pela consciência, que o desnuda e depois o esconde. É seduzido pela liberdade, que lhe escancara horizontes mágicos e depois o responsabiliza.

Tornar-se humano é apropriar-se daquilo que é exclusivo de sua espécie, desde que cada espécie é, por definição, exclusiva. Depois desta conquista há que se pensar em como tornar-se pessoa.

Para o ser humano ter um cérebro e ser uma mente pode ser traduzido em ter emoções, mas também sentimentos; ter funções mentais, mas também ter intencionalidade e subjetividade. Ao que parece a inteligência não necessita de um cérebro e pode residir em um robô. A corporeidade da pessoa é sua capacidade em sentir o seu corpo e dele fazer uso como ferramenta necessária para a manifestação de sua mente, propiciar a maior parte dos estímulos necessários ao seu cérebro e interagir com os outros e o mundo.

No capítulo 2 são explorados conceitos de neurociência com enfoque nos processos educacionais e na formação de professores. A neurociência é definida como o conjunto de ciências envolvidas no estudo do sistema nervoso, em especial o cérebro humano. A interdisciplinaridade é o eixo central da educação, mas a neurociência, como ciência interdisciplinar, entende a educação como o seu eixo central. A educação é vista como uma

ciência privilegiada ao atuar sobre o cérebro humano como nenhuma outra área poderia fazê-lo. A evolução de conceitos sobre o cérebro humano, a diversidade humana e a educação enseja a construção de um campo de pesquisa e que foi apresentado por Zaro (2010) como a neuroeducação. A neuroeducação vem se consolidando como um campo multidisciplinar de conhecimento e atuação profissional, nas áreas de docência e pesquisa educacional (HARDMAN e DENCKLA, 2009).

Na visão da neurociência, a essência do construtivismo é a base dos processos educacionais que atendem aos princípios de como o cérebro aprende. Um passeio pela história da neurociência traz elementos necessários à compreensão do momento atual. Das culturas primitivas, aos primórdios da medicina ocidental, pode-se constatar que a neurociência não é senão um conceito revigorado por novos conhecimentos e impulsionado por pesquisas nas diversas áreas de saber.

A frenologia²² deu início propostas localizacionistas que procuraram identificar a função de cada área específica do cérebro.

Atualmente o funcionamento do cérebro é entendido como uma ação em bloco envolvendo todas as áreas, todas as células num comportamento complexo. Os anos 90 do século XX ficaram gravados na história como a “Década do cérebro” pelos investimentos em pesquisas sobre o cérebro e que resultaram em importantes conhecimentos que revolucionaram as ciências. A primeira década do século XXI configurou-se como a “Década da mente” pelos avanços da neurociência e pela finalização do projeto Genoma Humano que procuram explicar como é o funcionamento da mente humana e o que é a consciência humana. Para se estudar a mente e o cérebro do homem a ciência atual conta com o auxílio de tecnologias avançadas como a imagem funcional do cérebro em tempo real.

O capítulo 3 discute estudos atuais sobre a mente, o cérebro e a aprendizagem procurando explicações que levem a uma melhor compreensão da ciência da educação. A contribuição científica através de pesquisas, segundo Goswami (2006), contribui para uma maior compreensão dos princípios dos conhecimentos relativos às capacidades para solucionar problemas de áreas específicas como a matemática, estudos sociais e história.

A aprendizagem e a capacidade de sua transferência para novos cenários têm seus princípios identificados. A aprendizagem ocorre em cenários com normas e expectativa sociocultural. Pesquisas em laboratório podem comprovar diversos princípios da

²² Frenologia- estudo da estrutura do crânio para determinar o caráter das pessoas e a sua capacidade mental. Pressupõe que as faculdades mentais estão localizadas em "órgãos" cerebrais na superfície do mesmo e podem ser detectados por inspeção visual do crânio e chamou a este estudo "cranioscopia.". Em 1815, Thomas Foster utilizou o termo "frenologia" (*phrenos* é o termo grego para mente).

aprendizagem. As modificações da estrutura e do funcionamento cerebral podem ser demonstradas.²³ As tecnologias emergentes podem gerar oportunidades de aprendizagem que não seriam sequer imaginadas há algum tempo atrás. A maior compreensão de como os seres humanos aprende é importante para reforçar as mudanças que se espera do sistema educacional.

A complexidade do ser humano ficou evidenciada com o surgimento da ciência cognitiva na segunda metade do século XX. Ao se empreender no estudo científico da mente humana, a ciência cognitiva objetiva compreendê-la em sua estrutura e funcionamento com uma variedade de abordagens multidisciplinar que se estende da filosofia até a criação de modelos computacionais. Suas influências na educação mudaram o paradigma do que seja aprender. De uma capacidade relacionada à memorização e habituação o conceito de aprender evolui e assume o significado de ganhar um modo de agir. A aprendizagem, nesta concepção, ocorre quando, após a assimilação, conseguimos agir em consonância com o que aprendemos.

A neurociência abre um campo com questões desafiadoras para a educação com uma nova ciência da aprendizagem.

Os conhecimentos sobre a neuroplasticidade e uma maior compreensão das funções mentais influenciam a prática educacional e nas estratégias utilizadas em sala de aula direcionando para novas formas de ensinar. A ciência da aprendizagem dá ênfase na aprendizagem com entendimento. O ser humano é visto com agente que se guia por objetivos, sendo ativo na busca de informações. Mesmo recém-nascidos são aprendizes ativos e seu cérebro tem organização suficiente para priorizar estímulos e respostas. A importância é dada a que a pessoa assuma o controle de sua aprendizagem. Isso acontece quando ela aprende a identificar quando entende e quando necessita de mais informações para entender.

O conhecimento de fatos sem conexão, sem a oportunidade de aprender e compreender não desenvolve uma competência. Transformar um fato em conhecimento útil²⁴ exige aprender com compreensão. Os estudos indicam que o processo de decifrar o mundo inicia precocemente para o ser humano.

Procurando perceber como a pessoa aprende o professor não fará escolhas excludentes. A proposta é que os ambientes de aprendizagem tenham atributos inter-relacionados. A aplicação do conceito de construtivismo que considera que quem aprender é a

²³ “Um avanço recente permitiu a visualização indireta, porém rápida, da ativação cerebral durante a estimulação ou a atividade mental com a Ressonância Magnética Funcional.” (SPRINGER, 2008). A sua utilização para examinar a organização cerebral e a localização da função está em crescimento.

²⁴ Conhecimento útil, como síntese do conhecimento científico e o saber popular aplicável para a transformação da pessoa ou para mudança das relações sociais. (NETO, 2007).

pessoa em sua globalidade e que repercute globalmente no que ela sabe, em como ela se vê e aos outros diz respeito a mudanças de valores e posturas na escola que deve atender às necessidades de uma sociedade em transformação.

Construir uma conexão entre as áreas de saber envolvidas na educação passa pela superação de barreiras e pelo desenvolvimento de metodologias que estabeleçam uma linguagem compatível entre a investigação neurocientífica, a pesquisa e a prática educacional, assim como a formação do educador para habilitá-lo a servir-se do pensamento neurocientífico.

Um autor que representou um ponto de virada na vida de um grupo de psicólogos soviéticos foi Vigotski. Reconhecido por seus pares como um gênio com clareza mental, com habilidade para identificar a essência de problemas complexos, domínio de conhecimento em diversos campos e uma grande capacidade de antever o desenrolar futuro da ciência. As contribuições de Vigotski e colaboradores mudaram os conceitos do behaviorismo de Pavlov demonstrando que o sistema nervoso é funcionalmente dinâmico e mutável como resposta a exposição aos estímulos ambientais, com o conceito da plasticidade cerebral. Com estes conhecimentos se compreendeu melhor como acontece o progresso da aprendizagem em um determinado contexto cultural.

Falando da neuroplasticidade numa época em que este conceito ainda não tinha a comprovação científica que hoje tem, o utilizou em suas investigações. O conceito de neuroplasticidade vem sendo estudado e sua constatação é um novo paradigma. A reorganização do sistema nervoso e a reabilitação de suas funções interferem na história da evolução do ser humano como espécie, em sua filogênese e ontogenia²⁵, a partir da interação histórico-cultural. A compreensão do papel mediador da cultura, especificamente da linguagem, no desenvolvimento das funções mentais superiores foi uma das contribuições de Vigotski. O impacto das pesquisas realizadas pelo grupo liderado por Vigotski é ao mesmo tempo geral e específico e a importância de suas ideias é inegável nos tempos atuais.

O capítulo 4 pretende ampliar a discussão com o tema educar o cérebro e a mente com questões relativas à educação e à neurociência. Não existe a intenção de se encontrar respostas, mas de contribuir para a reflexão de possíveis rumos da educação atual. O que pode significar uma educação direcionada para o cérebro? Dever-se-ia priorizar a educação da mente? Ou seria mais adequada uma educação do cérebro e da mente? Quais resultados

²⁵ A filogênese estuda a história da evolução humana, nomeadamente a constituição dos seres humanos como sujeitos cognitivos. A ontogênese define a formação e desenvolvimento do indivíduo desde a fecundação do óvulo até à morte do indivíduo

podem ser esperados da aplicação desta variante? Descobertas da neurociência têm possibilitado o desenvolvimento da ciência da aprendizagem

Este capítulo toma como referência Vigotski para discutir suas ideias no contexto da neurociência e educação. Discutem-se os desdobramentos destas propostas com a teoria da atividade de Leontiev e a teoria da assimilação de Galperin como modelos de ensino formativo-conceitual com base em situação-problema. A literatura mostra a emergência de um campo de pesquisa em educação aproximando os profissionais da educação aos pesquisadores em neurociência. Este campo recebe diversos nomes, mas o que melhor o define é a neuroeducação que se utilizando da pesquisa científica procura confirmar e justificar as melhores práticas em pedagogia. A discussão apresentada neste capítulo se centrou na questão da relação cérebro-mente e aprendizagem. Ensinar de um modo mais natural procurando a sincronia com o modo como o cérebro aprende melhor tem se mostrado um caminho eficiente para a aprendizagem.

Hardiman e Denckla (2009, p.1) discutem a educação com novos formatos, com bases científicas e neste contexto ressaltam a importância da neurociência dizendo que “[...] a próxima geração de educadores deverá alargar a sua abordagem centrada não apenas no ensino da matemática, por exemplo, mas também na forma como o raciocínio matemático se desenvolve no cérebro”. O aprendizado envolve diversos aspectos da pessoa, deve ter um vínculo com a vida, envolver prática e teoria, levando ao conhecimento. É o aprendizado que faz sentido.

1. ASPECTOS EVOLUTIVOS DO CÉREBRO HUMANO

Compreender os aspectos evolutivos do cérebro permite entender esta estrutura destinada à aprendizagem e, portanto, estreitamente relacionada à educação. Estes aspectos podem ser analisados sob diferentes pontos de vista e com diversas finalidades. Aqui se procurou evidenciar aspectos relevantes aos objetivos da pesquisa. Evidências científicas apontam o período do Pleistoceno²⁶ como o começo da evolução do homem em sua forma atual. O cérebro percorreu um longo caminho até chegar à sua forma atual no ser humano. Esta história começou na África, cerca de quatro milhões de anos atrás. Após a glaciação, no período Paleolítico²⁷, os humanos modernos migraram e se espalharam pelo mundo, que em muito se parecia com o mundo atual em diversos aspectos.

O processo de surgimento da espécie humana não traça uma linha reta a partir dos hominídeos. Até chegar ao *Homo Sapiens Sapiens* algumas espécies foram extintas e outras surgiram. Os hominídeos já se diferenciavam de outros primatas por sua postura bípede e seu cérebro maior. Para chegar ao *Homo Sapiens* foi necessária a aquisição de outras características morfológicas, funcionais e psíquicas. Durante este processo evolutivo, os hominídeos tornaram-se mais hábeis e capazes de se adaptar a ambientes e de migrar. Passaram a produzir objetos para uso em suas atividades diárias e tornaram-se muito criativos. O gênero *Homo sapiens*²⁸ se distingue dos outros hominídeos e a antropologia física²⁹ o reconhece como seu objeto de estudo. A evolução do cérebro humano sempre atraiu a atenção dos pesquisadores, parecendo óbvio que se atribua à sua inteligência o sucesso evolutivo da espécie humana.

O surgimento do sistema nervoso primitivo representou um salto gigantesco no processo evolutivo ao separar o reino vegetal do reino animal. O sistema nervoso surge no reino animal como um sistema apto a reagir ao meio ambiente e elaborar uma resposta. Nos primeiros e mais primitivos seres vivos, a resposta elaborada é simples como se retrair. No

²⁶ Era geológica da Terra que começou em 1.750.000 anos e terminou, aproximadamente, há dez mil anos. É conhecida como a Era do Gelo. Várias espécies ainda sobrevivem atualmente no planeta. Os mamíferos e aves gigantes foram extintos nessa época. Antropólogos acreditam que o homem moderno começou sua evolução neste período.

²⁷ O período Paleolítico refere-se à Idade da Pedra Lascada. É o período pré-histórico que vai, aproximadamente, de 2,5 milhões a.C. até 10.000 a.C. Os ancestrais humanos produziam artefatos em pedra lascada.

²⁸ *Homo sapiens*. Os membros dessa espécie têm um cérebro altamente desenvolvido, com inúmeras capacidades mentais que associadas a um corpo ereto possibilitaram o uso dos braços para manipular objetos. Estima-se que os primeiros desta espécie surgiram há 300.000 anos.

²⁹ A antropologia física estuda os mecanismos de evolução biológica, herança genética, adaptabilidade, variabilidade humana, primatologia e o registro fóssil da evolução humana.

outro lado da ponta da evolução está o complexo cérebro humano com respostas altamente elaboradas.

A grande tarefa do sistema nervoso é a de identificar ambientes hostis e preparar o indivíduo para fugir ou enfrentar a situação do melhor modo possível. Também deve identificar condições favoráveis para a sobrevivência e desenvolver comportamentos que aproximem o indivíduo desses ambientes. Rocha (1999) lembra dos mecanismos de dor e prazer desenvolvidos em áreas cerebrais para processar reações básicas de defesa e aproximação. “Afiml, hoje muitos acreditam que nós somos o nosso cérebro, que o *eu* e o *cérebro* são uma única coisa. Mas vamos nos perguntar, porque ele existe?”. (ROCHA, 1999, p.11).

O surgimento do cérebro representou uma centralização das respostas do sistema nervoso. A evolução garantiu uma crescente capacidade adaptativa não somente dos descendentes, mas do próprio indivíduo em questão. Darwin (2003) propôs, no final do século XIX, uma teoria, um paradigma central para explicar fenômenos da biologia. São ideias sobre a evolução e a seleção natural das espécies. Em sua teoria, ele fez a suposição de condições como:

- capacidade de reproduzir cópias de si mesmos capazes de se reproduzirem;
- cópias que herdem as características originais;
- existir a ocorrência de cópias imperfeitas, como diversidade, no interior da população;
- o ambiente seleciona os indivíduos. A seleção natural não cria, mas destrói e origina os indivíduos mais aptos.

Toda vez que um indivíduo de uma espécie passa por modificações, a natureza inicia a seleção. As modificações que favorecem a melhor adaptação do novo indivíduo são preservadas e serão repetidas nos outros seres gerados. Existe um custo elevado para a evolução em espécies com um tempo longo de vida e uma baixa taxa de reprodução, pois este processo é extremamente lento. O surgimento do sistema nervoso, e em especial do cérebro, como solução evolucionária acrescenta uma nova habilidade para o indivíduo: modificar o ambiente em que vive.

O processo evolutivo assegura a sobrevivência dos indivíduos por meio de uma complexidade crescente do cérebro, observável no acompanhamento da evolução a partir dos primatas até o surgimento do homem moderno. Com o cérebro, é possível se modificar

rapidamente o comportamento diante de condições ambientais adversas e se readaptar. Fica garantida a evolução do próprio indivíduo sem a necessidade de se esperar por uma nova geração que encontre uma solução adaptativa.

O aprendizado é um eficiente instrumento de sobrevivência, capaz de moldar a casualidade da evolução, ao selecionar respostas adaptativas eficientes e transferir o conhecimento a outros indivíduos para garantir a sobrevivência da espécie. O máximo deste processo ocorre no ser humano, cujo cérebro é cerca de três vezes maior que o dos grandes primatas e capaz de funções altamente diferenciadas. A posição da cabeça e a postura ereta exigiram adaptações da musculatura extensora de todo o corpo. A vocalização, essencial na comunicação e na vida social, iniciou seu desenvolvimento a partir dos primatas. A garganta humana foi modificada para facilitar a fala e pôde produzir uma gama de sons, mas, criou um risco de asfixia por alimentos que não existe em outras espécies.

Do mesmo modo, o córtex visual também era desenvolvido desde os primatas sendo aprimorado no ser humano. Uma série de adaptações foi necessária para que a postura bípede mantivesse o equilíbrio biomecânico. Uma pequena adaptação do uso do polegar representou uma enorme diferença evolutiva. O ser humano é o único capaz da oponência do polegar, fechando em forma de pinça ao tocar os demais dedos. Esta habilidade está representada no córtex cerebral. Existe uma representação cortical proporcional à importância da atividade motora voluntária. Esta distribuição cortical foi descrita por Penfield como o “homúnculo motor de Penfield”³⁰. Assim o polegar, a boca e a língua ocupam uma grande área cortical. Representa, na prática, capacidade sensorial consciente e a capacidade de manusear objetos com habilidade e precisão. Esta característica do ser humano ganha, nas palavras de Brandão³¹ (2002, p.1), um toque de especial:

Somos filhos do dedo polegar oposto e muito do que aprendemos a fazer para viver e criar uma vida diferente vem deste pequeno milagre. Mas não só, pois o corpo dos que nos antecederam a arquitetura da boca perdeu aos poucos a ferocidade de quem come rasgando pedaços de carne crua, e se preparou para o milagre da fala. E os olhos dos seres de quem herdamos o rosto e a vida, fixaram-se na frente da face e aprenderam a olhar e a ver em foco uma imagem única colorida de muitas cores. Estava aberto o caminho

³⁰ Desenvolvido por Wilder Penfield (1891-1976) neurocirurgião canadense na década de 1940, o homúnculo de Penfield revolucionou o raciocínio clínico da neurologia moderna. Através de um mapeamento do córtex cerebral, foi possível representar diversas regiões do corpo em sua superfície relacionando-as diretamente com suas funções, tornando, assim, a neurosemiologia clínica mais eficiente.

³¹ BRANDÃO, Carlos Rodrigues – licenciado em Psicologia, psicólogo, especialista em Educação, mestre em comunicação, mestre em Antropologia Social, doutor em Ciências Sociais, Livre-Docente em Antropologia do Simbolismo (UNICAMP).

para a atenção concentrada, o olhar inteligente e o gesto humano do pensamento.

O aumento do tamanho do cérebro e o aparecimento de novas áreas, principalmente na região frontal, foram resolvidos sem o aumento do tamanho do crânio por meio de dobras do córtex cerebral. A capacidade intelectual está, em aspectos gerais, relacionada ao tamanho do cérebro. O aumento drástico do tamanho do crânio dá-se a partir dos hominídeos primitivos. O crânio do *Homo erectus* tinha a capacidade de 1200 centímetros cúbicos e o homem moderno tem aproximadamente a capacidade de 1400 centímetros cúbicos. O formato do crânio foi se modificando com aumento da região anterior e modificando as características da face humana. Houve um aumento considerável do número e na profundidade das circunvoluções cerebrais. O cérebro ficou com a superfície enrugada para acomodar na caixa craniana.

Ao que parece, o aumento da inteligência foi um subproduto da necessidade evolutiva do cérebro humano aumentar de tamanho para se proteger do superaquecimento. O sol equatorial levou, também, à redução de pelos com maior difusão do calor corporal, com aumento da pigmentação de melanina. A adaptação à vida social criou a possibilidade de comunicação por meio de expressões faciais com os mesmos músculos que existem na face de um chimpanzé. A abertura ocular é muito maior que nos demais mamíferos que permitem a comunicação visual de estados sutis da mente. Os lábios aumentados facilitam a comunicação e expressão não verbal se constituindo num idioma universal. Estes aspectos evolutivos apontados demonstram que os humanos são seres sociais. Brandão (2002, p. 1) comenta:

Um pequeno cérebro, no começo, igual ao dos seres da vida de quem somos mais próximos, os chimpanzés, os gorilas e os orangotangos, de uma geração para muitas outras, herdeiras de quem fomos aprendendo a ser, foi aumentando muito. E foi tornando cada vez mais complexas as áreas onde não apenas sentimos, mas pensamos o que sentimos e sentimos o que pensamos. E nos lembramos de sentir e pensar e ao nos lembrarmos e convivermos uns com os outros, pensamos e sentimos.

Outra solução evolutiva foi continuar o desenvolvimento humano após o seu nascimento. O ser humano tem a característica da neotenia³² maior que os demais primatas e significa uma tendência de se manter generalista anatomicamente sem uma especialização a

³² Neotenia é o nome dado à propriedade, em animais, de retenção na idade adulta de características típicas da sua forma jovem.

um determinado estilo de vida. Ferrari³³ (2006, p.41) comenta na neotenia: “O fenômeno conhecido com neotenia pode ser entendido, em uma conceituação geral, como extensão da fase imatura, referindo-se a uma lentificação do processo de maturação, permitindo maior tempo para o crescimento cerebral”.

Não existem, no ser humano, grandes transformações das características juvenis. Este fato relacionado à grande adaptabilidade que o ser humano tem, mesmo na fase adulta, a uma variedade de situações de vida, não se restringindo a um nicho, leva a uma maior plasticidade comportamental capacitando-o a viver em, praticamente, qualquer ambiente da Terra. A consequência é a maior demora no processo de maturação, principalmente cerebral, com evidentes reflexos para sua capacidade de aprendizagem para se adaptar à complexidade sócio-cultural humana.

O cérebro humano nasce imaturo e grande parte do seu desenvolvimento ocorre em contato com o meio ambiente e outros indivíduos. O cérebro imaturo no nascimento tem maior plasticidade, o que significa maior capacidade adaptativa ao meio ambiente. A demora no processo de amadurecimento leva a uma dependência maior em relação aos pais em relação a qualquer outra espécie. O bebê humano é dependente de cuidados dos adultos para sobreviver. É como se experimentassem outro ano de gestação fora do útero, enquanto ocorre o crescimento rápido do cérebro.

Mantendo-se saudável, o ser humano não perde a capacidade de aprender e fica cada vez mais difícil definir quando realmente se independe dos pais. Os indivíduos se organizaram em grupos e sociedades de complexidade crescente. Este padrão desacelerado de desenvolvimento é genético e tem consequências enormes na cultura humana. O desenvolvimento da cultura provavelmente foi direcionado pela necessidade de cooperação exigida pelo modelo de organização social humana e pela necessidade de cuidar de suas crias que mantém uma relação de proximidade prolongada.

A zoologia clássica subentende que o caminho evolutivo percorrido até se chegar ao ser humano se repete, seria uma recapitulação da evolução das espécies. É importante frisar que a evolução do ser humano não ocorreu somente no indivíduo adulto. Todo o ciclo de desenvolvimento, da concepção até a maturidade e a própria reprodução passou por uma evolução. As semelhanças entre mamíferos humanos e não humanos podem ser encontradas em nível genético, bioquímico ou estrutural, mas o desenvolvimento do cérebro tem seu desenvolvimento único para o ser humano.

³³ FERRARI, Elenice A. de Moraes - mestre em Psicologia Social e Experimental. Doutora em Ciências/Psicologia. Professora Livre-Docente UNICAMP, Campinas, S. Paulo.

O cérebro humano depende da cultura para completar seu desenvolvimento e sobreviver em ambientes cada vez mais variados e complexos. Pode ficar subtendido que todos os seres humanos são semelhantes, não somente em sua constituição biofísica, mas que seus cérebros também o são. Ao examinar a estrutura macroscópica do cérebro humano, não são observadas muitas variações, apenas detalhes anatômicos de pequena relevância. Cosenza³⁴ (2011, p.27), analisando o desenvolvimento do sistema nervoso, a neuroplasticidade e a aprendizagem dizem que: “Em relação à nossa espécie, sabemos que não existem dois cérebros iguais, mas podemos afirmar que todos têm vias motoras e sensoriais que seguem o mesmo padrão”.

Mesmo em populações diversas, a estrutura, a fisiologia, o funcionamento neuroquímico do cérebro se repete. O que se sabe é que o funcionamento do cérebro humano tem ajustes programados e que mesmo pequenos desvios poderão ter consequências severas. Segundo Rose (2006, p. 74),

Dentre estas variações menores, no entanto, devem estar também as diferenças que ajudam a constituir a exclusividade de cada indivíduo humano. Ou seja, nosso cérebro demonstra ao mesmo tempo a unidade essencial dos seres humanos e a individualidade essencial de cada um. A fonte, tanto das semelhanças como das diferenças, está nos processos de desenvolvimento, desde a concepção até o nascimento, que pegam a matéria bruta dos genes e do ambiente e os empregam em um desenrolar contínuo, aparentemente sem marcas.

O programa genético define o caminho a ser percorrido pelo desenvolvimento. Outros trajetos serão traçados mais tarde pelo ambiente, pela socialização e pela cultura. A cronologia destas variáveis já foi interpretada como uma sequência relativamente fixa, mas o que se pode deduzir é que o ambiente pode influenciar no material genético, assim como aspectos genéticos podem influenciar na cultura. Mesmo gêmeos geneticamente idênticos têm sua identidade particular conforme estudos de Luria (1992). Não se trata, portanto de uma veloz produção celular para se construir o cérebro humano. Existe uma organização em todo este processo que inicia na concepção e que, aparentemente, não se finda com o indivíduo adulto. Pinheiro³⁵ (2007, p.1) afirma:

Atualmente, nenhum educador sério deixa de considerar a participação tanto da herança biológica (genótipo) quanto da herança sócio-histórico-cultural

³⁴ COSENZA, Ramon M. – médico, doutor em Ciências.

³⁵ PINHEIRO, Marta – professora doutora do setor de Educação da Universidade Federal do Paraná. Veja a forma correta de fazer essa referência.

(ambiente; meio ambiente) na determinação de características físicas e comportamentais, entre elas a inteligência, de seus alunos. Neste contexto, entende-se como indispensável ao educador o estudo das bases neurais da aprendizagem.

Esta ideia pode parecer óbvia para os dias atuais, mas são conceitos do século XIX. Anteriormente era crença geral de que a vida se iniciava ao nascimento, admitindo-se que o ser humano nasce “pronto”, biologicamente programado em suas capacidades cognitivas, motoras e psicoafetivas. Seu destino, como indivíduo, estaria traçado antes do nascimento. A aprendizagem, como processo educacional, não teria interferência no desenvolvimento, mas se restringiria ao ensino que a maturação permitisse, premiando os talentos do aluno que garantiriam o sucesso na aprendizagem. Grande parte do sistema nervoso humano é construída durante o período embrionário e fetal. “O que torna os cérebros diferentes é o fato de que os detalhes de como os neurônios se interligam vão seguir sua própria história.” (COSENZA, 2011, p.28). Após o nascimento, com a história de vida de cada um é que se construirá o cérebro de cada um, desfazendo e reorganizando constantemente as interligações sinápticas entre os bilhões de neurônios.

O segredo do sucesso da sobrevivência da espécie humana ensinado de uma geração à outra tem sua história atrelada à educação. Passando por diversas crenças acerca do desenvolvimento humano, a prática pedagógica foi reconhecendo ora a participação do ambiente, ora de fatores genéticos, ora a combinação destes fatores como importantes na determinação de como o indivíduo se constitui do ponto de vista físico e comportamental.

Ideias interacionistas e construtivistas vão abrindo espaço para a neurociência atual que busca contribuir na compreensão de como é o cérebro humano – e cérebro, tão bem sucedido na evolução das espécies como estrutura capaz de aprender soluções eficazes de adaptação e sobrevivência, chega à escola e se associa à cultura no processo adaptativo do ser humano. Ensinar torna-se um mecanismo de capacitação do cérebro que aprende soluções de adaptação bem sucedidas e eficazes. O esforço de ensinar às gerações seguintes vem se desenvolvendo desde então e chegamos aos nossos dias. Com certeza estamos longe de entender como o cérebro aprende, mas a neurociência atual tem condições de investigar o processo ensino-aprendizagem.

1. 1 O desenvolvimento do cérebro

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.

Pinheiro (2007) comenta aspectos do desenvolvimento cerebral da criança com um olhar direcionado para a formação do educador. A neurociência tem raízes que somente a partir do século XIX começam a florescer. Dentre os profissionais envolvidos e interessados em neurociência, o educador vem percebendo a necessidade de se compreender eventos biológicos relacionados ao desenvolvimento e à aprendizagem.

Alguns destes eventos são chamados de aditivos ou progressivos por estarem relacionados ao desenvolvimento do sistema nervoso. O primeiro destes eventos é a indução neural³⁶.

Conforme Cosenza (2011), o sistema nervoso é o primeiro sistema a surgir entre a terceira e quarta semana após a fecundação. Um aspecto interessante é que a origem embrionária da pele e do sistema nervoso é a mesma. A pele pode ser considerada como uma grande estrutura do sistema nervoso.

A proliferação celular³⁷ é um fenômeno de neurogênese com o aumento da quantidade de células. A maior parte das células neuronais não se desenvolve no córtex cerebral e deverão realizar a migração e a agregação seletiva que inicia na quinta semana de vida intra-uterina e se completa, em sua maior parte, até o final do quinto mês chegando ao local em que futuramente será o córtex cerebral. Nesse local as células se agregam por afinidade e se organizam para formar o córtex cerebral. A próxima etapa embrionária será a diferenciação gradativa para expressar as características fenotípicas dos neurônios. Cada neurônio se desenvolve e assume sua forma adulta restando o amadurecimento funcional que ocorre mais lentamente diferenciando-os em suas funções.

O amadurecimento do neurônio promove a formação de sinapses. O cérebro do recém-nascido é pobre em sinapses, mas o cérebro infantil possui uma quantidade exagerada de sinapses que continua aumentando até o início da adolescência. Nesse período, iniciam os processos regressivos com a finalidade de reorganizar a estrutura cerebral. A capacidade de aprender está relacionada à quantidade de sinapses³⁸. É o fenômeno da sinaptogênese.³⁹ O que

³⁶ Indução neural é o evento embrionário responsável pela indução de parte das células do ectoderma a se diferenciarem em sistema nervoso, as demais formarão a pele e anexos.

³⁷ A proliferação celular é a fase embrionária marcada pelo aumento de células precursoras neurais.

³⁸ Sinapse é o ponto de encontro entre os neurônios para que ocorra a transmissão do impulso neural através do sistema nervoso.

a neurociência conhece sobre a sinaptogênese e a poda sináptica vem de pesquisas com macacos sugerindo grande importância nos três primeiros anos de vida.

Este conhecimento levou ao conceito de períodos críticos do desenvolvimento. As mudanças estruturais, chamadas de períodos críticos, incluindo a sinaptogênese e a poda neuronal são eventos relevantes na educação. Durante algum tempo, ficou a impressão de que, uma vez perdida a chance de atuar nos períodos críticos, não haveria como recuperar.

Sobre este assunto Bartoszeck (2007, p.11) afirma:

A maioria dos neurocientistas atualmente acredita que os “períodos críticos” não são tão rígidos e inflexíveis. Interpretam como períodos “sensíveis” pelo que passa o cérebro na sua capacidade de ser alterado e moldado pelas experiências ao longo da vida. Estímulos como manipulação de objetos, e sons como o da fala humana, estão disponíveis em quase todos os ambientes. É desconhecido se existem períodos críticos para o conhecimento transmitido culturalmente, como aqueles responsáveis pela leitura e aprendizado da aritmética.

A aquisição de competências resulta de treino e reforço das conexões neuronais corretas e em outras situações decorre da poda neuronal. Della Chiesa (2007, p.111) aponta dois tipos de sinaptogênese. O primeiro ocorre naturalmente e outro que ocorre como resultado da exposição aos estímulos ambientais. Ao primeiro tipo se refere como experiência-expectante de aprendizagem e o segundo como experiência-dependente de aprendizagem.

Gramática dá um exemplo de período sensível de aprendizagem e é da experiência-expectante: para aprender sem uma excessiva dificuldade deve ocorrer idealmente num dado tempo (aproximadamente 16 anos). É um período sensível. Aprendizagem que não depende de um período sensível, como aquisição de vocabulário é experiência-dependente. O melhor aprendizado ocorre sem ser limitado por idade ou tempo e pode até mesmo melhorar com o passar dos anos.

Em seres humanos não foi encontrado, segundo o relatório de Della Chiesa (2007) períodos críticos de aprendizagem sendo, portanto mais apropriado falar de períodos sensíveis para situações em que a aprendizagem de um tipo particular é mais fácil em um período. Este autor comenta que na aprendizagem de línguas existem períodos sensíveis, sendo que alguns deles ocorrem em idade adulta. A percepção auditiva é rapidamente moldada pelo som ambiente ao longo dos doze meses de vida da criança, a partir do ponto em que ela passa a ter dificuldade para diferenciar sons que não conheceu. Sabe-se que a capacidade de diferenciar

³⁹ Sinaptogênese é o fenômeno de desenvolvimento e surgimento de novas sinapses.

sons de uma língua estrangeira diminui entre o sexto e o décimo segundo mês de vida quando o cérebro da criança a prepara para a fala na língua nativa. A questão é saber se os programas dos sistemas educacionais têm relação com os períodos sensíveis e se os exames de imagem funcional do cérebro vão acrescentar novas explicações em relação aos processos biológicos referentes a esses períodos.

O senso comum de se propor o início da educação formal o mais cedo possível não encontra bases neurocientíficas. Ferrari⁴⁰ (2006, p. 40) comenta a transferência deste conceito derivado, também da embriologia, para aplicação no desenvolvimento humano:

Atualmente, o conjunto de conhecimento acumulado sobre estas questões indica que as fases sensíveis não são tão rígidas e estáveis como suposto inicialmente. Assim, foi proposto o uso do termo fases sensíveis, dado que, entre outras razões, existem inúmeras evidências de especificidade de fases durante o desenvolvimento.

No aprendizado humano não existem períodos críticos, mas podemos falar de períodos sensíveis. Não existem situações em que um evento ou sua ausência num determinado período do desenvolvimento provoque um dano irreversível à aprendizagem. O conceito de “período crítico” remonta das conhecidas pesquisas do etólogo⁴¹ Konrad Lorenz, em 1970. Em suas experiências com gansos ele descobriu que existia um período restrito após o nascimento em que a introdução de seres humanos ou objetos inanimados poderiam ser identificados com a mãe. Cardoso (2011, p.1) afirma que “O trabalho de Lorenz forneceu uma evidência muito importante de que existem períodos críticos na vida onde um tipo definido de estímulo é necessário para o desenvolvimento normal”.

Segundo Lopes e Maia (2000, p.129), McGraw⁴² (1925) “concluiu que os períodos críticos para a aprendizagem variam de atividade para atividade e que eles são um período ótimo para uma aprendizagem rápida”. Foi o primeiro o autor que se referiu à possível existência de períodos críticos na aprendizagem e no desenvolvimento motor. O autor acima citado analisa os resultados desta pesquisa amplamente divulgada e não encontra uma fundamentação sólida, nem consistência numa amostra limitada a um par de gêmeos.

⁴⁰ FERRARI, Elenice A. de Moraes. Mestrado em Psicologia Social e Experimental; doutorado em Ciência/ Psicologia. Professora Livre-docente UNICAMP, Campinas, SP.

⁴¹ Etologia é a disciplina, em zoologia, que estuda o comportamento animal.

⁴² MCGRAW, Myrtle Byram - Fellowship em Desenvolvimento Infantil, em 1927. Mestrado e Doutorado em 1925 e 1931. Publicou CRESCIMENTO: Um Estudo de Jimmy e Johnny em 1935.

Para Lopes e Maia (2000) partindo de pressupostos maturacionais, MacGraw acreditava que só se poderia ensinar um tema se a função que lhe dá suporte tivesse atingido o nível maturacional necessário. Era necessário um estado de prontidão neuromotor compatível. O período crítico seria deste modo, um ponto do desenvolvimento de um comportamento que melhor responderia à interação hereditariedade e meio ambiente. As atividades de aprendizagem de natureza ontogênica é que teriam maior eficácia.

Lopes e Maia (2000, p. 130) analisando os chamados períodos sensíveis dizem: “O processo de aprendizagem é influenciado por vários fatores que determinam que uma idade é a adequada para aprender uma habilidade e outra para aprender outra habilidade”. Um fator importante no processo de aprendizagem é a motivação e o interesse da criança, assim como o nível maturacional, o desenvolvimento e as experiências de aprendizagem.

Outro grupo de eventos no desenvolvimento do sistema nervoso é responsável por eventos subtrativos ou regressivos. Os fenômenos melhor identificados são os da retração neuronal, da degeneração sináptica e da morte neuronal programada. O ser humano, mesmo antes do nascimento, perde neurônios. Fato considerado normal por ser uma programação genética, chamado de apoptose. Admite-se um benefício para o bom funcionamento e estruturação do cérebro.

O período de zero a três anos de idade pode ser considerado um dos períodos mais importantes do neurodesenvolvimento, em qualquer circunstância do ambiente, se enriquecido ou não com estímulos. Acredita-se que ambientes enriquecidos favoreçam o desenvolvimento cerebral. Na adolescência, o cérebro ainda está em desenvolvimento, principalmente nos lobos frontais e parietais. Nestes locais, a poda sináptica inicia após a puberdade. Além deste fato, um processo de mielinização aumenta nestas mesmas regiões, melhora em muito a eficiência da transmissão da informação tanto em termos de velocidade quanto em qualidade.

Durante toda a vida humana, o processo de mielinização se manterá mesmo que num ritmo menor. O cérebro do adolescente está, nestes termos, menos preparado que o cérebro adulto para realizar uma série de funções. Dentre elas podemos incluir a atenção, as funções executivas, principalmente as tarefas de planejamento futuro, inibição de comportamentos inadequados, multitarefa e uma série de atividades socialmente orientadas. Sabe-se que estas mudanças são bem menos intensas que na infância, mas o cérebro adulto continua suas modificações e seu desenvolvimento.

O cérebro do adulto tem menor plasticidade, o número de neurônios reduz-se, mas as consequências educacionais destes eventos ainda não podem ser interpretadas completamente. A neurogênese, com o surgimento de novos neurônios, diferente do que se pensava, continua,

pelo menos, por parte da vida adulta. Esta permanente plasticidade do cérebro sugere que ele foi concebido para a aprendizagem e adaptações, que podem provocar modificações em sua estrutura diante de novos desafios.

O processo de mielinização⁴³ tem uma progressão prevista para cada um dos múltiplos sistemas tanto no aspecto da velocidade com que ocorre quanto à intensidade. O processo de maturação do sistema nervoso tem uma sequência ordenada. Segundo Valente⁴⁴. (2006, p. 117):

Algumas áreas e sistemas iniciam a mielinização durante os primeiros meses de gestação e rapidamente atingem seu padrão maduro de desenvolvimento, mesmo antes do término da gestação. No entanto, outros sistemas que iniciaram concomitantemente o processo de mielinização podem levar meses, até anos, para atingir o padrão maduro por apresentarem taxa de mielinização distinta.

A mielinização tem a sua sequência ordenada, sendo mais intensa no final da gestação e até o segundo ano de vida após o nascimento, perdurando em algumas áreas cerebrais até a terceira e quarta década de vida. É possível que ocorra produção de mielina durante toda a vida, embora numa proporção muito menor. Algumas regras do processo de mielinização podem ser identificadas. As estruturas mais antigas mielinizam primeiro que as mais recentes. O sistema nervoso se mieliniza de forma ascendente, do centro para a periferia e das regiões posteriores para as anteriores.

Na medida em que as vias neuronais se mielinizam, tornam-se funcionais: primeiro o sistema nervoso periférico, depois a medula e por fim áreas frontais do cérebro. A não mielinização de estruturas ou áreas cerebrais está associada a uma perda em grau variado da função das mesmas. Do mesmo modo, pode-se presumir um processo de mielinização normal por meio do desenvolvimento neuropsicomotor normal.

É possível monitorar o processo de mielinização? Sim, existem exames de neuroimagem como a ressonância magnética nuclear cerebral que podem acompanhar e diagnosticar o estágio do processo de mielinização. Para o educador, é necessário saber que o desenvolvimento observado no dia a dia por meio das práticas pedagógicas pode identificar atrasos no processo de mielinização. Os marcos do desenvolvimento podem ser identificados

⁴³ Mielinização - do ponto de vista histológico é o início da formação da bainha de mielina. A mielina, no sistema nervoso central, forma-se a partir do oligodendrócito (uma célula glial). É gerada uma camada celular em planos, centrífuga, em que as mais antigas são mais centrais, que se dispõem ao redor de alguns axônios, que serão classificados como neurônios mielinizados.

⁴⁴ VALENTE, Marcelo - doutor em Radiologia e Neurorradiologista do Hospital das Clínicas de São Paulo e do Curso de Medicina da Universidade Metropolitana de Santos, SP.

com o auxílio de instrumentos como o Teste de Denver⁴⁵, a Escala de Bayley⁴⁶ e outras. Pedroso⁴⁷ (2009, p. 1) conclui em seu artigo que:

Há necessidade de revisar marcos do desenvolvimento normal em diferentes épocas, em regiões geograficamente distintas, entre tipos raciais, entre diferentes condições sociais, entre outros. Esses dados serão úteis não só para verificar possíveis anormalidades em aplicações de testes de triagem, bem como para levantar possíveis mudanças de padrões de desenvolvimento que ocorram por fatores evolutivos, quer de origem social ou mesmo genética. Os resultados indicam a necessidade de revisar dados de avaliação de linguagem já estabelecidos por pesquisas realizadas no passado que constituem padrões de avaliação em uso atualmente.

Esta quase permanente plasticidade, entendida como o conjunto de recursos do cérebro para reorganizar seus padrões e suas características de conexão sináptica, cria possibilidades infinitas de adequações ao crescimento do organismo, às novas necessidades intelectuais e adaptações comportamentais. Contudo, a neuroplasticidade pode ter efeitos negativos ao reforçar circuitos neuronais que provoquem disfunções envolvendo a memória ou a atenção e mesmo doenças como a epilepsia.

A neuroplasticidade tem funções necessárias ao desenvolvimento do cérebro humano, mantendo um eficiente processamento das funções mentais. Pinheiro (2007, p 12) afirma:

Por meio dos mecanismos envolvidos na aprendizagem, os eventos do ambiente podem moldar os comportamentos. Os cérebros de uma criança e de um adulto são muito diferentes; da mesma forma, os cérebros de crianças em idades diferentes não podem ser comparados. Tais diferenças cerebrais respondem por comportamentos diferentes que, de um lado caracterizam fases de desenvolvimento mental típicas da espécie biológica (*Homo sapiens sapiens*) e, de outro, conferem a cada humano a unicidade do ser.

O cérebro tem se mostrado cada vez mais surpreendente mesmo para o mais entusiasta neurocientista, mas nem tudo é inusitado nem o melhor. Um computador de última geração é capaz de operações mais complexas. O que fazemos não é o mais espetacular do universo, mas o que acontece em nosso cérebro é único. As habilidades mentais são únicas e

⁴⁵ Teste de Triagem de Desenvolvimento de Denver (TTDD). Criado por Frankenburg et al., em 1967, é um instrumento de detecção precoce das condições de desenvolvimento da criança, avaliando quatro áreas/categorias: motor-grosso, motor fino-adaptativo, linguagem e pessoal-social.

⁴⁶ Escala de desenvolvimento infantil aplicada na faixa de recém-nascido até 30 meses de vida. Avalia o Índice de Desenvolvimento Mental das Funções Cognitivas; o Índice de Desenvolvimento Psicomotor das habilidades motoras grosseiras; e Comportamental com avaliação da interação da criança.

⁴⁷ PEDROSO, Fleming Salvador - doutor, professor do Centro Universitário Metodista IPA - Porto Alegre (RS), Brasil.

nos tornam especiais. A consciência, o pensamento, a experiência subjetiva de existir sempre intrigou filósofos, artistas e cientistas em toda a história da humanidade. A mente humana, entendida como uma extensão transcendental do ser humano, é imaterial. Como produto da atividade cerebral é material.

1.2 Cérebro-mente: o modo de operar do complexo cérebro/mente

Questões profundas envolveram e ainda envolvem pensadores, quando o tema proposto é a relação mente e cérebro. Existe uma razão do complexo cérebro-mente ou existiria a uma razão para o cérebro e uma razão para a mente? Morin⁴⁸ (2003, p. 65) analisou aspectos do pensamento em sua complexidade e incluiu o que chamou de circuito cérebro/mente/cultura:

O homem somente se realiza plenamente como ser humano pela cultura e na cultura. Não há cultura sem cérebro humano (aparelho biológico dotado de competência para agir, perceber e aprender), mas, não há mente, isto é, capacidade de consciência e pensamento sem cultura. A mente humana é uma criação que emerge e se afirma na relação cérebro-cultura. Com o surgimento da mente, ela intervém no funcionamento cerebral e retroage sobre ele. Há, portanto uma tríade em circuito entre cérebro/mente/cultura, em que cada um dos termos é necessário ao outro. A mente é o surgimento do cérebro que suscita a cultura que não existiria sem o cérebro.

As relações cérebro-mente-cultura, corpo-espírito-sociedade, a subjetividade, as emoções e o sofrimento humano são questões transversais às diversas ciências como biologia, filosofia, sociologia, medicina, dentre muitas. A neurociência atual contribui para mudar a visão do cérebro como uma dimensão médica, agregando-lhe um valor social que se evidenciava no dia a dia. Ehrenberg⁴⁹ (2008, p. 1) diz:

Assim, o cérebro não é mais somente estudado tendo em vista as patologias mentais e neurológicas. Falamos de “cérebro social” para evocar a ideia de que os “comportamentos” sociais se explicam essencialmente pelo funcionamento cerebral. O cérebro aparece então como o substrato biológico que condiciona a sociabilidade e a psicologia humanas. Entre o homem biológico e o homem social, não mais saberíamos bem onde estamos atualmente.

⁴⁸ MORIN, Edgar, cujo nome verdadeiro é Edgar Nahoum – sociólogo e filósofo francês.

⁴⁹ EHRENBURG, Alan – sociólogo francês é pesquisador do Centro de Edgar Morin, co-diretor do Grupo de Pesquisa "Psicotrópicas, Política e Sociedade no CNRS, Diretor do Centro de Investigação psicoterapêutica, Saúde Mental.

O entendimento mais atualizado do cérebro nos conduz à ideia de uma estrutura altamente complexa, com capacidade plástica e, portanto, um sistema em evolução. As ideias de um cérebro mecânico, com engrenagens que se encaixam como num maquinário não têm suporte científico. Propostas localizacionistas ligando estruturas a funções foram superadas por um conceito de ações em “massa”, de circuitaria de redes neurais em constante transformação e reorganização. São conceitos que embasam propostas para entendimento do ser humano “total”, não somente como um humanismo, mas como uma atitude.

1.3 A mente humana

Tentar compreender a mente é tentar resgatar a essência do ser humano. Na pessoa é que estão as funções mentais, chamadas de funções corticais superiores. Estas funções capacitam o ser humano para pensar, refletir, falar, aprender, sentir, amar. Como expressar estas funções mentais? Do que se sabe por meio da neurociência é que o funcionamento cerebral está diretamente ligado à possibilidade de ocorrência e expressão destas funções. Sem o cérebro, como a mente se expressaria? Haveria sentido no cérebro sem a mente? O processo ensino-aprendizagem ocorre pelo cérebro ou pela mente? Por ambos?

São perguntas que polemizam. Qualquer resposta apressada teria validade por muito pouco tempo em decorrência da velocidade de produção de conhecimento nesta área. O desenvolvimento cerebral vem sendo pesquisado e observado pela neurociência em suas várias áreas.

Ao que parece, alcançar o conhecimento depende da cognição que envolve um complexo de eventos cerebrais como atenção, raciocínio, memória, percepção. Seria suficiente para a mente a experiência do mundo por meio dos sentidos? Não parece possível a delimitação: quanto de cérebro ou de mente existe neste contínuo cérebro/mente? Causa e reciprocidade parece definir melhor a relação cérebro/mente. O vínculo da causa com o efeito tem como condição a existência de fenômenos relacionados com a causa ou com o efeito. Na reciprocidade, existe uma tendência a responder positivamente a uma ação positiva e negativamente a uma ação negativa.

Como definir a natureza mental? O que é mente? Quais manifestações caracterizariam a mente? Referências à mente como “espírito”, “alma” lhe confeririam características e propriedades específicas capazes de subsistir à morte cerebral e à do próprio organismo.

As discussões sobre a mente ainda caminham por um mundo fantasioso e fantástico. Parte disso pode ser justificada por não ser a mente visível e muitas de suas manifestações ainda não são passíveis de investigação científica.

A psicologia desenvolveu técnicas e teorias de como a mente funciona. Não se pode dizer que existe consenso do que seja a mente. A mente com características subjetivas e particulares a cada um de nós serviria somente para cada um dos indivíduos? A mente, na verdade, nada tem a ver com o cérebro? A aprendizagem, que ocorre no ensino, atua na mente ou no cérebro? O conhecimento capaz de desenvolver complexos pensamentos e criações fantásticas ocorre na mente ou é consequência de processos físicos e químicos que ocorrem no cérebro? Como uma substância introduzida no organismo pode modificar o funcionamento cerebral e atingir a mente interferindo em suas funções?

Sabemos que cérebros danificados podem modificar o comportamento dos indivíduos e alterar suas funções mentais em consequência da neuroplasticidade. Testemunho de familiares de pessoas que sobreviveram a acidentes ou cirurgias neurológicas dizem que estas pessoas não eram as mesmas de antes.

Estes argumentos seriam suficientes para distinguir mente e cérebro? Existe ligação, continuidade, relação entre cérebro e mente? Ou seria tudo isso uma ilusão de uma realidade inexistente? Respostas poderão vir do avanço tecnológico, mas serão sempre questões filosóficas. Quem sou eu? Sou minha mente e suas funções ou sou a minha estrutura orgânica, genética e neuroquímica do meu cérebro?

O cérebro não é independente do corpo, necessitando de seu suprimento em oxigênio e glicose. Ele necessita também dos órgãos dos sentidos para estar atualizado em relação às respostas que se deseja produzir. Segundo Rose⁵⁰ (2006, p. 186):

Esse cérebro, então, é aquele maravilhoso produto e processo, o resultado de eras de evolução e, para cada adulto humano, décadas de desenvolvimento, o órgão necessário para a consciência, do pensamento, da memória e da identidade, e que a ciência moderna está começando tanto a descrever como a explicar.

Estaria a neurociência próxima de explicações sobre o funcionamento da mente após terem se passado cerca de vinte anos da chamada “Década do cérebro”? Milhões de anos de evolução e nove meses de gestação dão ao cérebro humano base biológica para nos tornar

⁵⁰ ROSE, S. – professor de biologia e diretor do Grupo de Pesquisa de Cérebro e Comportamento na *Open University*.

seres humanos, com capacidades exclusivas como a linguagem, a consciência de si próprio e da existência do outro.

Da origem da vida com os rudimentos do sistema nervoso até o surgimento do cérebro humano, percebe-se que a conversão deste ser em humano é um processo muito mais complexo. Recursos humanos exclusivos, mesmo quando comparados com espécies próximas, mostram a descontinuidade evolutiva das espécies. Mais do que a própria estrutura cerebral, a mente humana, em sua capacidade de ser consciente, é absolutamente única.

Descrever a evolução do cérebro humano é tarefa bem simples diante da discussão da mente humana. Este é um desafio para a neurociência atual. Entender a mente como produto do cérebro pode satisfazer o discurso científico, mas em nada contribui para as discussões da neurociência atual. Os processos mentais e conscientes do ser humano seriam a continuação do processo evolutivo de funções adaptativas necessárias à sobrevivência do ser humano que possuidor de um cérebro de tamanho privilegiado?

Rose (2006, p. 102) procura demonstrar que a evolução do cérebro humano foi relevante para o desenvolvimento da mente humana. Da diferenciação da estrutura corporal dos humanos modernos, à adoção da postura bípede com equilíbrio do crânio na postura ereta; do aumento do tamanho do cérebro, ao uso do polegar em oposição; de um período de maturação e vida mais longa, até o uso de ferramentas; da organização social, à comunicação e à consciência da sua existência, as informações se baseiam no conhecimento produzido pelos paleontólogos.

Divergências e descobertas vão clareando esta ciência que nos oferece datação e reconstrução de fósseis e trazem a história à tona. Pesquisas sobre comportamento, organização social e a evolução da mente dos ancestrais humanos tornam-se menos consensuais. Relacionar mudanças na estrutura do crânio e da face com o aumento do lobo frontal e associar estas modificações com a aquisição de funções mentais específicas do ser humano parecem especulativas. Segundo Rose (2006, p. 106):

Desse modo, o tamanho do cérebro é um marcador pouco confiável das capacidades mentais e comportamentais, e as medidas dos volumes de crânios fósseis têm a capacidade de dizer bem pouco a respeito da organização interna do cérebro, e ainda menos a respeito do comportamento e do suposto sentido de ação do seu dono durante sua vida.

O estudo genético mostrou que os seres humanos são 99% idênticos aos chimpanzés. Segundo Rose (2006) a semelhança é ainda maior quando se avalia os genes importantes para a função cerebral, embora exista uma significativa diferença em relação à expressão destes

genes. Intrigante é como pequenas diferenças genéticas puderam levar o ser humano a um desenvolvimento tão diferente do chimpanzé. Estudos do genoma humano poderão ser elucidativos quanto a esta questão. O ponto em que surgiram as funções exclusivas do ser humano não tem, ainda, uma resposta. Rose (2006, p. 108) afirma: “É inequívoco que nosso cérebro e mente humanos são produtos da evolução, mas os processos pelos quais as mentes modernas evoluíram e as restrições que esses processos evolutivos podem ter imposto são questões de debate intenso e apaixonado”.

As histórias de racismos promovidos pela ciência ao estudar as diferenças entre populações humanas se firmaram nas diferenças genéticas inicialmente identificadas entre as raças. Estas informações não se confirmaram com a genética moderna que não identificou diferenças genéticas ligadas às divisões raciais. Existiriam mais diferenças genéticas entre os indivíduos de uma mesma raça. Autores sugerem que no contexto humano melhor seria designar diversidade biogeográfica em lugar de raça (ROSE, 2006).

Concepções mais recentes sobre o desenvolvimento são apresentadas pela Psicologia do Desenvolvimento e Evolucionista (PDE). Hansen⁵¹ (2007) discute aspectos dessa ciência que tem como pressupostos a herança biológica e a cultura como componentes do desenvolvimento dos indivíduos. Aspectos estruturais do desenvolvimento humano foram selecionados pela evolução e a genética os transmite. Hansen (2007, p. 3) diz:

Por fim, vale destacar que, ao investigar a influência da história evolucionária da espécie humana no desenvolvimento ontogenético atual, a PDE utiliza conhecimentos da Psicologia Comparativa, bem como da Etologia. Isso porque considera que existe uma continuidade filogenética entre o ser humano e outros animais, buscando ter uma visão mais abrangente da nossa espécie e ter uma melhor compreensão do que é ser humano.

A Psicologia Evolutiva propõe que a alma humana deva ser compreendida à luz da evolução. O cérebro humano, composto por diversos mecanismos funcionais responsáveis pelas adaptações psíquicas teria evoluído pela seleção natural. Uma conceituação mais recente, a Psicologia Evolutiva tem suas raízes na Psicologia Cognitiva e na Biologia Evolutiva, integrando-se à Ecologia Comportamental⁵², à Inteligência Artificial⁵³, à Genética,

⁵¹ HANSEN, Janete – do Departamento de Psicologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

⁵² A Ecologia Comportamental procura compreender a interação entre animais e plantas e comportamentos que podem potencializar as aptidões dos indivíduos e quantificar suas variações numa população. Utiliza a manipulação experimental e a descrição de padrões comportamentais para testar o valor adaptativo de um determinado comportamento observado.

à Etologia⁵⁴, à Antropologia, à Arqueologia, à Biologia, à Zoologia e à Sociobiologia. O termo psicologia evolutiva foi difundido a partir de Ghiselin⁵⁵ em 1973. Jerome Barkow, Leda Cosmides e John Tooby escreveram, em 1992, *The adapted mind: Evolucionary and te generation of culture*, tornando popular a psicologia evolutiva. Palacios⁵⁶ (2004, p. 17) diz:

A psicologia evolutiva estuda todas as questões que analisamos até aqui. Estuda, por definição, os processos de mudança psicológica que ocorrem desde nossa concepção até nossa morte; muitos dos processos de mudança (sobretudo os que ocorrem no início e no final do processo) se relacionam com a maturação que nos leva da imaturidade biológica de partida até a maturidade, assim como com os processos biológicos vinculados ao envelhecimento.

Esta área recente da psicologia procura demonstrar formas de comportamento e de organização social que evoluíram adaptativamente por diversas gerações humanas com a característica caçador-coletora. O que chama a atenção é que existe um período geológico e evolutivo, relativamente curto, em que o *Homo Sapiens*, e a própria sociedade moderna, surgiu.

Segundo Rose (2006, p. 114):

Entretanto, o ponto fundamental é a assertiva feita por psicólogos evolutivos de que a escala de tempo na história humana foi curta demais para que as pressões da seleção natural tenham produzido mudanças significativas. O problema é que sabemos pouco a respeito da velocidade com a qual essas mudanças podem ocorrer. Atribuindo ao tempo de uma geração cerca de quinze a vinte anos, chegou a haver aproximadamente 11 mil gerações entre os fósseis Herto e o presente. Embora seja possível calcular taxas de mutações, e daí as taxas potenciais de mudanças genéticas, estas não se “traduzem” simplesmente em taxas de mudanças fenotípicas.

Rose (2006) destaca que os psicólogos evolutivos avaliam que diversos processos esculpem a mente humana, a qual não é tanto um produto direto da ação genética como propõem os pesquisadores da linha determinista genética.

⁵³ Inteligência Artificial é uma área das Ciências da Computação e da Engenharia da Computação que se dedica ao desenvolvimento de agentes não vivos capazes de ações racionais semelhantes à inteligência humana.

⁵⁴ Etologia é a disciplina que estuda o comportamento animal. Tem contribuído para a recuperação da noção de homem como um ser bio-psico-social. A concepção etológica do ser humano é a de um ser biologicamente cultural e social, cuja psicologia se volta para a vida sociocultural, para a qual a evolução criou preparações biopsicológicas específicas.

⁵⁵ GHISELIN, Michael T. – biólogo, filósofo e historiador em biologia da Academia de Ciências da Califórnia.

⁵⁶ PALACIOS, Jesús – pesquisador do grupo de Investigação “Processos de Desenvolvimento e Educação nos Contextos Familiares e Escolares do Departamento de Psicologia Evolutiva e da Educação da Universidade de Sevilha, Espanha.

Com base nos conceitos da Inteligência Artificial, os psicólogos evolutivos retiraram o argumento de que a mente é uma máquina cognitiva, um dispositivo de processamento de informações que ocorre no cérebro. Rose (2006) diz que a proposta de módulos (de fala, de sentido de números, de reconhecimento de faces, de detector de trapaças) para explicar a mente humana foi apresentada em 1983 por Jerry Fodor⁵⁷. Apresenta também o argumento do arqueólogo Steven Mithen⁵⁸ de que apesar dos módulos serem diferentes, a característica da mente humana é a sua capacidade de realizar a integração entre estes. Ela não funcionaria como módulos especializados e independentes, mas o próprio pesquisador reviu alguns conceitos e levantou a hipótese de que os módulos mentais existiriam somente para funções mentais de menor nível e não para aquelas funções que envolvam aspectos cognitivos ou afetivos mais complexos.

O que a neurociência atual demonstra é que não se pode reduzir mente/cérebro a uma maquinaria cognitiva que processa informações. A capacidade de interpretar e expressar a emoção, por si, sem falar de outros aspectos o diferencia em muito de um computador. Quando a elas se associam estados mentais caracterizando sentimentos, podemos dizer que aí existe uma exclusividade humana.

A Psicologia Evolutiva não tem explicações irrefutáveis para muitas questões sobre a evolução da mente humana. Segundo Rose (2006, p. 119),

Uma compreensão mais modesta dos processos evolutivos pode nos fazer reconhecer que o trajeto evolutivo que leva aos humanos, produziu organismos com cérebros/mente e modos de vida altamente plásticos, adaptáveis, conscientes. Em virtude de nossos grandes cérebros, e supostamente das propriedades da mente e da consciência que esses cérebros propiciam, os seres humanos criaram sociedades, inventaram tecnologias e culturas; ao fazer isso, também mudaram a si próprios, seus estados de consciência e, de fato, seus genes. Somos herdeiros não apenas dos genes, mas também de culturas e tecnologias dos nossos ancestrais. Fomos profundamente formados por eles, e, porque temos esse formato, podemos por sua vez ajudar a formar nossos próprios futuros e os dos nossos descendentes.

Qual seria o ponto da evolução em que ocorreu a conversão para seres humanos é ainda uma especulação. Em alguma época do Pleistoceno, entre seiscentos a cem mil anos,

⁵⁷ FODOR, Jerry Alan é professor de Filosofia na Universidade de Rutgers, em Nova Jérsei. Cientista cognitivo pesquisa a filosofia da mente.

⁵⁸ MITHEN, Steven é um arqueólogo inglês que tem se caracterizado pela inovação ao abordar temas candentes do processo evolutivo humano, ou da organização social das sociedades que nos precederam, lançando mão, sempre que possível, de teoria da cognição. Foi pesquisador do Trinity Hall, em Cambridge. Ao escrever *A Pré-História da Mente*, em 1995, lecionava pelo Departamento de Arqueologia da Universidade de Reading, na Califórnia, desde 1992.

pressões evolutivo-ambientais, que não se conhecem, teriam levado ao aparecimento da mente e da consciência humanas. Rose (2006) cita o período iniciado há duzentos e cinquenta mil anos em que as variações climáticas severas ocorridas na África impuseram condições adversas que exigiram habilidades mentais necessárias para a sobrevivência. Buscar traços universais humanos que poderiam distinguir os seres humanos é uma aventura que deve se prolongar para as ciências.

1.4 Aspectos sociais e antropológicos da neurociência. O cérebro “social” - humanização ou cerebralização?

O sentimento de pertença é uma característica do ser humano necessário para a vida coletiva, para a cidadania. A vida em sociedade, desde os primórdios da humanidade, tem em seu contexto disputas que geram a necessidade de regras gerais que estabeleçam limites e que possibilitem a preservação dos direitos individuais. A sociedade, como organização humana, articula os indivíduos numa mesma cultura e pode ser experienciada como algo externo aos indivíduos e às interações que lhe deram origem.

A cultura se passa de uma geração à outra os comportamentos adquiridos distinguindo uma sociedade de outra.

A oposição entre o individual e o grupal não tem um limite preciso e a teoria de Durkheim propõe uma psicologia social de contínuo fluxo e refluxo entre a singularidade egoísta e a imersão numa comunidade. Oliveira Lima⁵⁹ (2007, p.9) diz que:

Durkheim sublinhou um aspecto de sua obra que é a chave para a compreensão da origem de uma dualidade da natureza humana, expressa na imagem do homem como ser dividido entre individual e coletivo. Para ele, existem características que definem os limites destes dois mundos que estão entrelaçados. De um lado, como aspectos da base orgânica, constituindo um foro estritamente individual, estão as sensações e os apetites particulares; de outro estão as atividades do espírito, como o seu modo de ver e perceber o mundo além de sua conduta moral, que são formadas por características universais.

Em Durkheim a coletividade é suprapessoal e o indivíduo passa a ser uma abstração que se constrói no meio social. (OLIVEIRA LIMA, 2007). A subjetividade do indivíduo só se visualiza no mundo exterior, ao deixar transparecer quem ela é. Objeto de estudo da sociologia de Durkheim, o fato social tem por característica essencial ser uma coisa exterior a

⁵⁹ OLIVEIRA LIMA, Verônica Almeida de - possui graduação em Comunicação Social pela Universidade Estadual da Paraíba (2003). Atualmente é mestranda em Sociologia pela Universidade Federal de Campina Grande e professora no curso de Comunicação Social da Universidade Estadual da Paraíba.

eles, com existência independente e estabelecida em toda a sociedade, conforme diz Oliveira Lima (2007, p.2): "Para Durkheim o fato social é um fenômeno coletivo, nesse sentido, ele seria o resultado da vida comum. O autor propõe isolar esses fatos que, para ele, possuem uma realidade objetiva e, portanto, são passíveis de observação externa".

O conjunto de fatos sociais estabelecidos caracteriza a sociedade. Oliveira Lima (2007) discute bem o que a teoria de Durkheim caracteriza como fato social; são modos de agir, pensar e sentir exteriores ao indivíduo e que se manifestam como regras morais, dogmas, maneiras de agir e que têm poder de coerção sobre o indivíduo. Deste modo, não podemos escolher sem que exista algum tipo de coação externa.

Neste contexto, a educação é reconhecida como de normatização que conforma os indivíduos ao grupo social ao qual pertencem. É um processo disciplinador para se internalizar regras e valores estabelecidos, com vistas à autonomia da vontade, entendida como a verdadeira liberdade. (SINGER⁶⁰, 1997).

A representação coletiva⁶¹, exterior ao indivíduo, construída coletivamente pela união de todos em cooperação e não elaborada por cada indivíduo é um conceito durkheimiano que inspirou Moscovici⁶² na elaboração da teoria das representações sociais. Moscovici procurava analisar o que os grupos urbanos, não toda a sociedade, constroem em termos de ideias e informações. Segundo Araujo⁶³ (2008, p. 4; 5):

Em sua teoria, Moscovici (1978) volta-se para um sentido diferente daquele conceito durkheimiano de representação coletiva, por avaliar que este é mais apropriado para a análise das relações sociais desenvolvidas nos grupos tradicionais. Moscovici propõe que, para as sociedades urbano-industriais, a análise das representações seja feita com base na teoria das representações sociais. Guarechi (1994, p. 196) considera que, para Moscovici, o modelo de sociedade, objeto de análise de Durkheim era estático e tradicional, diferente das sociedades modernas, tema das pesquisas de Moscovici (1978), que são dinâmicas e fluidas.

Em sua análise, Araujo (2008) destaca uma diferença entre o conceito de representação de Durkheim e Moscovici. No primeiro, a ação do indivíduo não tem influência

⁶⁰ SINGER, Helena possui graduação em Ciências Sociais (1990), mestrado (1995) e doutorado em Sociologia pela Universidade de São Paulo (2000).

⁶¹ Segundo ALEXANDRE, M. (2004, p.123) "o conceito de representação coletiva nasceu na sociologia, nos estudos de Durkheim". O termo foi empregado na elaboração de uma teoria da religião, da magia e do pensamento místico. Estes fenômenos são produtos de uma comunidade ou de um povo.

⁶² MOSCOVICI, Serge - psicólogo social francês. Diretor do Laboratório Europeu da Psicologia Social.

⁶³ ARAUJO, Marivânia Conceição de - doutora em Sociologia pela Universidade Estadual de São Paulo UNESP/Araraquara. Professora adjunta do Departamento de Ciências Sociais da Universidade Estadual de Maringá

no fenômeno. O segundo considera que os indivíduos formando grupos sociais vão elaborar um conjunto de informações consensuais sobre a realidade com a qual se relacionam. O indivíduo, nesta ótica, tem um papel atuante e particular na construção das representações sociais como um complexo representação/ação em que os elementos se autoalimentam para compreender a realidade.

A dinamicidade do conceito de Moscovici é eficiente para absorver ou excluir elementos necessários à compreensão da realidade, além de oferecer subsídios aos indivíduos em suas ações sobre a mesma realidade. Nesta perspectiva, existe a possibilidade de mudança da representação social com ressignificação das ações dos indivíduos. A realidade pode ser reconhecida, conhecida, remodelada e representada como parte cognitiva do grupo. Araujo (2008, p. 8) comenta que:

O processo de formação das representações sociais tem como princípio a familiarização do que é desconhecido pelo grupo. Fatos, pessoas ou leis jurídicas, por exemplo, não familiares, que se inserem no cotidiano do grupo, interferindo de algum modo nas relações, precisam se tornar familiares. Com este objetivo, serão codificados, analisados e assimilados aos dados anteriormente conhecidos, para serem, finalmente, compreendidos, tornando-se familiar ao grupo. Essa familiaridade estará permeada pelos elementos dados pelo grupo, ser peculiar e não necessariamente semelhante à forma “original” desses fatos não familiares ou como estes são percebidos em outros grupos.

Nos dizeres de Araújo (2008) entender o mundo não é apenas uma necessidade, mas na medida em que as representações sociais tomam forma e são comunicadas tornam o cotidiano da vida mais excitante pela sua agilidade nas variações. O indivíduo tem um lugar nítido no mundo novo quando este é constantemente observado, interpretado e reproduzido. As representações sociais tornam familiar o não familiar pela dinâmica em que objetos e eventos podem ser reconhecidos e compreendidos a partir de encontros anteriores ou em modelos.

Oliveira⁶⁴ (2004) comenta a contribuição das ideias de Moscovici sobre as representações sociais e as sociedades em sua publicação o autor afirma que qualquer prática mental e social é sempre uma forma de representação social. O pensamento primitivo, o senso

⁶⁴ OLIVEIRA, Márcio S. B. S. de - formado em Ciências Sociais pela Universidade de Brasília (1983), mestrado em Sociologia - *Université de Paris V* (René Descartes, 1987) e doutorado em Sociologia - *Université de Paris V* (René Descartes, 1993), pós-doutorado em Sociologia (EHESS-MSH, Paris, 2008). É professor da Universidade Federal do Paraná desde 1994, consultor do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, consultor da Fundação Araucária de Apoio à Pesquisa (Paraná), consultor *ad hoc* do CNPq e da CAPES. OLIVEIRA, M.S.B.S. **Representações sociais**: investigações em psicologia social. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Vozes, 2003.

comum e a ciência se misturam nas representações e é em função delas, e não necessariamente das realidades, é que se movem os indivíduos e as coletividades. Todas as práticas mentais têm origem na sociedade, ou seja, são categorias sociais do pensamento. Moscovici procura nos atos psíquicos individuais, origens sociais, situando o ambiente natural da sociedade, as representações sociais e coletivas na base da mentalidade humana.

A noção de sujeito é bastante ampla, sendo evidente e não evidente dependendo da análise que se faz. A subjetividade, na visão religiosa se confunde com a alma, com a divindade. A visão técnico-científica predomina nas análises mais recentes para se definir o sujeito, chegando a ser reduzido a uma série de respostas e comportamentos programáveis. Determinismos sociais, estruturais substituíram o sujeito na antropologia, chegando a ser reduzido a um valor de instrumento.

No mundo digital, o sujeito e a subjetividade podem se confundir com o objeto, misturando realidade com virtualidade, o humano com a máquina. Surge um indivíduo que não é mais corpo e espírito, não se definindo por critérios ontológicos ou físicos. Ele se define na linguagem, no contexto e na interação.

Vigotski anunciou a origem social da consciência levando em conta a importância da linguagem como constituinte social. Segundo Molon (1999, p.1), “Vigotsky deixou claro que os fenômenos subjetivos não existem por si mesmos, nem afastados da dimensão espaço-temporal e de suas causas. Defendeu a unidade da psique e do comportamento” o sujeito reflete a totalidade das relações sociais, sendo compreendido como um modelo da sociedade. Molon (1999, p. 6) comenta:

A consciência é a capacidade que o homem tem de refletir a própria atividade, isto é, a atividade é refletida no sujeito que toma consciência da própria atividade. Em síntese, pode-se afirmar que a consciência é sujeito da atividade. Há um vínculo estreito na noção de consciência e de sujeito.

A teoria histórico-cultural elaborada por Vigotski exige a compreensão da gênese dos processos mentais. As funções mentais superiores, chamadas de funções psicológicas superiores não são criadas independentes das experiências, têm origens nas relações sociais e se desenvolvem com experiências nas relações reais entre os indivíduos humanos. Elas têm origem sócio-cultural com natureza histórica e necessitam de mediação. Existe um processo do humano e da cultura. O ser humano constitui cultura e é constituído por ela com a sustentação nos processos neurobiológicos de maturação e de desenvolvimento cerebral. Molon (1999, p. 9), analisando a partir da visão de Vigotski, diz:

No processo de constituição do sujeito, as atividades humanas são operacionalizadas ao longo do desenvolvimento humano pelos signos, que são meios de comunicações e meios de conexões das funções psicológicas superiores, presentes em todo o processo de constituição do sujeito.

As funções psicológicas superiores são mediadas, isto é, nascem e vivem por meio da mediação dos instrumentos psicológicos, dos signos, sendo assim, é "quase social".

Os conhecimentos atuais da neurociência, mostrados por meio dos exames de imagem cerebral, da genética, da biologia molecular, da informática aplicada à neurociência, sugerem o ser humano como agente e pensante, associando as funções mentais com o funcionamento de circuitos neuronais que interligam as diversas áreas cerebrais. São possibilidades novas para se compreender o homem social. Pensar o cérebro como o elemento fundamental da sociabilidade humana traz a discussão do cérebro "social".

Estudos em laboratórios de pesquisa que analisam os efeitos cerebrais do conteúdo de uma fala ou expressões emocionais mostram ativação de regiões específicas quando a expressão emocional é triste ou feliz.

Decety (2008) havia apresentado resultados de pesquisas demonstrando áreas cerebrais responsáveis pelo comportamento, empatia, moral e outras habilidades necessárias para a interação social saudável.

Ehrenberg (2008, p. 7) discute aspectos filosóficos e sociais da interpretação dos resultados obtidos por essas pesquisas:

Quando Decety escreve que estes estudos mostram o "papel do córtex parietal inferior na distinção entre si-mesmo e o outro", o que significa a operação designada por "papel"? Esta área cerebral é o agente causal? Ela é o mecanismo neurofisiológico implicado, derivado, necessário para enfrentar esta distinção? É ela a condição biológica? As expressões empregadas pelos pesquisadores são: "papel, implicação, sustentáculo, base, apoiar sobre". Os métodos são descritos da maneira mais precisa possível, mas as palavras de valor interpretativo empregadas nas discussões são vagas. Além disso, é necessário ressaltar que nenhum mecanismo fisiológico foi descoberto por produzir experimentalmente a simpatia: são correlações, não mecanismos; e correlações, a pesquisa encontra todos os dias. A constatação de uma correlação não suspende a ambigüidade entre: "quando eu faço X, meu cérebro está num estado Y" e "se eu faço X, é porque meu cérebro esta num estado Y", isto é, entre alguma coisa que acontece em meu cérebro quando eu faço uma ação e alguma coisa que eu faço quando ajo porque meu cérebro é a sua causa.

É possível o mapeamento dos fenômenos neuroquímicos associados às diversas atividades humanas, motoras, cognitivas, emocionais e psicoafetivas demonstrando uma interação desses fenômenos e as experiências humanas.

Existe um novo paradigma:- no século XIX, o cérebro era definido como a “morada” da alma, para, no século XXI, ser definido como o local do *self*, o si-mesmo, como centro organizador das experiências. Com novas possibilidades de análise de antigos objetos de observação surgem dúvidas sobre a existência de um cérebro “normal”. Surge o conceito de neurodiversidade que concebe desenvolvimentos neurológicos “atípicos” como uma diferença humana a ser aceita.

Ortega⁶⁵ (2007, p.1) observa um fato atual de suma importância: “De órgão a ator social, o cérebro humano é cada vez mais percebido como aquilo que nos define”. Percebido mais do que como um órgão, mas um ator social, o cérebro humano é alvo de especulações de toda sorte, sendo sua atividade associada a todos os aspectos da vida, com propriedades e autoria das ações que definem o sujeito.

O que se atribuiu à pessoa, ao indivíduo, ao sujeito tem no cérebro sua resposta como uma estrutura indispensável para a existência do *self*, para definir a pessoa, a individualidade. Surge o “sujeito cerebral”. A relevância do conhecimento do cérebro, que reorganiza o seu próprio debate criou e desenvolve a neurociência em um ritmo acelerado. Ortega (2009, p.1) comenta aspectos que contribuem para a discussão:

Como assinala Fernando Vidal, o sujeito cerebral pressupõe o que o historiador das ciências do cérebro Michael Hagner denominou “homo cerebralis”. Essa expressão captura a transformação do cérebro ao longo do século XIX de local da alma para órgão do *self*. A noção do sujeito cerebral também implica a ideia de que o ser humano depende de maneira crucial do sistema nervoso - o que o neurocientista francês Jean-Pierre Changeux chamou "homem neuronal".

A história cultural para a definição de morte conta a trajetória da discussão sobre a vida. O critério de morte baseada na cessação das funções cardiorrespiratórias, isto é, cessação do batimento do coração e da respiração tornou-se precário diante do avanço tecnológico médico com aparelhos que poderiam substituir essas funções. O cardiocentrismo foi abandonado na maioria das sociedades e surgiu a necessidade de um novo critério de morte, levando em conta a análise filosófica, jurídica, religiosa, política, ética e sociológica.

Historicamente, poderíamos falar no surgimento do conceito do ser humano como sujeito cerebral quando, em 1968, foram estabelecidos os critérios médicos para o diagnóstico de morte cerebral a partir de estudos realizados pela Escola Médica Americana de Harvard.

⁶⁵ORTEGA, Francisco– professor titular do Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. Psicólogo e doutor em filosofia pela Universidade Bielefeld da Alemanha.

O conceito de morte cerebral define a morte da pessoa, não a morte do organismo, e corresponde a um estado irreversível de completa ausência de consciência com a cessação das funções cerebrais. Sabe-se que o tronco encefálico é a estrutura que, sendo atingida, leva à morte cerebral. Este fato sugere a substituição do termo morte cerebral por morte do tronco encefálico. As implicações das discussões em torno do surgimento da figura antropológica do “sujeito cerebral” trazem consigo a pergunta: o que nos define como humanos? Ortega (2007) chama “de sujeito cerebral” a figura antropológica que incorpora a ideia de que o ser humano é essencialmente reduzível ao seu cérebro. Este processo de surgimento do sujeito cerebral pode ser remontado ao século XVII com uma teoria, a frenologia, que relacionava características externas do crânio com habilidades e características do caráter do indivíduo.

Os conhecimentos científicos mostraram o equívoco destas afirmações que perduraram por mais de duzentos anos. Na segunda metade do século XIX era conhecida a relação entre funções mentais e regiões do cérebro. O antropólogo e médico Paul Pierre Broca, em 1861, fez a primeira descrição de uma área funcional do cérebro, a área da expressão da linguagem, que ficou conhecida como área de Broca. Uma vez lesada esta área, ocorre a perda da capacidade de expressar o pensamento. Logo após, o médico alemão Carl Wernicke descreveu outra área relacionada com a capacidade de interpretar e associar informações que, quando lesada, leva à perda da capacidade de compreensão da linguagem. A partir daí, os conhecimentos relacionados com o funcionamento cerebral se desenvolveram muito.

Um neurocientista que causou polêmica com suas pesquisas foi Antônio Damásio⁶⁶. Observando o comportamento de centena de doentes com lesões no córtex pré-frontal seus estudos têm sido importantes para o conhecimento das bases cerebrais da linguagem e da memória. Mais que suas pesquisas suas publicações abordam temas filosóficos e científicos difíceis. Em entrevista à Revista de Filosofia Crítica concedida a Murcho⁶⁷ (2000 S/P) Damásio diz:

Para mim o problema da consciência foi sempre importante e interessante. Na altura em que estava a fazer a investigação que conduziu ao *Erro de Descartes* a questão que eu considerava mais vexante em matéria de ciência

⁶⁶ DAMÁSIO, António Rosa - médico neurologista, neurocientista português que trabalha nos estudos do cérebro e das emoções humanas. Atualmente é professor de Neurociência na *University of Southern California*.

⁶⁷ MURCHO, Desidério - filósofo, professor e escritor português. Licenciado em Filosofia em 1992 pelo Departamento de Filosofia da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Mestre em Filosofia da Linguagem e da Consciência (2000) pela mesma instituição. É membro fundador do Centro para o Ensino da Filosofia da Sociedade Portuguesa de Filosofia. Professor da Universidade Federal de Ouro Preto, MG.

era o fato de ser difícil compreender — no que dizia respeito especificamente às emoções — como é que se sabe que se tem uma emoção. Há um capítulo no *Erro de Descartes*⁶⁸ em que eu me refiro a esse problema, dizendo que julgo compreender como funcionam as emoções e que julgo compreender em parte como funciona o sentimento, do ponto de vista neurobiológico, mas não consigo compreender como é que sei que tenho uma emoção ou um sentimento. E esse parece-me ser um problema crítico.

A pessoa definida como “sujeito cerebral” seria caracterizada pela propriedade da “cerebralidade”, isto é, a pessoa seria um cérebro e não apenas teria um cérebro. Existe a crença de que os seres humanos, em sua essência, são redutíveis aos seus cérebros dentro do que Ortega (2007) chama de “neurocultura”. Ortega (2007, p. 2) acena para um fato relevante:

Após mais de uma década de rápido crescimento da discussão a respeito do impacto social das neurociências, termos como “cerebralidade” e “sujeito cerebral” podem auxiliar a conectar processos sociais, representações culturais, desenvolvimentos científicos, e desenvolvimentos em medicina, filosofia, educação, mídia e outros campos, que historiadores, filósofos, antropólogos e sociólogos têm estudado a partir de suas próprias perspectivas.

Ortega (2007, p.2) propõe reflexões necessárias sobre essas discussões acerca do cérebro que passa a ocupar um lugar privilegiado na representação da individualidade e subjetividade em termos corporais. A ideologia do “sujeito cerebral” faz surgir a ginástica cerebral, a programação neurolinguística como forma de nos melhorar ou modelar a pessoa. A ficção literária apresenta a possibilidade da imortalidade na continuação do cérebro, que nunca envelhece por ter as qualidades da alma, imaterial. “Neuroprodutos” surgem num crescente mercado que oferece livros de autoajuda cerebral com promessas de desenvolvimento de áreas cerebrais que melhorariam a memória, o raciocínio, evitariam a depressão e até mesmo levariam a alcançar a felicidade. A generalização poderia levar a crer que todo problema humano é neurológico.

A hominização diferenciou o humano atual dos primatas. Nos dizeres de Paulo Freire⁶⁹, em palestra proferida maio de 1997:

⁶⁸ “O Erro de Descartes” é um livro escrito por António Damásio. *O Erro de Descartes: Emoção, Razão e o Cérebro. Humano*. Editora Companhia das Letras; SP, 1996. O autor discute o fato de que as emoções são indispensáveis para a vida racional, tornando cada um único e diferenciado. Aponta a separação entre mente e corpo, o dualismo cartesiano e o método mecanicista como alguns “erros” de Descartes. Propõe uma abordagem integrativa das emoções e da razão. (GIUGLIANO, 1997).

⁶⁹ FREIRE, Paulo Reglus Neves - Educador e filósofo brasileiro.

A concepção humanista e libertadora da Educação, ao contrário, jamais dicotomiza o homem do mundo. Em lugar de negar, afirma e se baseia na realidade permanentemente mutável. Não só respeita a vocação ontológica do homem de ser mais, como se encaminha para esse objetivo. Estimula a criatividade humana. Tem do saber uma visão crítica: sabe que todo o saber se encontra submetido a condicionamentos histórico-sociológicos. Sabe que não há saber sem busca inquieta, sem a aventura do risco de criar. Reconhece que o homem se faz homem na medida em que, no processo de sua hominização até sua humanização, é capaz de admirar o mundo.

A humanização refere-se à aquisição de características humanas consideradas positivas, quer individualmente ou por um grupo de pessoas. Discussões filosóficas são necessárias para a reflexão em face do que vem se desenvolvendo: o homem é humano? O homem pode se tornar humano? Quem é este homem humano? Seria ele regido pela razão de um cérebro evoluído? Que razão? A que transcendente ou a racionalidade positivista? Desejaria o homem ser humano ou teria pendores para se tornar um deus?

A história da criação do homem na mitologia grega e na narração bíblica mostra o homem que desafia a divindade suprema ao se apossar do fogo ou comer o fruto da árvore do conhecimento. Persistiria o homem, deste então, neste desafio? Ou mais, seria Deus mais uma criação do cérebro humano como sugere, provocativamente, Saramago⁷⁰ (2009, p. 1), em entrevista ao *Jornal Estadão*:

Deus não existe fora da cabeça das pessoas que nele crêem. Pessoalmente, não tenho nenhuma conta a ajustar com uma entidade que durante a eternidade anterior ao aparecimento do universo nada tinha feito (pelo menos não consta) e que depois decidiu sumir-se não se sabe para onde. O cérebro humano é um grande criador de absurdos. E Deus é o maior deles.

São questões em aberto que buscam possíveis respostas. Na procura de um ponto que integre homem e cérebro propõe-se o ser humano integrado por um complexo cérebro-mente. Ultrapassar as concepções reducionistas e naturalistas que se desenvolvem em torno das neurociências é uma questão relevante como uma busca no entendimento da dimensão humana da vida, do que é ser humano.

A razão do complexo cérebro-mente aparece como busca de um novo paradigma que entende o ser humano em seu valor real, um Ser com a razão de viver. É uma condição em que o conhecimento é o objeto de análise da razão, que por meio da exploração da realidade,

⁷⁰ SARAMAGO, José de Souza - um escritor, argumentista, jornalista, dramaturgo, contista, romancista e poeta português.

do mundo das coisas e das próprias ideias levam ao conhecimento que possibilita a análise da correspondência da ideia e da coisa.

Tornar-se humano é apropriar-se daquilo que é exclusivo de sua espécie, desde que cada espécie é, por definição, exclusiva. Dentre as características exclusivas dos seres humanos estão a linguagem, a existência social, a consciência de si e dos outros. Aspectos filosóficos estarão sempre implícitos nestas discussões a respeito das relações cérebro-mente. Seria a mente humana um subproduto do seu cérebro ou seria muito mais ampla que este. O que se pode inferir é que os processos mentais cognitivos são características evoluídas e essenciais do ponto de vista de adaptação dos seres humanos.

O bebê humano tem um período relativamente longo de amadurecimento de suas funções mentais na trajetória de se tornar uma pessoa. Neste período ele solicita cuidados de outras pessoas. Para alcançar o equilíbrio entre direitos e deveres, o ser humano vai passar um desenvolvimento mental que o tornará capaz de assumir responsabilidades conforme sua cultura. A passagem para a vida adulta não é consenso geral e pode ter ritos e passagens simbólicas que não significam um tempo real, com variações nas diversas culturas. A reorganização estrutural e mental, como sabemos, pode ser estimulada e desenvolvida. Segundo Rose (2006, p. 130):

Teorias de sistemas de desenvolvimento apontam para o fato de que a autonomia é exatamente o que não pode acontecer. O desenvolvimento acontece dentro de um contexto; o organismo em desenvolvimento não pode estar divorciado do ambiente no qual se desenvolve.

O que se percebe é que o cérebro inicia seu desenvolvimento com habilidades gerais de processamento de informações, torna-se capaz de extrair significados das informações, passa à elaboração de representações internas e mentais para desenvolver representações simbólicas. As áreas cerebrais responsáveis por estas funções, durante o desenvolvimento e no contexto sociocultural tornam-se cada vez mais específicas até atingir a maturidade da idade adulta. Rose (2006, p. 135) comenta:

As últimas décadas assistiram a uma grande proliferação desses estudos, lançando em gráfico o crescimento e as competências de bebês desde alguns minutos pós-natais até a puberdade. Entretanto, é difícil correlacionar essas mudanças com a maturação do cérebro, mesmo que se considere a crescente disponibilidade de janelas relativamente não invasivas para o cérebro.

O nascer é uma experiência traumática para o bebê humano que deixa um ambiente relativamente estável em relação à temperatura, nutrição e proteção. O ambiente externo é hostil e exige adaptações e apresenta riscos iminentes para a vida. Após o nascimento os estímulos bombardeiam o bebê que tem suas vias sensoriais aptas a recebê-los, com o córtex sensorial inapto para interpretá-las e sem capacidade de resposta porque todo o sistema motor está por se desenvolver.

Transformar as sensações em percepções demanda tempo de maturação por meio da experiência e do treino que tem por base a mielinização das vias de transmissão e das áreas cerebrais específicas. Assim o cérebro estará apto a aprender com os *inputs* o significado do estímulo recebido como também associar os diversos *inputs*. Muito cedo surgirão, no ser humano, recursos para a comunicação e a interação social. Do riso, do choro à linguagem pré-verbal até comportamentos elaborados, o ser humano caminha para ser pessoa. Até se tornar autônomo, o bebê humano exige muitos cuidados. Socializar-se é um aprendizado de interação com base no desenvolvimento da teoria da mente⁷¹.

Quando fazemos a inferência do que se passa na mente do outro utilizamos a habilidade da teoria da mente, o que não significa nos colocarmos no lugar do outro. É a capacidade de criar um modelo abstrato de como acreditamos que a mente do outro funciona para tentarmos entender como o outro se sente, mesmo que nunca tenha passado por aquela experiência.

Para o ser humano, ter um cérebro e ser uma mente pode significar ter emoções, mas também sentimentos; ter funções mentais, mas também ter intencionalidade, personalidade, subjetividade, consciência. Estamos perto de poder dizer que a inteligência não necessita de um cérebro e pode ser criada num laboratório de informática e ir morar num computador ou em um robô. O cérebro humano não tem independência do corpo e vive com a glicose e o oxigênio que dele vem. O corpo é que lhe propicia a maior parte dos estímulos necessários à suas atividades.

A corporeidade da pessoa se define por sua capacidade em sentir e fazer uso do seu corpo como ferramenta útil para manifestação das intenções da mente e sua interação com o mundo. Existe uma imagem corporal como conceito que cada pessoa tem de partes e de todo o seu corpo. O reconhecimento da posição do corpo no espaço e em relação a outros objetos

⁷¹ A teoria da mente se refere á capacidade para se atribuir estados mentais a outras pessoas e prever os comportamentos possíveis das mesmas. O termo teoria foi utilizado por haver o envolvimento de um sistema de inferências que não podem ser observados diretamente.

cria uma imagem que poderá ser influenciada pelo ambiente que vivemos e seus enfrentamentos. Uma imagem corporal bem formada é passo importante na aquisição de outras habilidades psicomotoras e para o desenvolvimento de um bom autoconceito. A consciência do esquema corporal é necessária para a interação do corpo consigo mesmo e com o meio ambiente. O desenvolvimento normal do esquema corporal se relaciona com o desenvolvimento normal da motricidade, das percepções de espaço/tempo e da afetividade.

A discussão desse capítulo pretende trazer subsídios da sociologia e da antropologia do ponto de vista da neurociência podem contribuir para se encontrar caminhos que levem a educação do século XXI. Os processos educativos em todos os seus aspectos práticos e teóricos têm influências de diversos fatores sociopolíticos e pedagógicos. Contextualizar o aprender, como ensinar, avaliar e compreender o sistema educacional como um todo exige do professor uma contínua atualização. Como chegamos ao sujeito que somos neste mundo? Que sujeitos serão formados pela nossa ação educativa?

São muitos os desafios do educador para obter bons resultados em prol da humanidade. Sujeitos mais humanizados construindo o ser humano humanizado. Através da educação, como religadora da subjetividade e a corporeidade, da mente e o cérebro, o professor tem a responsabilidade com o ser humano a caminho de sua humanização. Educação de qualidade implica em formação de professores competentes e proporcionar ao aluno acessos aos conhecimentos necessários para torná-lo um cidadão pleno.

2. A NEUROCIÊNCIA NA EDUCAÇÃO: A evolução dos conceitos sobre o cérebro e o processo de aprendizagem.

Pesquisas no sentido de se avaliar a contribuição da neurociência na pedagogia, na psicopedagogia e na educação de modo geral estão sendo apresentadas sob as óticas diferenciadas do neurocientista, do psicólogo e do pedagogo. Esse é um aspecto interessante da situação atual, em que não se busca uma nova teoria da educação científica, mas a compreensão científica da educação.

A neurociência, definida como o conjunto de ciências envolvidas no estudo do sistema nervoso, especialmente do cérebro humano, tem por base a interdisciplinaridade. A educação, como arte em construção, é o eixo central da interdisciplinaridade desta pesquisa que pretende abordar os conhecimentos sobre o ser humano, em sua diversidade, na visão filosófica, antropológica, social, psicológica, biológica e neurológica. Cosenza (2011, p.7) descreve sua experiência prática ministrando cursos sobre os aspectos das neurociências relacionados aos processos de aprendizagem e da educação:

Educadores- professores e pais- assim como psicólogos, neurologistas ou psiquiatras são, de certa maneira, aqueles que mais trabalham com o cérebro. Mais do que intervir quando ele não funciona bem, os educadores contribuem para a organização do sistema nervoso do aprendiz e, portanto, dos comportamentos que ele apresentará durante a vida. E essa é uma tarefa de grande responsabilidade! Portanto, é curioso não conhecerem o funcionamento cerebral.

A tecnologia de neuroimagem tem apresentado resultados interessantes para a interpretação não somente da anatomia, mas do funcionamento do cérebro humano em tempo real. 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.

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. Muito se discute sobre como as pessoas aprendem, mas pouco sobre como elas são ensinadas.

Não se tem a intenção de defender ou se posicionar a favor ou contra linhas de pesquisa, correntes filosóficas ou teorias educacionais, mas sim de encontrar bases científicas

que possam contribuir para a compreensão dos processos educacionais em relação à aprendizagem e à formação do professor.

Uma proposta vem crescendo e se constituindo num campo de intersecção e de trânsito para a educação e a neurociência, a neuroeducação. Promover o encontro do cérebro, da mente e da ciência da educação é a visão apresentada no ensaio acadêmico por Zaro⁷² et al (2010, p 202):

[...] ressaltando que os neurologistas se ocupam disto por meio do cérebro, enquanto os psicólogos se debruçam sobre a mente, o que, certamente, para qualquer um que se mantenha em uma razoável distância crítica do tema, aponta para questões complementares e não antagônicas. Uma destas questões seria, por exemplo, buscar explicações sobre o papel das emoções no aprendizado, nos processos de tomada de decisão e nas várias possibilidades de motivação dos alunos para o aprendizado. Já para os educadores, estas informações seriam usadas para melhorar suas práticas em sala de aula. Poderiam, por exemplo, aproveitar o conhecimento já consolidado sobre as mudanças neuronais que ocorrem no cérebro, durante o aprendizado (área de pesquisa das neurociências) e as técnicas e métodos de observação e documentação dos comportamentos observáveis (área de pesquisa da psicologia) para fundamentar de forma consistente e verificável a eficiência de tais práticas.

O desenvolvimento da pesquisa integrada na neuroeducação, com padrões e metodologias próprias, envolve a pedagogia, a psicologia e a neurologia, além de outras áreas relativas às tecnologias educacionais. A neuroeducação pode ser o campo de mudança de paradigma no processo ensino-aprendizagem que se deseja para a educação ao longo da vida toda da pessoa.

Programas de pesquisas são desenvolvidos nas tradicionais instituições acadêmicas norte-americanas, como as Universidade de Harvard, John Hopkins e do Texas, além de outras instituições privadas, como a Fundação Dana estão envolvidas no tema neuroeducação, com crescente interesse de educadores, que buscam compreender como a neurociência pode afetar a sua profissão. (MEHTA 2009, ZARO, 2010).

A dificuldade em idealizar e realizar estudos que envolvam crianças em idade escolar pode explicar a demora em transformar a realidade da sala de aula a partir dos laboratórios de pesquisa. Zaro (2010) analisa as duas vertentes das pesquisas em neuroeducação:

⁷² ZARO, Milton Antonio, Programa de Pós-Graduação em Neurociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

- A primeira, voltada para o estudo de condições específicas de desenvolvimento que podem gerar problemas na aprendizagem, como dislexia e autismo.
- A segunda, voltada para a compreensão de como o cérebro funciona e se desenvolve.

As duas são relacionadas e podem produzir conhecimentos que ajudem o aluno a aprender e também possam esclarecer situações específicas do processo ensino-aprendizagem. A neuroeducação, a ciência da educação, vem se consolidando nos últimos anos, principalmente nos Estados Unidos, como um campo multidisciplinar de conhecimento e de atuação profissional, nas áreas de docência e da pesquisa educacional, como afirmam Hardiman⁷³ e Denckla⁷⁴ (2009).

2.1 A história da neurociência

A medicina científica é consequência da sociedade moderna. Um breve histórico recupera elementos fundamentais para que se compreenda o momento atual. As origens devem ser lembradas e alguns eventos são ensaios que prenunciam o novo. Assim podemos compreender os progressos da medicina até os dias atuais. Nas culturas primitivas misturavam-se religião, medicina, magia levando a uma compreensão das doenças como consequência de entidades, feitiços.

A medicina ocidental tem origens gregas que buscou explicações físicas e psíquicas fora da magia e da intuição do homem primitivo. O conceito de doença e doente se desenvolve na Grécia antiga juntamente com a filosofia e a ciência. Segundo descreve Gomes⁷⁵ (1997, p. 1):

Da Grécia Antiga, vêm os primórdios da filosofia e das ciências, e o conceito de doença foi influenciado pela filosofia. Vários filósofos gregos tinham grande interesse pela medicina e aplicavam suas teorias também nelas. Platão (429-348 A.C.) formulou o conceito do “universal”, quando ele acreditava que as ideias universais expressavam a realidade, enquanto os objetos individuais não. Aristóteles (384-348 A.C.) não acreditava na

⁷³ HARDIMAN, Mariale - reitora interina da Universidade decano assistente e chefe do Departamento de Estudos Interdisciplinares da *Johns Hopkins School of Education*.

⁷⁴ DENCKLA, Martha Bridge - diretora do Departamento de Neurologia do Desenvolvimento Cognitivo no Instituto Kennedy Krieger e professor de neurologia, pediatria e psiquiatria e ciências comportamentais na Universidade *Johns Hopkins School of Medicine*. A pesquisa da Dra Denckla e publicações incluem o estudo das bases biológicas para a aprendizagem e transtorno de déficit de atenção (TDAH) em crianças de inteligência normal ou acima da média.

⁷⁵ GOMES, Marleide da Mota - professora adjunta da Faculdade de Medicina da UFRJ. Mestre e Doutora em Medicina (Neurologia) pelo Instituto de Neurologia Deolindo Couto da UFRJ. Livre-docente de Medicina (Neurologia) pela Universidade Gama Filho, RJ.

concepção do universal sem que houvesse a experiência e a participação dos sensórios, da vivência individual. Aristóteles aplicou à ciência em geral o método de observação de Hipócrates (+- 460-377 A.C.). A filosofia médica hipocrática se firmou e viveu por meio da grande influência do macedônio Aristóteles, pai da biologia.

Duas concepções filosóficas mais importantes das ciências se embasam nestes filósofos: - a de base racional, platônica, mais teórica foi desenvolvida pela escola médica de Cnidos⁷⁶ e a de base empírica, aristotélica, pragmática se desenvolveu na escola médica de Cós⁷⁷.

A escola aristotélica influenciou a mentalidade prática dos romanos, por sua base empírica e pragmática. Um nome importante na medicina ocidental, Galeno (131-201 a.C), foi muito influenciado pelo pensamento aristotélico e influenciou a ciência médica ocidental por mais de um milênio. Muitas de suas experiências apoiam conceitos atuais sobre o funcionamento cerebral no controle do movimento. Autor da obra *O melhor médico é também um filósofo*, propõe que a prática médica deve ser embasada no conhecimento teórico na filosofia. Era um tempo de disputas entre os médicos racionalistas das ideias platônicas e os empiristas das ideias aristotélicas que Galeno construiu uma fundamentação complexa, mesclando essas duas vertentes e utilizando a observação direta da dissecação e da vivissecção como fundamentação da prática médica.

Galeno contribuiu com pesquisas em anatomia, fisiologia, patologia, propedêutica e terapêutica. Descreveu a circulação arterial e reconheceu grande parte do sistema nervoso periférico, sendo o primeiro a demonstrar o rim como responsável pela excreção da urina. A origem grega antiga da medicina ocidental moderna se soma aos conhecimentos das culturas eurásicas e eurafricanas que também são origens de grandes pensadores da humanidade como afirma Gomes (1997, p. 2):

Há de se ressaltar que a origem da medicina moderna é jônica e oriunda das complexas culturas eurásicas e eurafricanas que, na mesma época, forneceram grandes pensadores precursores da humanidade: Zoroastro (625-551 A.C.), Confúcio (551-479 A.C.) Buda (563-483 A. C), Tales de Mileto (625-547 A.C.), Pitágoras (582-500 A. C.).

A medicina de Esculápio, dos gregos antigos, viveu uma inércia na Idade Média, na qual o pensamento cristão católico de um modo geral encontrava no sofrimento um alívio

⁷⁶ Cnidos, cidade situada na costa ocidental da Ásia Menor. Nicômaco, pai do filósofo Aristóteles, e Filistion foram seus médicos mais conhecidos.

⁷⁷ Cós, cidade de uma ilha com o mesmo nome da região. Hipócrates de Cós é o médico de maior expressão e a quem a tradição atribui a elevação da Medicina à categoria de "arte".

para a humanidade. Os conceitos de Aristóteles e Galeno sobreviveram na Pérsia e foram trazidos para a Itália por Avicena (980-1037), por meio de traduções árabes.

Um novo impulso nas ciências médicas veio com a difusão do papel e da imprensa no fim da Idade Média. A permissão papal em 1478 liberou o estudo anatômico por dissecação de cadáveres humanos e, conseqüentemente, impulsionou a medicina científica. Novas ideias procuravam explicar e justificar os fenômenos nos seres vivos por meio da química, da física e da matemática. Era o tempo do Renascimento de René Descartes (1596- 1650), Vesalius (1514-1564) e da Revolução Científica. Podemos identificar neste período os primórdios da neurociência.

Leonardo da Vinci (1452-1519) pintou as cavidades cerebrais identificadas como ventrículos cerebrais. O empirismo científico era defendido pelo filósofo e estadista Francis Bacon (1561-1626), assim como pelo médico e filósofo John Locke (1632-1704). Apesar da forte corrente empirista, as ideias do racionalismo clássico de Descartes influenciaram muito mais as ciências e o princípio da fragmentação do saber influenciou a medicina.

No século XVIII, a medicina dispunha de recursos para transpor a experiência e chegar à experimentação com estudos sistematizados pela observação anatomoclínica e anatomopatológica. A neuropatologia moderna tem bases neste período em que a “doutrina dos humores” dá lugar à patologia de órgãos, considerando que as doenças podem ser identificadas no órgão atingido e em tecidos específicos. A neurofisiologia teve seus fundamentos com Magendie (1781-1826). A teoria celular foi mencionada por Robert Hooke (1635-1703), mas Schwann (1810-1882) foi quem reconheceu que todo organismo é formado por células. Claude Bernard (1813-1878) definiu a célula como uma unidade funcional.

No século XIX, foram identificadas drogas com ação no sistema nervoso central, desenvolvendo a anestesia geral. No século XX, a ciência teve um desenvolvimento rápido pelo avanço tecnológico. Em relação ao estudo do cérebro foram os exames de imagem que evoluíram significativamente. Os primeiros aparelhos de tomografia computadorizada do cérebro são dos anos 70 e mostravam imagens cerebrais de difícil interpretação pela deficiência de qualidade. Os aparelhos de tomografia de última geração mostram imagens de estruturas cerebrais bem fidedignas e de excelente qualidade. No entanto, são os exames de imagem funcional, em tempo real, que vêm chamando a atenção da neurociência. É possível observar o funcionamento cerebral durante uma atividade intelectual ou motora e definir qual área está em funcionamento.

Estes exames, chamados de ressonância magnética funcional ainda não têm a confiabilidade necessária, alardeada como existente, de que estaria examinando mecanismos

intrínsecos do funcionamento cerebral. Como toda novidade científica, deve passar pelo crivo da bioética. Os avanços da informática têm causado impacto na neurociência com a robótica e a neuroprótese. A interface computador e cérebro (ICC) ⁷⁸ têm resultados promissores. É uma técnica recente que promete ampliar os recursos não somente da reabilitação, mas de todas as pessoas. A utilização destes recursos na Educação e na pesquisa educacional ainda é restrita, assim como os recursos da informática e das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC, s) que estão disponíveis há mais tempo.

2.2 Da Idade Antiga à contemporaneidade: o que se pensou sobre o cérebro na história da Medicina

Gomes (1997) conta a história do conhecimento do cérebro por meio de registros históricos. Segundo a autora, os primeiros registros sobre o cérebro estão nos papiros cirúrgicos datados de 2500 a.C., no antigo Egito. Segundo Carter (2003) o primeiro mapa conhecido do cérebro encontra-se no papiro egípcio descoberto em 1862 com data provável entre 3.000 a 2.500 a.C.

Algumas funções do cérebro eram reconhecidas e se sabia ser possível a repercussão à distância de lesões no sistema nervoso. A anatomia do cérebro foi estudada por Herofilus (335-280 a.C.), que o considerou como a sede da inteligência. O termo neurônio, nesta época, não distinguia o ligamento ou o nervo. No século II d. C., Areteus da Capadócia identificou um conceito básico em neurologia:- as lesões cerebrais de um lado causam paralisias contralaterais no corpo.

Os gregos acreditavam que o coração produzia o espírito vital e as artérias distribuía-no. Galeno⁷⁹ associou este conhecimento à teoria da circulação pulmonar para explicar como o coração obtinha o vapor essencial para o espírito vital. (GOMES, 1997). Por muitos séculos e até bem recente haveria este misto de explicações científicas e filosóficas, um tanto místicas, para fenômenos complexos do organismo humano, particularmente o cérebro. Como diz Marino Jr⁸⁰ (2005, p.19)

⁷⁸ A interface cérebro-computador (ICC) é uma técnica que utiliza sinais elétricos que podem ser detectados no couro cabeludo, da superfície cortical, ou de áreas subcorticais cerebrais. Estes sinais são utilizados para ativar dispositivos externos tais como computadores, interruptores ou próteses. Já são utilizados em amputados, cegos, surdos e com doenças que debilitam a musculatura.

⁷⁹ GALENO Claudio –médico e filósofo romano de origem grega do período romano no século I a.C.

⁸⁰ MARINO JUNIOR, Raul– professor titular de neurocirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade de S. Paulo e também um profundo estudioso de teologia e da história das religiões.

O mais interessante é que desde Aristóteles, na Antiguidade, e durante toda a Idade Média, até os ensinamentos de Galeno fossem abandonados no século XVII, pensava-se que as cavidades cerebrais – seus quatro ventrículos – fossem responsáveis pelas funções superiores do cérebro, pois continham os espíritos, enquanto o parênquima cerebral servia apenas de suporte a essas funções.

A anatomia do sistema nervoso e do cérebro foi sendo dissecada pelos séculos XVII, XVIII e XIX. No século XIX, é que foi possível associar a observação anatômica e a fisiologia originando a neurofisiologia. Da aparente ingênua concepção grega do espírito animal, os conhecimentos foram se completando e tomando forma científica para que se compreendesse que substâncias liberadas pelo neurônio participavam da neurotransmissão.

Até o século XVII, as funções mentais eram atribuídas às cavidades ventriculares do cérebro. A ideia aristotélica do coração como centro do pensamento retornou na Idade Média com uma disputa entre cérebro e coração como o órgão responsável pelas funções mentais.

René Descartes⁸¹, segundo Gomes (1997), influenciou por muitos séculos a neurociência ao defender a ideia de que a mente seria separada do corpo, e que a glândula pineal os conectava. Ele via a glândula pineal como a sede da alma, o que foi admitido como existindo somente nos seres humanos. Grandes nomes, dentre eles Santo Agostinho (354-430) consideraram os ventrículos cerebrais e a glândula pineal como importantes estruturas para a alma. O que se sabe hoje sobre estas estruturas não cabe nestas concepções filosóficas.

No século XIX, conhecia-se a atividade elétrica do sistema nervoso e, particularmente, do cérebro. O médico russo Ivan Petrovic Pavlov (1849-1936) criou a concepção de condicionamento cortical cerebral e dos reflexos condicionados que conduziram a demonstração da relação entre comportamento e o funcionamento do sistema nervoso, fortalecendo a psicologia behaviorista. Neste mesmo período, Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) desenvolveu a teoria neuronal, de grande importância para a neurociência. Foi um período rico em produção de conhecimento da neurociência, clareando as funções do cérebro com a contribuição de pesquisadores que deixaram seus nomes gravados na história.

O positivismo ditou, principalmente na segunda metade do século XIX, os contornos da neurologia científica, como ela é conhecida atualmente. A racionalização da relação estrutura neural e função nervosa deu à neurologia prestígio social, projetando o cérebro como um órgão fundamental à existência humana, principalmente com o desenvolvimento da neuropsiquiatria. O reconhecimento histórico é de que a cultura grega foi que primeiro

⁸¹ DESCARTES, René (1596-1650) é considerado o fundador da filosofia moderna e um dos mais importantes e influentes do pensamento ocidental.

atribuiu ao cérebro a capacidade de originar o pensamento. A interpretação de Aristóteles privilegiava o coração como o centro do pensamento; Platão apontava o cérebro como o centro. O cristianismo trouxe o conceito de que o pensamento teria como base a alma e que o coração seria mais influente sobre o corpo humano, conceito que permanece até a atualidade no senso comum. Carter⁸² (2003, p.16) descreve uma das teorias que orientou o estudo do cérebro no século XIX, a frenologia de Franz Gall:

Se você colocar um dedo na sua nuca e o mover para cima e para fora, encontrará uma saliência formada pela base do seu crânio. Apalpe um pouco para senti-la. De acordo com Franz Gall, o fundador da frenologia, essa protuberância marca o local do Órgão da Amorosidade, “a faculdade que dá origem à sensação sexual”. Agora deslize o dedo cerca de 2,5 centímetros para cima, em direção ao topo da cabeça. Você está passando sobre o Órgão da Combatividade.

Uma metodologia de cientificidade duvidosa, mesmo para o século XIX, perdurou por quase 200 (duzentos) anos como explicação para a localização das funções cerebrais por meio da leitura de saliências cranianas. Somente no final do século XIX é que esta teoria foi derrubada com a descoberta de áreas cerebrais correspondentes a funções. Usando estimulação elétrica e lesões em cérebros de animais se pôde correlacionar, cientificamente, qual parte do cérebro fazia o quê, ou que comportamento se associava a determinadas lesões.

Foi no final do século XIX, a descrição feita por Pierre Paul Broca da área relacionada com a expressão da linguagem na região frontal esquerda. Algumas décadas depois, o médico alemão Carl Wernicke identificou a área de compreensão da linguagem na região parieto-temporal esquerda. Acreditava-se que haveria módulos de funcionamento cerebral. Foi um período de muita investigação com a intenção de se mapear o cérebro. Um dos mapas cerebrais mais minuciosos foi realizado por Korbinian Brodmann. Cerca de cem anos depois de sua descrição, as áreas corticais descritas por Brodmann⁸³ ainda constituem a base para a localização funcional no córtex cerebral e são citadas na citoarquitetura da organização do córtex cerebral humano.

Segundo Carter (2003, p.18) este período ficou conhecido com a ‘teoria modular do cérebro’. Esta teoria deu lugar à teoria da ‘ação em massa’ do cérebro, na qual se credita o comportamento complexo à ação de todas as células cerebrais trabalhando juntas. O século XX deixou uma cicatriz na história da neurociência.

⁸² CARTER, Rita - escritora especializada em Medicina com contribuições importantes ao jornalismo médico.

⁸³ Área de Brodmann é um sistema de organização da citoarquitetura do córtex cerebral dividindo as regiões do cérebro em áreas que são numeradas de 1 a 52.

Em 1935, o neurocirurgião português Egas Moniz⁸⁴ tratou pacientes psiquiátricos, com uma cirurgia tecnicamente simples de cortar as fibras que conectam o lobo frontal com o restante do cérebro, para que ficassem mais dóceis. Esta cirurgia, no entanto, foi utilizada para patologias mentais sem critérios, deixando uma enorme população de indivíduos meio-vivos com embotamento afetivo e um mal-estar no meio médico em relação à psicocirurgia. Somente em 1960 a revolução farmacológica teve seu início com o surgimento dos medicamentos antipsicóticos e antidepressivos.

Como já dito anteriormente, a década de 90 do século XX ficou marcada como a “década do cérebro”. Uma preocupação do governo norte-americano com a frequência e a gravidade das doenças neurológicas desencadeou um projeto de aplicação de verbas em pesquisas em neurociência. Em pouco tempo esta ideia se propagou e envolveu órgãos internacionais e diversos países.

Para Rose (2006, p. 11) “Afora as designações formais, a imensa expansão das neurociências que teve lugar nos últimos anos levou diversas pessoas a sugerir que os primeiros dez anos deste novo século deveriam ser declarados “a década da mente”.” Esta é a nova fronteira da neurociência.

O cérebro do homem do século XXI tem estudos avançados com o auxílio de tecnologia de ponta para estudo em tempo real por meio de exames de imagem. Até chegar ao estágio atual, o desenvolvimento de cérebros grandes como o do ser humano, exigiu diversas adaptações. Para conter este cérebro foi necessário o desenvolvimento de um esqueleto ósseo compatível em termos de tamanho e de distribuição de peso, além do ajuste biomecânico. O desenvolvimento evolucionário iniciado nos anfíbios, passando pelos répteis e chegando aos mamíferos tem no desenvolvimento do lobo frontal o seu ponto máximo. O capítulo seguinte pretende avançar nesta discussão, considerada necessária para que se compreenda o estágio atual da neurociência.

⁸⁴ MONIZ, Antonio Egas – neurocirurgião português, Nobel de Fisiologia e Medicina em 1949.

3. NEUROCIÊNCIA, EDUCAÇÃO E APRENDIZAGEM

Este estudo buscou nos capítulos anteriores as bases da neurociência discutindo o desenvolvimento cerebral, o complexo cérebro/mente em operação, o crescente interesse pelo estudo da mente humana, a transformação antropológica do cérebro como um órgão do corpo humano a ator social, uma estrutura indispensável para a existência do *self*, da individualidade, do sujeito. Tecendo a história da neurociência se pretendeu recuperar discussões necessárias para se compreender o momento atual dos estudos sobre o cérebro humano. Compreender como as pessoas aprendem não é um desafio novo para a educação. Muito se especulou e se especula sobre esta pergunta. A neurociência se alia à educação em busca de uma resposta que este trabalho busca contribuir discutindo a ciência da aprendizagem que apresenta propostas para a aprendizagem ativa, repensando-se o que é ensinado, como se ensina e como se avalia a aprendizagem. A neuroeducação vem se constituindo num campo de pesquisa educacional, com metodologia própria, que se fortalece com as contribuições da neurociência, da psicologia e da pedagogia.

Os estudos atuais sobre a mente, o cérebro e os processos neurais envolvidos no pensamento e na aprendizagem têm possibilitado a emergência de explicações e uma melhor compreensão da ciência da educação. As investigações multidisciplinares e interdisciplinares com a contribuição científica estão abrindo o caminho que pode levar a pesquisa educacional básica à prática da sala de aula. Segundo Bransford (2007, p.19) estes acontecimentos são observáveis:

Trinta anos atrás, os educadores prestavam pouca atenção ao trabalho dos cientistas cognitivos, e os pesquisadores do nascente campo da ciência cognitiva trabalhavam bastante afastados das salas de aula. Atualmente, os pesquisadores cognitivos estão dedicando mais tempo ao trabalho com os professores, testando e refinando suas teorias em salas de aula reais, onde podem ver como os diversos ambientes e as interações nas salas de aula influenciam as aplicações das suas teorias. Hoje, o que talvez seja mais extraordinário são as diversas abordagens e técnicas de pesquisa que foram desenvolvidas, e a maneira pela qual começam a convergir as descobertas provenientes de ramos muito distintos da ciência.

Bransford e colaboradores (2007) enumeram avanços sobre a aprendizagem com excelentes expectativas. Citam como exemplo, as pesquisas em psicologia cognitiva que contribuíram para a compreensão dos princípios da organização do conhecimento que desenvolve a capacidade para solução de problemas em áreas específicas, como a matemática, os estudos sociais ou a história. Currículos inovadores com relação a raciocínio avançado

podem ser apresentados às crianças mais novas, com base em pesquisas que demonstram que elas têm uma boa compreensão de princípios básicos de biologia e física.

Os princípios para a estruturação das experiências de aprendizagem que permitem às pessoas utilizarem o que aprenderam em novos cenários foram identificados em pesquisas sobre aprendizagem e transferência. Para Bransford (2007, p.20) “Os estudos de psicologia social, de psicologia cognitiva e de antropologia evidenciam que toda aprendizagem acontece em cenários que apresentam conjuntos específicos de normas e expectativas culturais e sociais...”. Fonseca (2009, p 62) acrescenta:

Compreendendo como tais processos evoluem e se interrelacionam sistemicamente no cérebro, estaremos certamente mais próximos do que são efetivamente as funções cognitivas da aprendizagem, podendo, por esse meio, identificar os obstáculos que a bloqueiam ou prevenir disfunções ou dificuldades (ou descapacidades) que a impedem de florescer.

A neurociência tem meios para comprovar os diversos princípios da aprendizagem através de pesquisas de laboratório. Estudos demonstram como a aprendizagem modifica a estrutura cerebral, assim com seu funcionamento. As tecnologias emergentes podem gerar oportunidades de aprendizagem que não seriam sequer imaginadas há algum tempo.

O desenvolvimento atual nos estudos relacionados com a aprendizagem mostra como a ciência ganha um novo valor para a prática. Compreender como os seres humanos aprendem é importante para instigar as mudanças que se esperam do sistema educacional. “O ser humano, como ser aprendente, acaba por se transformar no produto das interações interiores e exteriores que realiza com os outros seres humanos, ou seja, com a sociedade no seu todo.” (FONSECA, 2009, p.65).

Saber não mais se refere à capacidade de se lembrar de informações ou repetir informações recebidas, mas como a capacidade de encontrar e usar as informações corretas em contextos diversos. A educação não pode mais se propor a suprir todo o conhecimento humano, mas deve preocupar-se em proporcionar meios ao aluno para o desenvolvimento de recursos intelectuais e de estratégias de aprendizagem capazes de ajudá-lo na aquisição de conhecimento que lhe permita pensar ativamente sobre as ciências. Assim entendido, a pessoa torna-se um aprendiz vitalício e independente.

Facilitar a aprendizagem por meio de novas propostas pode significar muito em termos de qualidade de vida para as pessoas. Neste sentido o grupo do Comitê de Desenvolvimento da Ciência da Aprendizagem, representado por Bransford; o Comitê de Pesquisa da Aprendizagem e da Prática Educacional, representado por Donovan; a Comissão

de Educação e Ciências Sociais e do Comportamento e o Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos se dedicam a pesquisa da ciência da aprendizagem desde 1996 por meio de diversos projetos. Bransford e colaboradores são citados nessa dissertação pela contribuição com pesquisas que resultam em análises sobre o aluno, a metodologia do professor, o uso de instrumentos, mas, sobretudo sobre a aprendizagem e seus rumos.

Bransford⁸⁵ (2007, p.22) diz:

Em momentos diferentes da história, os estudiosos demonstraram preocupação com o fato de que os ambientes educacionais formais eram mais bem-sucedidos em selecionar talentos do que em desenvolvê-los. Muitas pessoas que apresentaram dificuldade na escola poderiam ter progredido se as novas ideias sobre práticas efetivas de instrução fossem conhecidas. Além disso, com as novas práticas de instrução, mesmo as pessoas que se adequaram aos ambientes educacionais tradicionais poderiam ter desenvolvido habilidades, conhecimentos e atitudes que teriam incrementado significativamente suas realizações.

As pesquisas educacionais mostram que existem novas possibilidades e maneiras de se apresentar conteúdos. Abordagens mais recentes possibilitam o desenvolvimento de um entendimento mais aprofundado sobre um tema relevante para a maior parte das pessoas. Bransford (2007) comenta as descobertas científicas sobre a aprendizagem e que prometem avançar muito para as próximas gerações. A psicologia cognitiva está elucidando os princípios da organização do conhecimento que nos possibilita resolver questões em diversas áreas. Existe base em pesquisas do desenvolvimento de que existam currículos que introduzam conceitos necessários para o desenvolvimento raciocínio avançados em idades mais precoces. Alguns princípios importantes e necessários para a estruturação de experiências de aprendizagem foram evidenciados em pesquisas sobre aprendizagem e transferência de conhecimento.

Os estudos de psicologia social e cognitiva, como também antropológicos demonstram que toda aprendizagem ocorre em cenários específicos e relacionados a expectativas socioculturais. A neurociência dispõe de recursos para estudar a aprendizagem a partir de pesquisa em laboratório demonstrando que a aprendizagem modifica a estrutura física do cérebro e sua organização funcional. Os pesquisadores têm descoberto como aprender a partir da sabedoria prática, assim como acontece a aprendizagem em outros

⁸⁵ BRANSFORD, John D. – professor de Educação e Psicologia da Universidade de Washington em Seattle. Diretor e pesquisador do “*Learning in Informal and Formal Environments (LIFE) Center, an National Science Foundation (NSF) Science of Learning Center.*”

cenários. As tecnologias emergentes podem criar oportunidades que orientem e melhorem a aprendizagem.

Os investimentos em pesquisa básica em educação estão retornando em aplicações práticas. Há expectativas de que ocorram mudanças quanto ao que se espera dos sistemas educacionais atuais. Segundo Bransford (2007, p.20):

Nos primeiros anos do século XX, a educação focalizava a aquisição das habilidades de letramento: leitura, escrita e cálculos básicos. Para os sistemas educacionais, a regra geral não era treinar as pessoas para pensar e ler criticamente, para se expressar com clareza e de modo convincente, para solucionar problemas complexos de ciência e matemática. Hoje em dia, esses aspectos do letramento avançado são exigidos de quase todos, para que possam lidar com sucesso com as complexidades da vida contemporânea.

O conhecimento e as informações, atualmente, são produzidos num ritmo inusitado na história da humanidade. Nos tempos atuais não se espera que alguém se lembre ou repita informações, mas que seja capaz de encontrá-las e delas fazer uso.

As primeiras tentativas de se estudar a mente humana, de modo sistematizado, aconteceram no final do século XIX. Até então, este era um assunto da teologia e da filosofia.

Em reação a estas posições subjetivas decorrentes da introspecção filosófica, a psicologia científica do início do século XX projetou a escola behaviorista clássica de John B. Watson. Nela a consciência não sendo um conceito definível não faz parte de seu objeto de estudo, que se restringe a comportamentos observáveis.

O estudo dos processos mentais foi abandonado em detrimento do estudo do comportamento.

O comportamento neste contexto é entendido como qualquer mudança observada em determinado organismo que fosse desencadeado por um estímulo ambiental com ênfase no sistema motor e glandular.

Não seria a questão de negação da existência de processos mentais, mas a impossibilidade de se realizar estudos objetivos, propondo-se um adiamento de seus estudos.

Para Bransford (2007, p.23) “Recorrendo à tradição empírica, os behavioristas conceituaram a aprendizagem como o processo de estabelecer conexões entre os estímulos e as reações.” O que a neurociência atual enfatiza é que entre estes dois pontos existe uma estrutura inteligente, o cérebro humano.

O behaviorismo inicial, focado nas condições de estímulos observáveis e os comportamentos a eles relacionados, dificultou o estudo das funções mentais essenciais para a educação. A

fome, a recompensa e a punição são as principais motivações para o aprendizado. Segundo Branford (2007) a limitação do Behaviorismo inicial (“behaviorismo” com bê maiúsculo) decorrente da restrição do seu foco de estudo, deu lugar a uma forma moderada de behaviorismo (behaviorismo com bê minúsculo).

Apesar desta moderação, foi mantido o mesmo rigor científico na abordagem do comportamento, admitindo a possibilidade de um estado mental para explicar alguns fenômenos. Segundo Saviani⁸⁶ (2005, p.2):

As concepções tradicionais, desde a pedagogia de Platão e a pedagogia cristã, passando pelas pedagogias dos humanistas e pela pedagogia da natureza, na qual se inclui Comênio (SUCHODOLSKI, 1978, p. 18-38), assim como a pedagogia idealista de Kant, Fichte e Hegel (Idem, p. 42-46), o humanismo racionalista, que se difundiu especialmente em consequência da Revolução Francesa, a teoria da evolução e a sistematização de Herbart-Ziller (Idem, p. 54-67), desembocavam sempre numa teoria do ensino. Pautando-se pela centralidade da instrução (formação intelectual) pensavam a escola como uma agência centrada no professor, cuja tarefa é transmitir os conhecimentos acumulados pela humanidade segundo uma gradação lógica, cabendo aos alunos assimilar os conteúdos que lhes são transmitidos. Nesse contexto a prática era determinada pela teoria que a moldava fornecendo-lhe tanto o conteúdo como a forma de transmissão pelo professor, com a conseqüente assimilação pelo aluno. Essa tendência atinge seu ponto mais avançado na segunda metade do século XIX com o método de ensino intuitivo centrado nas lições de coisas.

A complexidade do ser humano foi evidenciada com o surgimento da ciência cognitiva na metade do século XX. Aprender, até o século XX, era identificado como a capacidade relacionada com a memorização e habituação. Ocorre neste período uma evolução do conceito do que seja aprender. Botti⁸⁷ (2010, p. 3), apoiado em Teixeira⁸⁸ (2000) conclui:

[...] aprender assume o significado de “ganhar um modo de agir”, isto é, a aprendizagem só ocorre quando, após assimilarmos algo, conseguimos agir de acordo com o que aprendemos. Aprender, nessa concepção, é um processo ativo que se desenvolve a partir da seleção de reações apropriadas, que depois são fixadas.

⁸⁶ SAVIANI, Demerval – filósofo e pedagogo. Professor da Universidade Federal de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e pesquisador do CNPq.

⁸⁷ BOTTI, Sérgio Henrique de Oliveira - coordenador da Residência Médica. Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, Brasil.

⁸⁸ TEIXEIRA, Anísio - jurista, intelectual, educador e escritor brasileiro. Personagem central na história da educação no Brasil, nas décadas de 1920 e 1930, difundiu os pressupostos do movimento da Escola Nova, que tinha como princípio a ênfase no desenvolvimento do intelecto e na capacidade de julgamento, em detrimento da memorização. Defensor do ensino público, obrigatório, gratuito e laico.

No século XX, observou-se a preocupação com os métodos de aprendizagem, deslocando-se das propostas educacionais do século XIX, centradas nos fundamentos filosóficos e didáticos, para os fundamentos psicológicos. O processo de aprendizagem é o centro das atenções como princípio a ser compreendido. Para Saviani (2005, p.2):

Ao professor cabe o papel de acompanhar os alunos auxiliando-os em seu próprio processo de aprendizagem. O eixo do trabalho pedagógico desloca-se, portanto, da compreensão intelectual para a atividade prática, do aspecto lógico para o psicológico, dos conteúdos cognitivos para os métodos ou processos de aprendizagem, do professor para o aluno, do esforço para o interesse, da disciplina para a espontaneidade, da quantidade para a qualidade. Tais pedagogias configuram-se como uma teoria da educação que estabelece o primado da prática sobre a teoria. A prática determina a teoria. Esta deve se subordinar àquela, renunciando a qualquer tentativa de orientá-la, isto é, de prescrever regras e diretrizes a serem seguidas pela prática e resumindo-se aos enunciados que vierem a emergir da própria atividade prática desenvolvida pelos alunos com o acompanhamento do professor. Essa tendência ganha força no início do século XX torna-se hegemônica sob a forma do movimento da Escola Nova, até o início da segunda metade desse século e, diante das contestações críticas que enfrenta, assegura seu predomínio assumindo novas versões, entre as quais o construtivismo é, provavelmente, a mais difundida na atualidade.

Um esforço realizado na tentativa de se compreender como o ser humano aprende consiste em correlacionar os achados de pesquisa e a prática escolar diária. Na última década o desenvolvimento de pesquisas sobre as funções mentais trouxeram maior compreensão sobre sua importância. O pedagogo que reconhecia a necessidade das condições de prontidão como um período propício para a aprendizagem compreende a necessidade de informações áreas de conhecimento, dentre elas, da neurociência. Reconhecendo que estruturas e processos cerebrais são mediadores do comportamento, do conhecimento e da vida mental, o pedagogo tem subsídios importantes para sua atividade.

No século XX, podemos apontar o desenvolvimento do computador incrementando a pesquisa das atividades mentais. Uma máquina capaz de atividades mentais como memorizar, classificar, organizar informações, facilita a decodificação de funções mentais humanas. A informática passou a ser um campo da neurociência necessário para a decodificação e descrição de diversas atividades mentais por meio de programas, de *software*.

Na década do cérebro as ciências cognitivas se confundem com a neurociência, congregando cientistas oriundos das áreas de filosofia, psicologia, antropologia, informática e computação, que procuram uma compreensão extensiva da inteligência humana seja descrevendo, simulando, reproduzindo, replicando, ampliando, transferindo as capacidades

mentais humanas. Abre-se um campo de questões desafiadoras para a educação com uma nova ciência da aprendizagem. As descobertas sobre a neuroplasticidade e a melhor compreensão das funções mentais, influenciam a prática educacional, as estratégias em sala de aula e apontam para novas formas de ensinar.

Com base nestes conhecimentos surge a ciência da aprendizagem com ênfase na aprendizagem com entendimento, em que o aluno não somente aprende, mas compreende o conhecimento. (BRANSFORD⁸⁹, 2007). Não se pode dizer que seja possível estudar cientificamente o entendimento, mesmo porque os diversos currículos, os livros e os testes de avaliação ainda têm ênfase na memorização.

Não se quer negar a importância do conhecimento do conteúdo. A ênfase no entendimento, que se dá pela ciência da aprendizagem tem justificativa nos processos de conhecimento. O ser humano é visto com agente que se guia por objetivos, sendo ativo na busca de informações. Mesmo recém-nascidos são aprendizes ativos e seu cérebro tem organização suficiente para priorizar estímulos e respostas. (BRANSFORD, 2007).

Bransford (2007, p.33) comenta que a pesquisa sobre aprendizagem precoce indica que o processo de entender o mundo inicia muito cedo “As crianças começam nos anos pré-escolares, a desenvolver uma compreensão sofisticada (nem sempre correta) dos fenômenos ao seu redor”.

Segundo Bransford (2007) a visão contemporânea a respeito da aprendizagem é de que o conhecimento novo e o entendimento se fazem com base naquilo em que as pessoas acreditam. O autor (2007, p.27) diz “Se as ideias e as crenças iniciais dos alunos são ignoradas, a compreensão que eles desenvolvem pode ser muito diferente da que era pretendida pelo professor”. Comentando as teorias construtivistas Bransford (2007, p. 28) chama a atenção para os aspectos conceituais:

Uma concepção incorreta, muito comum, com respeito às teorias “construtivistas” do conhecimento (isto é, de que o conhecimento existente é utilizado para construir novo conhecimento) é que os professores nunca devem dizer aos seus alunos nada diretamente, mas sempre permitir que eles construam o conhecimento por si mesmos. Essa perspectiva confunde a teoria da pedagogia (ensino) com a teoria do conhecimento. Os construtivistas consideram que todo conhecimento é construído a partir do conhecimento prévio, independentemente de como o aluno é ensinado –

⁸⁹ BRANSFORD, J.D – co-coordenador do Comitê de Pesquisa da Aprendizagem e da Prática Educacional. Professor de psicologia e co-diretor do *Learning Technology Center* da Faculdade George Peabody da Universidade Valderbilt. Pesquisador sênior do *John F. Kennedy Center*. Suas pesquisas estão centradas na natureza do raciocínio e da aprendizagem e sua facilitação, com atenção especial à importância da tecnologia para aprimoramento da aprendizagem. É doutor em psicologia cognitiva pela Universidade de Minnesota.

mesmo a audição de uma aula expositiva envolve iniciativas ativas de construção do novo conhecimento.

Considera-se, na ciência da aprendizagem, a importância de que a pessoa assuma o controle da própria aprendizagem, aprendendo, também, a identificar quando entendem e quando necessitam de mais informações. Com estes princípios, a educação pode se beneficiar dos novos conhecimentos da neurociência para melhorar significativamente a capacidade das pessoas se tornarem aprendizes ativos, empenhados em entender e preparados para transferir o que aprenderam na solução de novas situações complexas ou novos problemas. Repensa-se, assim o que é ensinado, como se ensina e como se avalia a aprendizagem.

O conhecimento de fatos sem conexão sem a oportunidade de aprender e compreender não desenvolve uma competência. Estudando comparativamente especialistas e iniciantes em suas diversas áreas apresenta Bransford (2007, p. 34) conclusões interessantes e úteis para a educação:

- aprendizes de todas as idades devem expandir a compreensão existente e elaborá-la. A compreensão pré-existente pode permanecer mesmo depois de ser ensinado um novo modelo que contradiz a compreensão ingênua;
- o desempenho de especialistas, independentes do campo, utilizam uma base de informações amplamente estruturada;
- uma diferença evidente entre o especialista e o principiante é que o domínio dos conceitos pelo especialista molda seu entendimento a respeito da nova informação permitindo identificação de padrões, correlações, discrepâncias que não são evidentes para os principiantes ajudando a selecionar e lembrar informações relevantes;
- especialistas são mais capazes de acessar fluentemente o conhecimento em decorrência de sua maior compreensão do assunto.

Branford (2007, p. 36) diz que “A tarefa da educação pode ser vista como a de mover os estudantes na direção de uma compreensão mais formal (ou maior competência)”.

A metacognição é uma estratégia a ser desenvolvida para que a própria pessoa seja capaz de prever resultados, de dar explicações a si mesmas para que melhore a compreensão, de perceber falhas na aprendizagem e corrigir, planejar seu aprendizado. O ensino de atividades metacognitivas incorporadas ao assunto em estudo capacita o aluno a se estimular monitorando sua própria aprendizagem. Para este autor “as práticas metacognitivas demonstraram aumentar o grau em que os estudantes transferem o que aprenderam para novos cenários e eventos”. Bransford (2007, p. 38) analisa as consequências destes conhecimentos

para a formação de professores e sua tarefa de ensinar: “os professores devem extrair a compreensão preexistente trazida pelos alunos e trabalhar com ela”.

A compreensão mais formal do assunto é construída sobre a base das concepções iniciais do aluno criando, na sala de aula, tarefas e condições em que o pensamento do aluno possa se revelar. A finalidade da avaliação deve ser ampliada para um conceito formativo, contribuindo para que o pensamento do aluno torne-se visível para eles mesmos, para seus colegas e para o professor. É um *feedback* que orienta a modificação e o refinamento do raciocínio. Com o foco na aprendizagem com compreensão, a avaliação deve revelar o entendimento mais que demonstrar capacidade de repetir fatos ou desempenhar habilidades. O professor em formação deve ser apto para identificar ideias preconcebidas previsíveis do aluno que possam ser obstáculos ao domínio de um assunto específico. Deve descobrir ideias preconcebidas não previsíveis e trabalhar estas ideias para que o aluno as elabore, as reveja e, quando adequado, seja capaz de substituí-las.

A visão geral deve, segundo Bransford (2007, p. 39), ser substituída por uma cobertura detalhada “Os professores devem ensinar algum assunto em profundidade, fornecendo muitos exemplos em que o conceito está em ação e proporcionando uma base sólida de conhecimento factual”. O aluno deve compreender os conceitos que definem os domínios da disciplina. O próprio professor deve trazer, para o ensino, a sua experiência do estudo aprofundado de sua área de atuação. Deste modo, ele poderá desenvolver recursos pedagógicos eficientes para ajudar o aluno entender a relação entre as informações e os conceitos que facilitem a organização do conhecimento. O professor deve se preocupar em como evolui e se desenvolve o raciocínio do aluno acerca desses conceitos. A avaliação com o fim de responsabilização pelos resultados deve testar a compreensão profunda e não o conhecimento superficial. As ferramentas de avaliação, com frequência, são, no entanto, critérios de responsabilização do professor. As novas ferramentas de avaliação devem estar alinhadas com as novas abordagens de ensino e será necessário muito trabalho para evitar o desequilíbrio entre a avaliação profunda, que impõe desafios para a objetividade, e a avaliação objetiva, que facilita a classificação objetiva.

Bransford (2007, p. 32) propõe, em linhas gerais um projeto de ambientes de aprendizagem que podem otimizar a aprendizagem:

As escolas e as salas de aula devem estar centradas no aprendiz. [...] Para proporcionar um ambiente de sala de aula centrada no conhecimento, é preciso prestar atenção ao que é ensinado (informação, assuntos), porque é ensinado (compreensão) e como se revela a competência ou habilidade. [...]

As avaliações formativas - avaliações contínuas, idealizadas para tornar visível o raciocínio dos alunos tanto para eles próprios, como para os professores - são essenciais. Permitem que o professor compreenda as ideias preconcebidas dos estudantes, perceba em que ponto os alunos estão no caminho que leva ao raciocínio informal para o formal e planeje a instrução de acordo com isso. No ambiente de sala de aula centrada na avaliação, as avaliações formativas ajudam tanto professores como alunos no monitoramento do progresso. [...]

A aprendizagem é influenciada de maneira fundamental pelo contexto em que acontece. Uma abordagem centrada na comunidade requer o desenvolvimento de normas para a sala de aula e para a escola, assim como conexões com o mundo exterior que apoiem valores essenciais da aprendizagem.

Para Bransford (2007, p. 40) o aluno pode não reconhecer a importância da metacognição e esta deve ser explicitada pelo professor “O ensino de habilidades metacognitivas deve ser integrado no currículo de diversas áreas temáticas”. A integração da instrução metacognitiva com a aprendizagem baseada na disciplina pode acelerar o progresso do aluno de desenvolver, neles, a capacidade de aprender sozinho.

O autor considera que não existe nenhuma prática de ensino que seja universalmente melhor. Os livros e aulas expositivas podem ser eficientes na transmissão de novas informações para aprendizagem estimulando a imaginação e aguçando a crítica do aluno, mas não seriam eficientes para extrair o seu nível de compreensão. Se o ponto de partida for um conjunto de princípios de aprendizagem, a seleção da estratégia de ensino poderá ser escolhida de acordo com critérios por assunto, nível escolar, resultado esperado.

Com o enfoque em como as pessoas aprendem o professor não estará diante de escolhas excludentes do isto ou aquilo como, por exemplo, dar ênfase aos fundamentos, ou ensinar a pensar ou na solução de problemas. Todos estes enfoques são necessários. Tentar ensinar habilidades de raciocínio sem uma base sólida de conhecimento não capacita o aluno para resolver problemas como também não sustenta a transferência de conhecimento para novas situações.

O construtivismo, visto como um conjunto de teorias, sem se restringir a uma linha pedagógica, alicerça muitos princípios aplicados pelos professores na sala de aula. Não se defende, neste estudo, um autor específico ou uma determinada linha de pensamento construtivista, mas se avalia a ideia do construtivismo como uma possibilidade de ensino-

aprendizagem com base neurocientífica. Nesta perspectiva Becker⁹⁰ (2009, p.2) assim define o construtivismo:

[...] a ideia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de eu, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado. Ele se constrói pela interação do indivíduo com seu meio físico e social, com o simbolismo humano, com o mundo das relações sociais; e se constitui por força de sua ação e não por qualquer dotação prévia, na bagagem hereditária ou no meio, de tal modo que podemos afirmar que antes da ação não há psiquismo nem consciência e, muito menos, no pensamento. Construtivismo é, portanto, uma ideia; melhor, uma teoria, um modo de ser do conhecimento ou um movimento do pensamento que emerge do avanço das ciências e da Filosofia dos últimos séculos.

A aplicação do conceito de construtivismo, nesta perspectiva, não se apresenta em sua totalidade na escola, mas alicerça o conhecimento e se consolida na medida em que os professores tornam-se ou não construtivistas. A proposta construtivista diz respeito à mudança de valores e posturas numa escola que deve atender às exigências de uma sociedade em transformação. Gouveia⁹¹ (2004, p. 4) diz que:

Os ambientes construtivistas não pressupõem a aprendizagem significativa como o resultado de um caminho linear. Pelo contrário, assumem-na como consequência de uma trama de relações cognitivas e afetivas. Não basta, por isso, desenvolver na aula atividades das quais possam emergir situações problemáticas a serem resolvidas, ou processos de trabalho que apenas tenham em conta as concepções prévias dos alunos e sejam capazes de corrigi-las, quando for caso disso. Um ambiente construtivista considera que quem aprende é a pessoa na sua globalidade, e a aprendizagem repercute-se também globalmente na pessoa, no que ela sabe, na sua forma de se ver a si próprio e aos outros.

A formação de professores pode possibilitar que os educadores sejam construtivistas. O construtivismo não como um movimento com particularidades de autores como Piaget, Montessori ou Vigotski, mas como uma ideia de que o sujeito é ativo em sua aprendizagem, que a aprendizagem é intervenção do sujeito sobre o objeto, que o ser humano é dotado de recursos para desenvolver a aprendizagem. Educadores construtivistas têm atitudes

⁹⁰ BECKER, Fernando - professor de Psicologia da Educação da Faculdade de Educação de Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, doutor em Psicologia Escolar pela Universidade de São Paulo, coordenador do Programa de Pós-graduação em Educação da UFRGS.

⁹¹ GOUVEIA, Vera - graduação em Pedagogia, especialista em Língua Portuguesa e pós graduanda em Tecnologias em Educação

construtivistas, suas aulas são construtivistas e as avaliações, por consequência, são construtivistas. Becker (2009, p.3) argumenta em favor desta proposta:

Entendemos que construtivismo na Educação poderá ser a forma teórica ampla que reúna as várias tendências atuais do pensamento educacional. Tendências que têm em comum a insatisfação com um sistema educacional que teima (ideologia) em continuar essa forma particular de transmissão que é a Escola, que consiste em fazer repetir, recitar, aprender, ensinar o que já está pronto, em vez de fazer agir, operar, criar, construir a partir da realidade vivida por alunos e professores, isto é, pela sociedade – a próxima e, aos poucos, as distantes. A Educação deve ser um processo de construção de conhecimento ao qual acorrem, em condição de complementaridade, por um lado, os alunos e professores e, por outro, os problemas sociais atuais e o conhecimento já construído (“acervo cultural da Humanidade”).

O universo educacional construtivista permite a intervenção multi e interdisciplinar na construção do saber e dialoga com os profissionais nele interessados. A neurociência é um saber necessário à formação de professores contribuindo para a compreensão do funcionamento do complexo cérebro-mente. Noronha (2008, p.1) comenta:

Por entender a importância do cérebro no processo de aprendizagem, consideram-se, aqui, as contribuições da Neurociência para a formação de professores, com o objetivo de oferecer aos educadores um aprofundamento a esse respeito, para que se obtenham melhores resultados no processo de ensino-aprendizagem, especialmente, na educação básica.

A educação convive com as diversas áreas de saber agregando conhecimento delas advindos. Os conceitos das diversas ciências influenciam na medida em que são incorporados e manuseados atendendo à demanda da educação. As teorias educacionais e os pesquisadores teóricos da educação confrontam conhecimentos e argumentações na busca de respostas para indagações inerentes à ciência da educação.

Existe um espaço entre a neurociência e a educação, entre o neurocientista que estuda a aprendizagem e o pesquisador em educação e a formação de professores, como comenta Noronha⁹² (2008, p.1):

Por entender a importância do cérebro no processo de aprendizagem, consideram-se, aqui, as contribuições da Neurociência para a formação de professores, com o objetivo de oferecer aos educadores um aprofundamento

⁹² NORONHA, Fátima - pedagoga com especialização em Psicopedagogia/Psicomotricidade. Mestranda em Ciências da Educação.

a esse respeito, para que se obtenham melhores resultados no processo de ensino-aprendizagem, especialmente, na educação básica.

Construir uma conexão entre as áreas de saber envolvidas na educação passa pela superação de barreiras e pelo desenvolvimento de metodologias que estabeleçam uma linguagem compatível entre a investigação neurocientífica, a pesquisa e a prática educacional, assim como a formação do educador para habilitá-lo a servir-se do pensamento neurocientífico. A análise de Noronha (2008, p.1) é aqui pertinente:

A Neurociência é e será um poderoso auxiliar na compreensão do que é comum a todos os cérebros e poderá nos próximos anos dar respostas confiáveis a importantes questões sobre a aprendizagem humana, pode-se por meio do conhecimento de novas descobertas da Neurociência, utilizá-la na nossa prática educativa. A imaginação, os sentidos, o humor, a emoção, o medo, o sono, a memória são alguns dos temas abordados e relacionados com o aprendizado e a motivação. A aproximação entre as neurociências e a pedagogia é uma contribuição valiosa para o professor alfabetizador. Por enquanto os conhecimentos das Neurociências oferecem mais perguntas do que respostas, mas cremos que a Pedagogia Neurocientífica esta sendo gerada para responder e sugerir caminhos para a educação do futuro.

Hardiman e Denckla (2009, p.1) discutem a educação com novos formatos, com bases científicas e, neste contexto, ressaltam a importância da neurociência dizendo que: "[...] a próxima geração de educadores deverá alargar a sua abordagem centrada não apenas no ensino da matemática, por exemplo, mas também na forma como o raciocínio matemático se desenvolve no cérebro".

A neurociência atual contribui para mudar a visão do cérebro humano. Tradicionalmente este seria um conhecimento das áreas médicas. Um grande interesse por seu estudo pode ser identificado nos frequentes comunicados das diversas mídias e das diferentes áreas de conhecimento e agregando-lhe um valor social que se evidenciava no dia a dia. Ehrenberg (2008, p. 1) diz:

Assim, o cérebro não é mais somente estudado tendo em vista as patologias mentais e neurológicas. Falamos de “cérebro social” para evocar a ideia de que os “comportamentos” sociais se explicam essencialmente pelo funcionamento cerebral. O cérebro aparece então como o substrato biológico que condiciona a sociabilidade e a psicologia humanas. Entre o homem biológico e o homem social, não mais saberíamos bem onde estamos atualmente.

O entendimento mais atualizado do cérebro nos conduz à ideia de uma estrutura altamente complexa, com capacidade plástica e, portanto, um sistema em evolução. As ideias de um cérebro mecânico, com engrenagens que se encaixam como num maquinário não têm suporte científico. Propostas localizacionistas ligando estruturas a funções foram superadas pelo conceito de ações em “massa”, de circuitaria de redes neurais em constante transformação e reorganização. São conceitos que embasam a proposta de se entender o ser humano em seu todo, não somente como um humanismo, mas como uma atitude de pessoa humana.

4. EDUCAR O CÉREBRO E A MENTE?

Como e qual é a verdadeira contribuição da neurociência para a educação? Os conhecimentos do neurodesenvolvimento relativos à plasticidade neuronal⁹³, à plasticidade cerebral, à plasticidade sináptica e aos fatores neurotróficos esclarecem a grande capacidade de recuperação funcional e de reorganização morfofuncional perante a aprendizagem. A neuroplasticidade reestrutura anatômica e funcionalmente o cérebro humano em suas vias de processamento e no modo de representação das informações por meio da aprendizagem.

4.1 Os desafios da neurociência para a escola

Aprender não é absorção de conteúdos e exige uma rede complexa de operações neurofisiológicas e neuropsicológicas. Alvarez (2006, p. 182) comenta que além destes dois aspectos, a aprendizagem solicita a contribuição do meio ambiente.

[...] devem-se considerar os processos cognitivos internos, isto é, como o indivíduo elabora os estímulos recebidos, sua capacidade de integrar informações e processá-las, formando uma complexa rede de representações mentais, que possibilite a ele resolver situações problema, adquirir conceitos novos e interpretar símbolos diversos.

Percebe-se que a complexidade do aprender exige funções cerebrais e funções mentais que se entrelaçam não limitando a um ou outro aspecto. O papel motivador das emoções na aprendizagem já não é apresentado em separado nos estudos de Vigotski. Para Alvarez (2006, p.184) “Pedagogicamente, a motivação, o envolvimento do aprendiz com o professor e o conteúdo, a compreensão do funcionamento cerebral, são fundamentais para que se garanta uma aprendizagem ágil e eficiente”.

Um feto de 27 semanas de vida intrauterina pode ouvir e aprender os sons dos órgãos da mãe, assim como sua voz e progressivamente incorporar os sons do ambiente. A preferência pela voz materna, além da capacidade de reconhecê-la, acontece aos quatro dias de vida. O aprender humano acontece desde a vida intrauterina e a qualquer momento da sua existência (ALVAREZ, 2006). O que se observa é que o amadurecimento biológico do cérebro, com a progressiva organização e reorganização de sua rede neuronal, ocorre

⁹³ A plasticidade neuronal inclui modificações capazes de manter o funcionamento do sistema nervoso mesmo após sofrer agressões. As variações do neurodesenvolvimento e modificações no curso do processamento de informações são decorrentes deste fenômeno. As diferenças na aprendizagem também se relacionam à neuroplasticidade.

simultaneamente com o amadurecimento de sua capacitação mental. A observação de que na adolescência se estabelece o raciocínio abstrato tem a comprovação neurocientífica. Esta fase é de intensa transformação cerebral, principalmente na da região mais anterior do lobo frontal.

O cérebro não vive sem suprimento alimentar, representado por glicose e oxigênio. Seu crescimento, desenvolvimento e funcionamento estão condicionados a sua nutrição. As consequências da desnutrição são devastadoras e definitivas, principalmente nas fases iniciais da vida. Mais recentes, no entanto, são as observações de cérebros de crianças hipoestimuladas e vítimas dos diversos tipos de agressão física e psicológica. No ano de 2000, pesquisadores do programa de Desenvolvimento em Biopsiquiatria no Hospital Mc Lean, em Belmont, identificaram anormalidades cerebrais decorrentes de abuso e negligência em crianças. Estes danos, no cérebro em desenvolvimento, parecem estar ligados a distúrbios psicoafetivos na vida adulta. A função e a estrutura do cérebro são modificadas pelos maus tratos na infância (TEICHER, 2007).

Regiões do lobo temporal do cérebro chegam a apresentar redução de 9,8% de seu tamanho com consequências para o desempenho mental em vítimas de hostilidade e sentimentos depressivos.

As bases neurais de alguns distúrbios que interferem no processo de aprendizagem são melhor compreendidas. Ter um cérebro com capacidade de realizar suas funções, com todas as suas estruturas bem formadas anatomicamente, sem desvios no seu desenvolvimento nem em sua genética não garante a aprendizagem.

No caso da dislexia, por exemplo, o que se considerava como uma dificuldade na leitura por problemas na percepção visual, a neurociência identificou problemas no processamento fonológico. Neste caso temos uma disfunção cerebral justificando uma desordem em nível neuropsicológico. O desenvolvimento cerebral que se faz pela organização das conexões e pelo processo de maturação é influenciado por fatores ambientais e biológicos. A mente, com o pensamento e a emoção, as experiências precoces têm um impacto no potencial de desenvolvimento de cada pessoa.

Qual o tipo de aprendizagem interessa ao educador? Se lhe interessar comportamentos que resultem em desempenho escolar, como matemática ou leitura sua atenção se direciona para funções intelectuais como a memória de trabalho, atenção. Se a intenção da aprendizagem se restringir a conhecer os conteúdos seu ensino não estaria estimulando todo o potencial do complexo cérebro-mente. Desenvolver habilidades e competências que correspondam às exigências do mercado restringe a aprendizagem somente a um desenvolvimento intelectual. Quando o aprendizado se orienta por metas, como tomada de

decisão, planejamento e execução de planos, escolhas de comportamentos mais adequados para uma dada situação serão incluídas funções mentais com comportamentos complexos. São funções chamadas executivas. Função executiva é, segundo Eslinger (2000, p.1), um conceito neuropsicológico de formulação recente. Relaciona-se com a organização, pelo executor, da informação formulando planos, definindo objetivos, controlar as variantes. “Em estudos neuropsicológicos, as funções executivas têm sido demonstradas como sendo muito diferentes da inteligência geral e memória”. As áreas cerebrais responsáveis pelas funções executivas amadurecem tardiamente, na idade adulta jovem. Como no desenvolvimento de outras funções cerebrais, as funções executivas tornam-se progressivamente conectadas aos domínios do conhecimento para fatos, imagens e palavras. Tudo isso para que o conhecimento tenha propósito, justificativa e aplicabilidade em comportamentos direcionados para uma meta. Eslinger (2000, p. 1) comenta:

Por exemplo, como eu identifico e organizo os passos para completar um projeto independente? Como eu devo verificar meu progresso, de modo a avaliar o quanto falta para fazer? Estas são questões que os educadores podem ouvir de tempos em tempos, mas elas revelam quais podem ser os processos fundamentais para a adaptação e realizações humanas - nos gerenciando como aprendizes, desenvolvendo uma consciência quanto ao nosso conhecimento, tanto como à nossa falta de conhecimento, e sabendo como conseguir realizar vários objetivos usando habilidades executivas ou metacognitivas. Uma parte substancial das funções executivas consiste em desenvolver modelos mentais destes processos de "comos", "porquês" e "quandos".

As ações educacionais modelam as funções executivas e segundo Eslinger (2000) podem ser ensinadas de forma direta. As brincadeiras infantis são responsáveis pelo desenvolvimento de elementos precoces das funções executivas. As atividades acadêmicas, sociais e recreativas são promotoras do desenvolvimento da criança. Treino de habilidades e desafio melhoram o desempenho da criança como executora. “Pais, educadores e neurocientistas podem iniciar um diálogo sobre como entender mais e utilizar mais os sistemas múltiplos de memória, e como introduzir cenários sonoros de linguagem mais cedo no desenvolvimento infantil”. (ESLINGER, 2000). Aprender com as experiências é uma característica adquirida no processo evolucionário da espécie humana. Esta capacidade se deve, em grande parte, às funções executivas⁹⁴. As disfunções executivas podem trazer

⁹⁴ Funções executivas são aspectos complexos da cognição que envolve seleção de informações anteriormente memorizadas, planejamento, monitoramento e flexibilidade cognitiva. Através delas é que chega ao comportamento orientado para objetivos, realizando-se ações voluntárias, autônomas e orientadas para metas específicas

problemas de gravidade variável. Pode se apresentar como uma avaliação equivocada das consequências de suas escolhas, atitudes ou a perda de prazos de conclusão e entrega de trabalhos. Nas disfunções executivas as experiências com resultado indesejado não vão gerar um aprendizado novo aplicável na próxima situação semelhante. A dificuldade em se concentrar numa tarefa, um comportamento perseverativo, dificuldades em adotar novas condutas, não ser capaz de utilizar estratégias operacionais, pequena flexibilidade cognitiva e comprometimento da produção e da criatividade podem ser decorrentes de disfunção das funções executivas.

As funções executivas bem desenvolvidas permitem que o aluno seja independente, tenha capacidade de meta-análise, que supere limites e utilize habilidades para aprender. Crianças com disfunção executiva têm dificuldade para alternar concreto e abstrato, literal e simbólico, temas centrais e detalhes. Freitas (2010) discute o tema mostrando que esta alternância exige que o aluno seja capaz de interpretar uma informação de mais de uma maneira, mudando a estratégia quando uma escolha não funciona. A autora sugere, neste caso, que se direcione a aprendizagem exemplificando com a leitura de um texto. Nesta leitura o professor interrompe em determinados pontos apresentando questões como significados diferentes para uma mesma palavra, propondo a mudança da posição da palavra na frase, mudando a entonação de uma sílaba, a entonação da sentença para que o aluno perceba as modificações no sentido do texto. A utilização de metáforas e expressões dúbias separadamente pode evitar que o aluno fique confuso ao ler o texto.

A atenção é uma função mental específica de grande importância para a aprendizagem. O Código Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF 2003, p.45) define as funções da atenção como “funções mentais específicas de concentração num estímulo externo ou numa experiência interna pelo período de tempo necessário”. Isto inclui a alternância da atenção, mudar a concentração da atenção, a divisão e o partilhamento da atenção e a distração.

Com um sistema múltiplo de memórias, o cérebro humano está apto a realizar praticamente todas as suas funções. As funções da memória são definidas no O Código Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF 2003, p. 46) como “funções específicas de registro e armazenamento de informações e sua recuperação quando necessário”. Memória de curto e longo prazo, imediata, recente e remota com funções de recordar e esquecer. Como falar de aprendizagem sem a função da memória? Se não

houvesse, na mente, um modo de armazenamento das representações vividas e um complexo mecanismo de recuperação de experiências não haveria aprendizagem. Cardoso (1997, p. 1) escreve sobre a memória dizendo:

Esta intrigante faculdade mental forma a base de nosso conhecimento, estando envolvida com nossa orientação no tempo e no espaço e nossas habilidades intelectuais e mecânicas. Assim, aprendizagem e memória são o suporte para todo o nosso conhecimento, habilidades e planejamento, fazendo-nos considerar o passado, nos situarmos no presente e prevermos o futuro.

A memória não se localiza em uma única estrutura cerebral. Existe uma integração de sistemas que ao entrarem em funcionamento envolvem a mente e o cérebro, o biológico e o psicológico. As áreas e regiões cerebrais envolvidas neurofuncionalmente são conhecidas: o lobo temporal armazena memórias de longo prazo; o hipocampo exerce função na memória declarativa, o tálamo e o hipotálamo têm conexões trazem as emoções que neles originam para interferirem na aprendizagem.

Um sistema neural interconectado em rede permite que se conceba um contínuo entre os processos cognitivos e afetivos no funcionamento psíquico. Pensar em um conhecimento exclusivo cognitivo ou afetivo seria pensar em sistemas justapostos na mente humana, o que não ocorre.

Na sala de aula podemos identificar que o conhecimento afetivo requer ações cognitivas, e ao contrário, também ações cognitivas exigem os aspectos afetivos. O pensar e o senti foram apresentados como universos separados e até mesmo em oposição. Razão gerava saberes racionais e emoção gerava saberes emocionais. Em relação às ações educativas, Arantes (2002, p1) comenta que:

[...] não existe uma aprendizagem meramente cognitiva ou racional, pois os alunos e as alunas não deixam os aspectos afetivos que compõem sua personalidade do lado de fora da sala de aula, quando estão interagindo com os objetos de conhecimento, ou não deixam “latentes” seis sentimentos, afetos e relações interpessoais enquanto pensam.

Aceitar, de forma integrada, na educação os processos cognitivos e afetivos aponta caminhos e possibilidades de se compreender o psiquismo humano. Visualizar somente os comportamentais externos do indivíduo cria uma distorção da realidade. Alguns reflexos desta dificuldade em se estudar integradamente os processos cognitivos e afetivos podem ser identificados em determinados modelos educacionais. Scriptori (2004, p.1) afirma que:

Todo sistema pedagógico traz implícito uma teoria e uma prática educativa que se apóiam nas crenças dos professores sobre o funcionamento cognitivo de quem aprende. Esse princípio aplica-se a todos os níveis de docência, do infantil ao universitário. Entretanto, quem ensina geralmente o faz com base em uma teoria, o que chamamos de “teoria em ação”, porém, raramente tem consciência de sua(s) teoria(s) implícita(s). Dito de outro modo, os professores costumam desconhecer as bases teóricas de suas ações pedagógicas. Será necessário um certo esforço reflexivo para que essas teorias e crenças implícitas se traduzam ao nível de sua consciência.

A dimensão semântica do raciocínio humano exclui as experiências mais particulares e subjetivas do ser humano. Num outro extremo encontramos estudos que analisam e valorizam aspectos psicoafetivos do pensamento humano em detrimento dos aspectos cognitivos.

4.2 Cérebro e mente: campo de indagação e de provisórias respostas

Os tradicionais dualismos entranhados no pensamento ocidental não contribuem para a construção de teorias sobre o funcionamento mente e cérebro humanos mais condizentes com o que a neurociência vem descortinando. Souza (2009, p.283) afirma:

O conceito de modelo organizador do pensamento avança na investigação da cognição, enquanto campo da resolução de problemas e conflitos, quando pretende aproximar-se da complexidade do sujeito psicológico. Com essas considerações, busca-se abrir frentes de discussão sobre a superação de uma educação escolar que se baseia numa cognição reduzida e, do mesmo modo, de um sujeito fragmentado. Estes questionamentos apontam para a necessidade da educação escolar, no mundo contemporâneo, tomar para si o cotidiano e a diversidade como dimensões necessárias na construção do conhecimento.

Modelo organizador do pensamento é um conceito que procura abrir possibilidades de se discutir a educação que não reduza, nem fragmente o sujeito. Scriptori (2004) cita Marimón (1998) para explicar o conceito de modelo organizador do pensamento como um sistema integrado por representações mentais que fazemos do que consideramos importante da realidade, e quer representar não toda ela, mas parte dela. Estes modelos é que nos permitem aprender e compreender o mundo possível para cada um de nós, orientado as questões de ordem cognitiva, afetiva, social ou moral. Aprender significa modificar um modelo representacional explicativo construído acerca de um determinado evento e implica, portanto, em uma mudança de ideias. Ter um modelo organizador facilita compreender o

mundo dentro das possibilidades mentais do sujeito e lhe permite identificar o significado dos dados de uma situação problema e correlacioná-los.

Damásio (1994, p.12) ao escrever a introdução de seu livro *O Erro de Descartes, emoção, razão e o cérebro humano* diz:

Comecei a escrever este livro com o intuito de propor que a razão pode não ser tão pura quanto a maioria de nós pensa que é ou desejaria que fosse, e que as emoções e os sentimentos podem não ser de todo uns intrusos no bastião da razão, podendo encontrar-se, pelo contrário, enredados nas suas teias, para o melhor e para o pior. É provável que as estratégias da razão humana não se tenham desenvolvido, quer em termos evolutivos, quer em termos de cada indivíduo particular, sem a força orientadora dos mecanismos de regulação biológica, dos quais a emoção e o sentimento são expressões notáveis.

Damásio (2004, p.16) defende a necessidade de se descobrir a função da emoção e dos sentimentos “A emoção e os sentimentos constituem a base daquilo que os seres humanos têm descrito há milênios como alma ou espírito humano”. Damásio (1994, p.16) discute um aspecto que interessa a essa pesquisa: “a perspectiva de que o corpo, tal como é representado no cérebro, pode constituir o quadro referencial indispensável para os processos neurais que experienciamos como sendo a mente”. Significa que utilizamos nossos próprios organismos como referência para as interpretações sobre o mundo à nossa volta e também para a construção de nossa subjetividade. Assim, não parece lógico pensar em uma mente existindo senão integrada ao corpo e para este corpo.

O cérebro humano forma, com o restante do corpo, um organismo integrado por circuitos bioquímicos e uma rede neural. Este organismo interage com o meio ambiente como um conjunto corpo e mente. Este conjunto é responsável por fenômenos mentais que somente podem ser compreendidos nessa interação. Estudando pacientes neurológicos com lesões que causaram distúrbios de memória, linguagem e do raciocínio, Damásio (1994, p. 17) afirma que “Em relação ao cérebro, o corpo, em sentido estrito, não se limita a fornecer sustento e modulação: fornece, também, um tema básico para as representações cerebrais”. Os sentimentos humanos, como amor e ódio; a bondade e a crueldade; a solução científica de um problema ou o desenvolvimento de novo equipamento têm base nas redes neurais que existem no cérebro desde que este esteja em interação com o corpo. Diz ainda Damásio, neste mesmo ponto, “A alma respira através do corpo, e o sofrimento, quer comece no corpo ou numa imagem mental, acontece na carne”.

O conhecimento da neurociência aplicado à educação proporciona ao professor em formação a base para a compreensão de como seus alunos aprendem. Assim ele pode favorecer as operações mentais implícitas na aquisição do conhecimento que pretende alcançar com o processo ensino e aprendizagem.

Tratar um conhecimento complexo desconsiderando o papel dos modelos organizadores de pensamento, isto é, sem partir do conhecimento prévio e da história de vida do aluno termina por tornar incompreensível este conhecimento. Não compreendendo o conhecimento, resta ao aluno memorizá-lo e repeti-lo como condição de aprovação e avanço na vida acadêmica. A fragmentação do conteúdo, principalmente os de maior complexidade, leva a subespecialização exagerada. Isso dificulta a apreensão do conhecimento. A educação, a prática pedagógica e o ensino escolar participam da construção de modelos organizadores de pensamento ao propor um olhar integrado, interconectando tudo ao todo e mantendo as características específicas de cada saber.

Como deve ser construída, preferencialmente, a ação docente? Para a aprendizagem ou para o ensino? Em como ou o que o aluno aprende? Em memorizar ou criar e analisar? Avaliar o desempenho ou a compreensão? Considerar suas convicções ou valorizar a autonomia e a iniciativa do aluno?

O papel da educação como reorientadora da integridade do complexo cérebro-mente é reconhecido nestas questões apresentadas.

4.3 Proposições de Vigotski⁹⁵

No início do século XX um grupo de pesquisadores coordenado por Vigotski produziu conhecimentos pioneiros e avançados que contribuíram para a compreensão do pensamento humano como uma função do sistema nervoso central. Estes conhecimentos contribuíram para

⁹⁵ Em decorrência de o idioma russo possuir um alfabeto distinto do nosso, têm sido utilizadas muitas formas de escrever o nome desse autor com o alfabeto ocidental. Os americanos e os ingleses adotam a grafia Vygotsky. Muitas edições em outros idiomas, por resultarem de traduções de edições norte-americanas, adotam essa mesma grafia. Os alemães adotam a grafia Wygotski que se aproxima daquela das obras escolhidas em espanhol, com a diferença da utilização da letra “W” que em alemão tem o mesmo som que a letra “V” em português. Em obras da e sobre a psicologia soviética publicadas pela então editora estatal soviética, a Editora Progresso de Moscou, traduzidas diretamente do russo para o espanhol, como, por Exemplo, Davitov & Shuare (1987), é adotada a grafia Vigotski. A mesma grafia tem sido adotada em publicações recentes, no Brasil, de partes da obra desse autor (Vigotski, 1996a, 1998 e 1999). Adotaremos aqui esta grafia, mas preservando nas referências bibliográficas a grafia utilizada em cada edição, o que nos impedirá de padronizar a grafia do nome deste autor. (DUARTE, 2006, p.2)

se compreender como acontece o progresso da aprendizagem na cultura. O universo da mente humana é vasculhado constantemente em busca de respostas quer de cunho religioso, filosófico, científico no desejo de se compreender ser humano.

Esta pesquisa não tem a intenção, em absoluto, de aprofundar os conceitos de Vigotski o que exigiria um estudo minucioso como os que vêm sendo realizados por diversos autores. Ao trazer estes conceitos para pesquisa, a intenção é alicerçar a discussão do tema mente e cérebro na educação. Sendo um autor que muito pesquisou e inspira diversos estudos sobre a mente humana, sua contribuição é muito valiosa. Sua produção é muito intensa e, por este motivo, vários conceitos são comentados dentro dos objetivos deste estudo, sem o intuito de esgotá-los.

Vigotski (2007, p. 3) se inquieta com questões como “Qual a relação entre os seres humanos e o seu ambiente físico e social?”. Ele amplia este questionamento para as atividades de trabalho e suas consequências psíquicas, para a natureza da relação entre o uso de instrumentos e o desenvolvimento da linguagem.

Estudando a linguagem - elemento simbólico básico das formações humanas - procurou compreender as origens do psiquismo humano. São questões que contribuem em muito para esta pesquisa.

A discussão sobre o cérebro e a mente permeava a psicologia no início do século XX quando foi realizado o primeiro Congresso Soviético de Neurologia e nele se instalou uma crise na psicologia de Moscou. Conta Luria (1992) que Georgii Ivanovich Chelpanov havia publicado um tratado de psicologia para as escolas secundárias, “Cérebro e Mente”, discutindo a relação entre a experiência subjetiva e o mundo material. Diz Luria (1992, p.34) “Nele, Chelpanov abordava o mais sério problema da psicologia européia da época: é o cérebro um lugar de interação entre a mente e matéria, ou as duas funcionariam paralelamente?”.

Estudar os estados subjetivos da mente foi e continua sendo um ponto delicado da neurociência. Chelpanov teve o apoio de Pavlov em sua ideia de separar o cérebro e a mente em seus estudos. Chelpanov considerava que o marxismo explicaria a organização social, mas não as propriedades da consciência de cada indivíduo. Recebeu críticas de outro psicólogo Kornilov que propunha a psicologia submissa a uma estrutura marxista com bases comportamentais. Assumindo o cargo de Chelpanov, Kornilov formou sua equipe contando com Vigotski e Luria, entre outros. “Nesse ano (1924) conheci Lev Semionovitch Vygotsky. Este acontecimento representou um ponto de virada em minha vida e na de meus colegas da psicologia soviética”. (LURIA, 1992, p.41). Uma pessoa de ideias claras, habilidade em

solucionar problemas complexos, conhecimento diversificado e uma grande capacidade de antever o futuro são descritores de Luria sobre Vigotski.

O segundo Congresso Psiconeurológico de Leningrado foi marcado pela crítica de Vigotski a Kornilov ao defender a permanência do conceito de consciência na psicologia e propondo que a mesma fosse estudada por métodos objetivos. Propôs o método do materialismo histórico dialético tendo o símbolo (linguagem e sinais) como mediador entre o indivíduo e o social. Buscando aproximar o estudo dos processos neurais elementares ao estudo dos processos psicológicos superiores é que formulou uma teoria marxista do funcionamento da mente.

O grupo formado por Vigotski, Luria e Leontiev produziu estudos que contribuem para estudos atuais sobre a mente, a linguagem, a dimensão afetiva e cognitiva, a cultura, o pensamento humano numa perspectiva integralizadora do homem. Este grupo analisou os estudos de Piaget. Luria (1992, p.47) faz um comentário sobre as pesquisas conduzidas por este autor: “Uma diferença fundamental, referente à interpretação da relação entre pensamento e linguagem, distinguia nosso trabalho do desse grande psicólogo suíço”.

Sob a influência de Marx, “Vigotski concluiu que as origens das formas superiores de comportamento consciente estavam nas relações sociais do indivíduo com o meio externo” (LURIA, 1992, p. 48). Não está implícito que o homem seja um produto do meio, mas o aponta como um agente ao criar este ambiente. A esta abordagem Vigotski chamou de psicologia cultural, instrumental ou histórica.

Para Luria o aspecto cultural se relacionava com os modos socialmente estruturados de se propor tarefas para as crianças e o modo como ferramentas físicas e mentais são apresentadas a elas com o fim de se viabilizar a execução destas tarefas. Instrumental se referia a todas as funções psicológicas superiores. O elemento histórico se funde ao cultural. (LURIA, 1992, p. 49). As ferramentas que o homem utiliza vão dominar o ambiente e seu próprio comportamento. Estas ferramentas não surgiram do nada, mas foram inventadas e aperfeiçoadas no curso de sua história social. Através destes instrumentos o homem expandiu sua capacidade de conhecimento “tornando a sabedoria do passado analisável no presente e aperfeiçoável no futuro.” (LURIA, 1992, p.49).

Para Luria esses três elementos são aplicáveis ao desenvolvimento infantil. A partir do nascimento os adultos buscam, ativamente, incorporar a criança em sua cultura. As respostas iniciais da criança ao mundo são dominadas por processos naturais. Para Luria (1992, p. 50) através da intervenção constante de adultos, processos psicológicos mais complexos e instrumentais começam a tomar forma. São processos intersíquicos compartilhados. O adulto

faz a mediação do contato da criança com o mundo. Estes processos compartilhados com o adulto vão se tornando próprios da criança e a resposta mediada passa a ser intrapsíquica. Esta interiorização associa a natureza social à natureza psicológica da criança.

Segundo Luria (1992) o grupo de Vigotski acreditava que as funções mentais superiores surgem da interação dos fatores biológicos com os fatores culturais (que ocorreram no processo evolutivo do ser humano). Comparando o desempenho das funções intelectuais de diferentes culturas, o grupo pesquisou a mente humana.

As ideias de Durkheim em relação aos processos básicos da mente humana como tendo sua origem na sociedade, influenciaram Vigotski. Foram muitos anos de pesquisa e observação de crianças com desenvolvimento normal e com atraso, gêmeos, escolares, pacientes com sequelas de doenças neurológicas (afásicos, parkinsonianos), modelos experimentais para investigação neurofisiológica do cérebro que nos trouxeram uma pesquisa cujo “objeto é ver e entender a maneira pela qual uma determinada coisa ou objeto se relaciona a outras coisas e objetos. [...] De fato, são as ideias que permanecem. Mas são os seres humanos que lhes dão vida”. (LURIA, 1992, p. 228).

Na visão de Pérez Córdoba⁹⁶ (2009, p. 19) a questão de Vigotski é como o ser humano adquire o conhecimento:

Todo trabalho científico sério se estabelece com uma ou mais perguntas, para as quais se supõe a necessidade de buscar uma resposta. Nas páginas anteriores, já se viu que Jean Piaget essencialmente se pergunta como o ser humano passa de um estágio para outro, em outras palavras, como se criam novas estruturas mentais para se compreender e se interpretar a realidade. A pergunta que Vigotski se faz é distinta e propõe: como o ser humano adquire o conhecimento. A resposta que este pensador desenvolve para esta pergunta se constitui no que hoje se poderia denominar o construtivismo social, ou sócio construtivismo. Nota-se que Piaget e Vigotski apresentam perguntas distintas, por isso, também, encontram respostas diferentes que até podem se complementar.

As contribuições de Vigotski mudaram os conceitos anteriores colocados por Pavlov⁹⁷. Este havia demonstrado, através de experimentos com cães, o desenvolvimento de

⁹⁶ PÉREZ CÓRDOBA, R. A – doutor em Ciências da Educação com ênfase em investigação educativa. Professor do mestrado em Psicopedagogia da Universidade de La Salle, Bogotá, Colômbia.

⁹⁷ PAVLOV, Ivan Petrovich - Premio Nobel de Medicina de 1936. Suas pesquisas sobre condicionamento, processo que descreve a gênese e a modificação de alguns comportamentos com base nos efeitos do binômio estímulo-resposta sobre o sistema nervoso central dos seres vivos, levaram a conclusões deram material ao behaviorismo (teoria proposta por Watson) para afirmar que o ser humano aprende essencialmente através da imitação, observação e reprodução dos comportamentos dos outros, e que nossas ações são meras respostas ao ambiente externo. (WIKIPEDIA, 2011 b).

comportamentos em resposta a estímulos ambientais. Ele procurava explicar os comportamentos sem a necessidade de se compreender o que ocorre em nível mental e psicológico. Estes conceitos ganharam maior força com as teorias comportamentalistas⁹⁸ do behaviorismo.

Acreditava-se que o ser humano aprende essencialmente por imitação, observação e reprodução de comportamento. As ações seriam simples respostas ao meio ambiente. Vigotski contestou estes conceitos demonstrando que o sistema nervoso é funcionalmente dinâmico e mutável como resposta a exposição aos estímulos ambientais. A neuroplasticidade define este conjunto de capacidades do cérebro e seu estudo tem se ampliado. A neuroplasticidade é um conjunto de recursos do sistema nervoso para se adequar às necessidades do indivíduo em sua vida diária. A compreensão do papel mediador da cultura, especificamente da linguagem, no desenvolvimento das funções mentais superiores foi uma de suas importantes contribuições. Não se pode dizer que um método seu para a educação, mas se reconhece sua inspiração e influência crescente na pedagogia e na formação de professores. É um autor que se preocupou com a escola, com o professor e com a intervenção pedagógica. Molon⁹⁹. (2003, p.2) ressalta que, na visão de Vigotski:

[...] uma das primeiras exigências de um professor é que ele seja um profissional cientificamente instruído e um professor de verdade, que deve basear seu trabalho em uma base científica, conseqüentemente, deve ter um elevado conhecimento do objeto da técnica da sua área. Além disso, deve ter um embasamento cultural bastante vasto. Para ele, o trabalho educativo e pedagógico deve estar precisamente vinculado ao trabalho criador, social e vital; com isso, poderá estar implicado em transformar a educação em uma criação de vida.

Para Vigotski (2007, p.3) três aspectos não haviam recebido o tratamento adequado nos estudos da psicologia de sua época e que têm respostas em suas pesquisas e de seus seguidores:

Qual a relação entre os seres humanos e o seu ambiente físico e social?
Quais as formas novas de atividade que fizeram com que o trabalho fosse o meio fundamental de relacionamento entre o homem e a natureza e quais são

⁹⁸ Focadas na relação Estímulo-Resposta. A aprendizagem é uma aquisição de comportamentos através de relações mais ou menos mecânicas entre um Estímulo e uma Resposta.

⁹⁹ MOLON, Susana Inês - Possui graduação em Psicologia pela Universidade Católica de Pelotas (1988), mestrado em Psicologia (Psicologia Social) pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1995) e doutorado em Psicologia (Psicologia Social) pela PUC/SP (2000). Atualmente é pós-doutoranda no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Estadual de Campinas - Unicamp.

as consequências psicológicas dessas formas de atividade? Qual a natureza das relações entre o uso de instrumentos e o desenvolvimento da linguagem?

Os modelos de estudo para explicar cientificamente o desenvolvimento infantil, que anteriormente partiam da botânica e passaram a ter como base a zoologia também o incomodaram (2007, p.4) quando diz:

Em resposta a essa crítica, a psicologia moderna subiu um degrau na explicação científica, adotando modelos zoológicos como base de uma nova abordagem geral, na compreensão do desenvolvimento infantil. De [prisioneira da botânica, a psicologia infantil torna-se, agora, encantada pela zoologia...]. Observa-se que tanto os resultados dessa experimentação, como o próprio procedimento para obtê-los estão sendo transpostos dos laboratórios de experimentação para as creches.

Com seus colaboradores desenvolveu trabalhos com a atenção voltada pra a importância de se compreender a atividade prática da criança em idade de início da fala. O autor teve o cuidado em explicitar que suas premissas não partem de comparações a partir de pesquisa com animais. Preocupa-se em descrever e especificar que se trata de pesquisa do desenvolvimento de formas de inteligência prática humana. Vigotski (2007, p.11) diz:

[...] o momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento convergem.

Antes de controlar o próprio comportamento, a criança inicia por fazê-lo no ambiente com o auxílio da fala, produzindo novas relações com o ambiente e uma nova organização do seu comportamento. As suas observações o levaram a concluir que “as crianças resolvem suas tarefas práticas com a ajuda da fala, assim como dos olhos e das mãos”. (VIGOTSKY, 2007, p.13). Ele propõe uma unidade percepção-fala-ação para a internalização do campo visual como objeto central da origem das formas particularmente humanas de comportamento. A específica capacidade humana para a linguagem torna a criança hábil em providenciar instrumentos que a ajudem na solução de problemas difíceis, a planejar uma solução antes de executá-la e a controlar seu próprio comportamento.

Para Vigotski (2007, p. 12) “A criação dessas formas caracteristicamente humanas de comportamento produz, mais tarde, o intelecto, e constitui a base do trabalho produtivo: a forma especificamente humana de uso de instrumentos”. “As funções cognitivas e

comunicativas da linguagem tornam-se, então, base de uma nova e superior atividade nas crianças, distinguindo-as dos animais”. (VIGOTSKY, 2007, p. 18)

O desenvolvimento, segundo Vigotski (2007) se faz segundo planos genéticos. O psiquismo não é inato como, também, o indivíduo não o recebe pronto do ambiente. Existe um aspecto interacionista somando o que o indivíduo tem, com o que recebe. O conhecimento não é dado, transmitido e nem é inato. Entende-se que o conhecimento depende de uma matriz genética e do meio sociocultural. Seriam quatro entradas para o desenvolvimento psíquico: a filogênese, a ontogênese, a sociogênese e a microgênese.

A filogênese tem os aspectos inerentes à espécie, que limitam e também lhe dão possibilidades específicas para o seu desenvolvimento. Existem características da espécie humana que lhe garantem o funcionamento psíquico. Dentre estas está a plasticidade do seu cérebro. A ontogênese se relaciona ao desenvolvimento do ser desde sua origem que se mantém para cada espécie. O ser humano tem uma sequência de desenvolvimento que se repete para todos. A sociogênese diz respeito a cultura como fator de ampliação das capacidades humanas. A microgênese revela aspectos de cada fenômeno psicológico tem sua história de como se desenvolve cada função mental. Na microgênese se constrói a singularidade de cada ser a partir da história pessoal. A filogênese, a ontogênese e a sociogênese trazem consigo uma quantidade de determinismo biológico e cultural.

4.4 Aprendizagem e desenvolvimento

Meira¹⁰⁰ (1998, p. 62) diz que “A escola é a instância socializadora do conhecimento historicamente acumulado” que tem na ação docente a concretização da tarefa de ensinar os elementos culturais que devem ser assimilados pelos alunos. São muitos os desafios a serem enfrentados pelo professor que, além da definição de conteúdos e metodologia deve reconhecer em seus alunos o modo e o ritmo particular que aprendem.

Os alunos não aprendem por não estarem “prontos”? Não aprendem por alguma “imaturidade” neurológica, intelectual ou emocional? Como compreender o processo de desenvolvimento e a aprendizagem?

Construir um processo educacional humanizado exige que se reveja o círculo vicioso criado em torno de limites, quer do aluno que não aprende porque não é capaz e desinteressado ou do professor incompetente e descomprometido.

¹⁰⁰MEIRA, Maria Eugênia Melillo– professora assistente doutora do Departamento de Psicologia da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, UNESP campus Bauru, SP.

A contribuição da neurociência para a educação enseja uma melhor compreensão dos processos envolvidos no processo ensino-aprendizagem viabilizando-o. Nesse sentido, na teoria histórico-cultural encontramos outro olhar sobre o desenvolvimento e a aprendizagem. Segundo Meira (1998, p.64)

Para Vygotsky, o principal fato humano é a transmissão e assimilação da cultura. Assim, a aprendizagem é alçada a uma posição de extrema importância, na medida em que se constitui em condição fundamental para o desenvolvimento das características humanas não naturais, mas formadas historicamente, o que equivale dizer, para o ser e agir no mundo.

A compreensão da relação entre aprendizado e desenvolvimento, segundo Vigotski (2007, p. 87) é “o mais obscuro de todos os problemas básicos necessários à aplicação de teorias do desenvolvimento da criança aos processos educacionais”.

O autor aponta as três concepções existentes da relação desenvolvimento e aprendizagem. A primeira pressupõe que o processo de desenvolvimento é independente da aprendizagem. Nesta visão, a aprendizagem é um processo externo e sem envolvimento ativo no desenvolvimento que se utiliza dele sem, no entanto, impulsioná-lo. O desenvolvimento e a maturação condicionam o aprendizado e o deixam inalterado. Binet e Piaget são exemplos de autores que defendem estes princípios teóricos. Uma segunda visão teórica afirma que aprendizado é desenvolvimento. Aqui temos um agrupamento de teorias com características diferentes. Um grupo, dentre estes, se firma no conceito de reflexos condicionados em que o processo de aprendizado se reduz à formação de hábitos e comportamentos adquiridos. O desenvolvimento seria a acumulação de respostas possíveis a um estímulo. Eles consideram que os processos de aprendizado e desenvolvimento do sistema nervoso sejam simultâneos e superpostos. A terceira é uma posição que tenta superar o limite das propostas anteriores combinando-as. Nela o desenvolvimento tem como base dois processos, diferentes, mas que se relacionam e se influenciam mutuamente: a maturação e o aprendizado. A maturação depende do desenvolvimento do sistema nervoso e a aprendizagem significa também neurodesenvolvimento. O processo de aprendizagem, nesta visão, estimula o processo de maturação e tem um papel no desenvolvimento infantil. Movimentos pedagógicos se valeram deste princípio para ensinarem assuntos que, mesmo irrelevantes, poderiam estimular o desenvolvimento intelectual da criança. Vigotski (2007, p. 91) comenta que:

De acordo com Thorndike¹⁰¹, teóricos em psicologia e educação acreditam que toda aquisição de uma resposta em particular aumenta diretamente e em igual medida a capacidade global. Os professores acreditavam e agiam com base na teoria de que a mente é um conjunto de capacidades – poder de observação, atenção, memória, pensamento, e assim por diante – e que qualquer melhora em qualquer capacidade específica resulta numa melhora geral de todas as capacidades.

Esta premissa significaria, na prática, que se alguém aprender a fazer bem uma determinada atividade, também fará outras não relacionadas, e que o desenvolvimento de uma capacidade promove o desenvolvimento de outras. O autor (2007, p. 92) diz que o próprio Thorndike “demonstrou que formas particulares de habilidades dependem de habilidades específicas e do material necessário para o desempenho daquela tarefa em particular”. Para Vigotski (2007) a melhora de uma função mental ou de um aspecto da sua atividade só pode afetar o desenvolvimento de outra função na medida em que existam elementos comuns a ambas as funções ou atividades.

Rejeitando todos os conceitos anteriores para explicar a relação entre aprendizado e desenvolvimento, propõe que a questão, por sua complexidade, seja analisada em dois tópicos:

- a relação geral entre aprendizado e desenvolvimento;
- aspectos específicos dessa relação na criança que atinge a idade escolar.

O autor já havia identificado em suas pesquisas que o aprendizado da criança inicia muito antes de sua chegada à escola. As situações de aprendizado escolar têm muitas histórias, uma experiência vivida anteriormente pela criança. Para Vigotski não existe base para que se pense que o aprendizado que ocorre no período pré-escolar seja diferente da assimilação de fundamentos científicos que ocorre no período escolar. A diferença entre um aprendizado e outro não está restrito à característica de que um seja não-sistematizado e o outro sistematizado.

Vigotski (2007, p.94) propõe um conceito que possibilita um novo olhar sobre este assunto: o conceito de zona desenvolvimento proximal. Ele não nega que exista uma relação entre o nível de desenvolvimento e a capacidade potencial de aprendizagem. O que o autor propõe é que existem dois níveis de desenvolvimento: o atual e uma zona de desenvolvimento próximo de ocorrer. O primeiro nível é resultado do processo de desenvolvimento e a criança executa sozinha. O segundo corresponde ao que a criança é capaz de executar com o auxílio

¹⁰¹ THORNDIKE, Edward Lee - psicólogo americano é conhecido pela lei dos efeitos (ênfase nas sensações agradáveis e desagradáveis como elemento de fixação de respostas), uma das bases para o behaviorismo de Skinner.

de um adulto ou outras crianças mais experientes. Este conceito ficou conhecido como zona de desenvolvimento proximal.

Este é um espaço de atuação do professor para ampliar o conhecimento do aluno. O desenvolvimento ocorre pela mediação. Reconhecer o que o aluno é capaz e o que não consegue realizar sem ajuda expõe o que está na zona de desenvolvimento proximal. Aqui o conhecimento é construído em conjunto com o aluno e leva ao desenvolvimento. Alcançando a autonomia, o aluno deve transferir para a zona de desenvolvimento real este aprendizado. Para Vigotski (2007) o nível de desenvolvimento real é o nível de desenvolvimento das funções mentais definido pelos ciclos de desenvolvimento completados, e que se admite como indicativo da capacidade mental da criança fazer algo por si mesma. O que a criança consegue fazer orientada por um adulto ou com a ajuda de companheiros mais capazes é conceituado como desenvolvimento potencial. O curso do aprendizado pode ser muito diferente em crianças com níveis de desenvolvimento mental próximos porque a capacidade de aprender sob orientação varia muito.

A zona de desenvolvimento proximal está compreendida no espaço em que a criança não pode resolver, por si só, problemas propostos, mas consegue fazê-lo com assistência. Esta zona de desenvolvimento proximal ocorre porque as funções mentais presentes ainda não passaram pelo processo de maturação. Este é um conceito precioso para o educador para que compreenda o curso do desenvolvimento da criança. Entende-se que mesmo com ciclos de processos de maturação completados e os que ainda estão em formação podem desenhar os passos seguintes imediatos do desenvolvimento, assim como sua dinâmica. Reforça-se o entendimento do aprendizado humano em sua natureza social específica como um processo através do qual a criança adentra na vida intelectual do seu grupo. Testes de diagnóstico do desenvolvimento já foram os orientadores para a identificação do nível intelectual limitante para se admitir a criança no processo educacional. O aprendizado orientado para os níveis de desenvolvimento já atingidos não é eficaz em proporcionar o desenvolvimento global desejado. O aprendizado orientado para a zona de desenvolvimento proximal trás consigo a proposta do “bom aprendizado” e se adianta ao desenvolvimento.

“Por conseguinte, o único tipo correto de pedagogia é aquele que segue em avanço relativamente ao desenvolvimento e o guia; deve ter por objetivo não as funções maduras, mas as funções em vias de maturação.”(VIGOTSKI, 2001, p. 193).

Vigotski (2007, p. 103) esclarece alguns pontos de sua proposta:

[...] um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal, ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança. Desse ponto de vista, aprendizado não é desenvolvimento; entretanto, o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas. Resumindo, o aspecto mais essencial de nossa hipótese é a noção de que os processos de desenvolvimento não coincidem com os processos de aprendizagem. Ou seja, o processo de desenvolvimento progride de forma mais lenta e atrás do processo de aprendizagem; desta sequenciação resultam as zonas de desenvolvimento proximal.

“O aprendizado e o desenvolvimento ocorrem desde o primeiro dia de vida”, diz Vigotski (2007, p.95), e o aprendizado deve ser combinado de alguma maneira com o nível do desenvolvimento da criança. Não se pode limitar à determinação de níveis de desenvolvimento para se avaliar as relações entre o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizado. Vigotski (2007) reconhece que o aprendizado e o desenvolvimento formam uma unidade, mas com identidades próprias, em que um seja convertido no outro. Embora se relacionem diretamente, os dois nunca são realizados na mesma medida ou simultaneamente. O desenvolvimento do indivíduo, nesta perspectiva, é consequência das relações do meio para o eu. A trajetória do desenvolvimento está ligada ao fator cultural. O conhecimento se dá em um contexto em que as influências sociais interferem mais que as biológicas. O processo de ensino-aprendizagem deve propiciar a apropriação da cultura e o consequente desenvolvimento do indivíduo.

A aprendizagem da criança inicia-se muito antes de sua entrada na escola, isto porque desde o primeiro dia de vida, ela já está exposta aos elementos da cultura e à presença do outro, que se torna o mediador entre ela e a cultura. A criança aprende a falar e a gesticular, a nomear objetos, a adquirir informações a respeito do mundo, a manusear os objetos da cultura; ela se comporta de acordo com as necessidades e as possibilidades. São os elementos apropriados do mundo externo que promovem o desenvolvimento do organismo e a aquisição de capacidades superiores próprias do psiquismo humano. Como consequência, a aprendizagem adquire uma grande importância na definição dos rumos do desenvolvimento. É porque a pessoa aprende que ela se desenvolve. O caminho do desenvolvimento está em aberto em decorrência das variáveis da cultura e da especificidade de cada indivíduo em sua

interação com o mundo. Em sua teoria, as funções mentais são como sistemas funcionais dinâmicos que não têm uma localização específica, numa área anatômica definida do cérebro.

O cérebro é uma estrutura com grande plasticidade, dinâmico, que varia ao longo da história da humanidade e do desenvolvimento de cada indivíduo. Concepções próprias sobre o processo ensino-aprendizagem colocam aquele que aprende e aquele que ensina numa relação interligada através do que ele chama de mediação, como pressuposto da relação eu-outro social. Esta interação pode ocorrer através de signos, símbolos culturais e objetos, não necessariamente pela presença corpórea do outro. Para Vigotski (2007, p. 99) “uma compreensão plena do conceito de zona de desenvolvimento proximal deve levar à reavaliação do papel da imitação no aprendizado”. Vigotski (2007, p.112) considera “enorme a influência do brinquedo no desenvolvimento de uma criança”, e afirma (2007, p. 116) que:

No brinquedo, a criança opera com significados desligados dos objetos e ações aos quais estão habitualmente vinculados; entretanto, uma contradição muito interessante surge, uma vez que, no brinquedo, ela inclui, também, ações reais e objetos reais. Isso caracteriza a natureza da transição da atividade do brinquedo: é um estágio entre as restrições puramente situacionais da primeira infância e o pensamento adulto, que pode ser totalmente desvinculado de situações reais.

As maiores aquisições de uma criança são conseguidas no brinquedo. Estas aquisições é que no futuro vão se tornar seu nível básico de ação real e moralidade. (VIGOTSKI, 2007). Vigotski também utilizou o desenho infantil para compreender o desenvolvimento e o considera como um estágio preliminar para o desenvolvimento da escrita. Afirma que a criança, chegando à adolescência, diminui progressivamente sua necessidade de expressar suas idéias, imaginação e conhecimento pelo desenho.

Barbosa-Lima e Carvalho¹⁰² (2008, p.3) comentam o pensamento de Vigotski sobre o desenho infantil:

Para esse autor as crianças não desenhavam aquilo que vêem, mas sim o que sabem a respeito dos objetos. Então, podemos afirmar que representam seus pensamentos, seus conhecimentos e/ou suas interpretações sobre uma dada situação vivida ou imaginada.

O impacto do trabalho de Vigotski é ao mesmo tempo geral e específico. Com o reconhecimento da importância de suas idéias para o futuro, John-Steiner (2007, p.168) diz:

¹⁰² Pesquisadores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro / Instituto de Física Armando Dias Tavares, Brasil & Universidade de São Paulo / Faculdade de Educação, Brasil.

“Seu legado num mundo cada vez mais destrutivo e alienante é oferecer, através de suas formulações teóricas, um instrumento poderoso para a reestruturação da vida humana com a finalidade de garantir a própria sobrevivência”¹⁰³.

Para Nuñez (2009, p.25) a concepção de aprendizagem desenvolvida por Vigotski “é uma atividade especificamente humana orientada para um objetivo”. É uma atividade centrada no aluno como sujeito ativo e é transformadora. A aprendizagem sofre a mediação de instrumentos (ou ferramentas técnicas) e signos (ou ferramentas psicológicas). O signo está na pessoa e faz a mediação da relação e atitude desta com os outros e consigo. Os signos são transformadores da atividade psíquica, mas não provocam nenhuma mudança no objeto. Temos como exemplos de ferramentas psicológicas e seus sistemas complexos a linguagem, técnicas de memorização, sistemas algébricos, esquemas, diagramas, mapas. A introdução de uma ferramenta psicológica em uma função mental promove uma transformação nesta função, por exemplo, a linguagem atuando na memória. As ferramentas psicológicas facilitam uma função mental. Os instrumentos ou ferramentas se interpõem entre o sujeito e o objeto da atividade. A mediação diz respeito a intermediação, que interpõe algo entre uma coisa e outra. A relação do homem com o mundo é mediada. O relacionamento do homem com o mundo se dá através de ferramentas, concretamente. Os signos fazem uma intermediação simbólica entre o sujeito e o objeto de conhecimento, entre a mente humana e o mundo, entre o eu e o objeto. Alguns signos, apesar do caráter simbólico têm existência concreta e representam ideias que são partilhadas por outros. Os signos são internos e fazem parte do sistema psíquico humano. Existe, a partir daí, a possibilidade de se relacionar com o mundo simbólico através de representações do mundo. A mente humana, deste modo, transitar nas diversas dimensões de tempo e espaço. A língua é o principal instrumento de representação simbólica. A fala, o discurso é um recurso que faz parte de todos os grupos humanos. O primeiro aspecto da língua é a comunicação. Este aspecto não é específica do ser humano, existindo em animais. O segundo aspecto da linguagem surge com o desenvolvimento como pensamento generalizante. O pensamento generalizante faz da linguagem um instrumento de pensamento fornecendo conceitos, organizando o real, simplificando e generalizando a experiência vivida para que possa ser transmitida a outros.

A língua passa a se relacionar com o pensamento, implicando numa compreensão generalizada do mundo, como categorização e classificar ao nomear. Este é um grande passo na relação do homem com o mundo. (VIGOTSKI, 2001).

¹⁰³ Posfácio da obra: A Formação Social da Mente. L.S. Vigotski. 7ª ed. São Paulo; SP. Martins Fontes; 2007.

O pensamento e a linguagem se fundem na palavra e seu significado é um fenômeno do pensamento. Esta é uma relação que se constrói com o desenvolvimento. O bebê pequeno utiliza a linguagem com a função de intercâmbio social, sem componentes simbólicos. (OLIVEIRA, 2003).

Em determinado momento do desenvolvimento estes dois elementos, pensamento e linguagem, se fundem e não devem mais se dissociar como base importante do funcionamento da mente humana. A relação do pensamento e palavra é intensa e esta não somente o exprime, mas através dela ele passa a existir. A fala socializada é o primeiro uso da língua que a criança utiliza para comunicação na convivência. O máximo de seu desenvolvimento é o discurso interior com um discurso simbólico atrelado ao psiquismo. O pensamento acontece com o suporte da língua, dos conceitos sem a necessidade de se externalizá-lo.

O pensamento de Vigotski teve desdobramentos através de seus colaboradores. As pesquisas de Luria, segundo Oliveira (2003) sobre as funções psíquicas ajudaram na compreensão do funcionamento do sistema nervoso central. Luria apresenta uma das bases da superação da dicotomia cérebro/mente relacionando áreas cerebrais com atividades psíquicas de diversos níveis. Identificou três unidades básicas ao estudar a interação do cérebro e os processos mentais no homem. Ele dividiu o cérebro em três unidades.

A unidade um se relacionada com o estado de consciência, com o nível de atenção e regula o tônus do córtex cerebral. Este é um nível que regula o estado de vigília necessário para que os processos mentais ocorram, através de excitação e inibição. O estado de alerta é exigido para situações em que a mudança de comportamento seja necessária. Atividades básicas relacionadas a fome e saciedade, sono e vigília, controle da percepção de ruídos secundários para não interferir na atenção estão neste nível de funcionamento cerebral. O sistema nervoso tem o controle de sua própria atividade permitindo-lhe adequá-la à situação atual do organismo.

A unidade dois de funcionamento é responsável por obter, analisar, processar e armazenar as informações. Nesta unidade Luria propôs a subdivisão em três áreas: primária, secundária e terciária. As áreas primárias são os locais no córtex cerebral onde terminam as fibras sensitivas responsáveis pela captação dos estímulos gerais (tato, dor, temperatura e pressão) e visuais. Estas áreas registram os estímulos sem qualquer caráter simbólico. Já as áreas secundárias registram o estímulo e lhe dão um conteúdo simbólico. Estas áreas processam as informações que chegam às áreas primárias. As áreas terciárias são áreas de associação entre as diversas áreas secundárias permitindo a experiência multissensorial. Estas

áreas relacionam-se com funções complexas como linguagem, cálculo, esquema corporal e envolve o pensamento. Guardiola¹⁰⁴ (1998, p. 283) comenta:

O aprendizado é processo complexo, dinâmico, estruturado a partir de um ato motor e perceptivo, que, elaborado corticalmente, dá origem à cognição. Os distúrbios de áreas específicas do sistema nervoso central (SNC), relacionadas com a noção do esquema corporal, do espaço e do tempo, constituem as bases neuropatológicas das alterações perceptomotoras ou dispatognósicas, das quais poderiam resultar os quadros de dislexia, disgrafia e discalculia.

Luria distinguiu três princípios para se compreender melhor este segundo sistema se estrutura e funciona. Tuleski (2007, p 180) comenta estas três leis básicas “a lei da estrutura hierárquica das zonas corticais, a lei da especificidade decrescente das zonas corticais hierarquicamente organizadas e a lei da lateralização progressiva de funções”.

Uma terceira unidade responde pela programação, regulação e controle da atividade mental. Uma atividade consciente inicia pela captação do estímulo do ambiente até seu processamento no sistema nervoso central e termina com a produção de uma resposta que pode ser uma ação com atos externos ou uma atividade mental. Uma atividade psíquica envolve com frequência todos estes níveis funcionais gerando uma percepção que mesmo antes do organismo entrar em contato com o estímulo leva o cérebro a elaborar uma série de interpretações do mesmo.

Cada zona e unidade funcional cerebral se desenvolvem em um ritmo sob a interação de múltiplos fatores. Dentre estes fatores se destacam os processos maturacionais ligados à mielinização do sistema nervoso, a neuroplasticidade dando flexibilidade ao cérebro para se reorganizar em determinadas situações. O desenvolvimento neuropsíquico ocorre em meio a todos estes eventos neurológicos, em associação às experiências sociais, históricas, culturais e ambientais.

Luria propôs a revisão dos conceitos envolvidos na definição de funções corticais superiores. Tuleski (2007, p.175) comenta a visão deste autor

Por terem sido formadas ao longo do desenvolvimento histórico e serem sociais em sua origem e complexas e hierárquicas em sua estrutura, estando baseadas em um sistema complexo de métodos e meios culturais, implicando nas formas fundamentais da atividade consciente, deviam ser consideradas, em princípio, como sistemas funcionais complexos como demonstrou

¹⁰⁴ GUARDIOLA, Ana – livre docente em Neurologia Infantil e professora adjunta da Fundação da Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre, RS.

Vigotski, alterando radicalmente a abordagem básica do problema da localização de funções no córtex cerebral.

Num segundo momento, sob o comando de Leontiev¹⁰⁵, os estudos sobre a atividade humana na abordagem histórico-cultural acrescentou um novo paradigma. A teoria da atividade é posteriormente ampliada por outros autores como Galperin (Psicologia Infantil), Boyovich (Psicologia da Personalidade), Elkonin (Psicologia do desenvolvimento), Zaporoyetz (Psicologia da evolução), Levina (Psicologia da Educação). (LIBÂNEO, 2006, p.1).

Leontiev apresentou a teoria da atividade a partir dos conceitos de Vigotski, segundo a qual os seres humanos produzem instrumentos necessários à realização do trabalho além de aperfeiçoá-los, desenvolvê-los e transmitir sua função a outros. A atividade direcionada para um objetivo o transforma em resultado. Uma atividade pode ser executada por diferentes ações, por diferentes motivos. As atividades não são estáticas e proporcionam transformação e desenvolvimento constante em todos os níveis. A teoria da atividade a partir das concepções de Vigotski enfoca a importância do aprendizado pela ação e pela interação sócio-cultural em que ocorre o desenvolvimento das pessoas e da própria atividade. O trabalho transforma o objetivo em resultado pela ação. As funções mentais são formas distintas de atividade, mas o pensar e o fazer não são pólos opostos. Segundo Nuñez (2009, p. 58) “pode-se pensar que qualquer conceito, como imagem de objetos e fenômenos, deve estar relacionado com um tipo específico de atividade”.

E, para este autor, a teoria de Vigotski e a teoria de Leontiev não puderam esclarecer os processos que expliquem a internalização da atividade externa, em atividade interna. Assimilar um conceito não finaliza a aquisição do conhecimento.

Galperin amplia os conceitos de Vigotski com a teoria da assimilação por etapas das ações mentais. (NUÑEZ, 2009). Sua teoria tem uma contribuição metodológica e científica importantes para as atividades de ensino, segundo Nuñez (2009, p. 93) “ao explicar que a assimilação do conhecimento ocorre em etapas fundamentais de sua formação, no sentido da passagem do plano de experiência social para o da experiência individual”.

4.5 Os desafios da neurociência para a aprendizagem

¹⁰⁵ LEONTIEV, Alexei Nikolaevich (1903 — 1979) - psicólogo russo graduado em Ciências Sociais. Participou da criação da psicologia cultural-histórica. (WIKIPÉDIA- Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/Alexei_Leontiev> .Acesso em 20 jul 2011)

Galperin apresenta o modelo formativo-conceitual que, segundo Rezende¹⁰⁶ (2006, p. 1205) “preconiza o aprender por meio da prática, não só a fazer, mas a compreender e depois explicar como e porque age desta ou daquela maneira diante de determinada situação-problema”. Esta concepção é entendida como a aplicação dos princípios propostos por Vigotski e Leontiev. O aluno deve descobrir como associar as características da ação (orientação, execução, problema e contexto) e tomar a decisão da ação que melhor solucione o problema.

Segundo o autor, Galperin avaliou a utilização de ferramentas cognitivas que proporcionem ao aprendiz recursos que auxiliem o pensamento em uma efetiva aprendizagem. Analisando o modelo convencional de ensino, Rezende (2006) detalha o processo. O professor deve fazer uma explanação inicial dos conceitos em sua lógica e fundamentação; a seguir demonstra como os conceitos se formaram desde sua origem até aquele momento; exemplifica situações de sua possível aplicação.

Ao aluno cabe apresentar suas dúvidas, memorizar os conceitos e aprender a utilizar os conceitos em determinadas situações. Existe uma dissociação, que Galperin identificou entre a memorização dos conceitos teóricos e a realidade prática, que não permite uma aprendizagem de qualidade. Como o raciocínio não foi construído, sendo apresentado como pronto, outros exemplos não esclarecerão. Não existe uma situação-problema e, portanto, não existe ação. As atividades de avaliação que o professor apresentar através de exercícios demonstrarão somente que os alunos não dispõem de todas as informações necessárias para um pensamento ativo associado a uma ação. Se os exercícios de avaliação seguirem o modelo da aula os alunos até poderão realizar a atividade proposta, mas torna-se uma aprendizagem desmotivada e improdutiva. Ainda se privilegia o ensino teórico, e a prática se restringe a poucas ações. O conhecimento torna-se abstrato e dissociado das formas materiais onde deverão ser aplicados. Existe com frequência um contraste entre o nível de exigência na avaliação de aprendizagem e as atividades realizadas durante o processo de ensino. O aluno passivo no ensino tem que se tornar ativo na avaliação da aprendizagem. (REZENDE, 2006).

No modelo de ensino aberto, o ensino está estruturado para a aprendizagem através da prática, para a capacidade da descoberta, para aprender a aprender. O professor deve ser o incentivador da observação e desafiar o aluno a buscar respostas e explicações dos conceitos pertinentes. Aqui, os exemplos tornam-se desnecessários já que o aluno os encontra em sua própria experiência. Nesse modelo os resultados variam em função do potencial de cada

¹⁰⁶ REZENDE, Alexandre - Professor da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília (UNB).

aluno. Mesmo neste modelo, mesmo que se consiga que o aprendiz aprenda a reconhecer uma situação-problema e dar respostas mais eficazes a eles, não fica garantido o propósito de se desenvolver a habilidade em se colocar o pensamento em ação. Os problemas do processo ensino aprendizagem são, de modo geral, atribuídos à aprendizagem como falta de prontidão maturacional, problemas no desenvolvimento ou variações individuais. Muitos destes problemas, na verdade, são limitações do modelo de ensino adotado.

O que se busca alcançar é que o aluno selecione referenciais concretos que o ajudem a tomar uma decisão consciente que direcione sua ação em uma situação-problema. Segundo Rezende (2006, p. 1210) o modelo de ensino que Galperin propõe:

[...] o conhecimento é obtido por meio da ação, na medida em que o sujeito, para resolver a situação-problema, tem que aprender a empregar determinados conceitos e, paralelamente, a observar a influencia destes conceitos sobre o contexto em que a ação está inserida.

Neste modelo o ensino é ativo e desenvolvido em etapas com base na teoria sócio-histórica do modo de organização dos conceitos mentais. O conhecimento a ser aprendido deve ser apresentado no formato de situação-problema, devendo já nesta etapa ser operacionalizado na prática. O potencial do aprendiz é levado em conta para se escolher e organizar as atividades. Espera-se que todos mesmo com um mínimo de conhecimento e habilidade preliminar consigam descobrir a solução do problema. As atividades são apresentadas em uma sequencia que permita ao aluno ter sucesso na solução do problema imediatamente permitindo a vivência da situação-problema e não propriamente um exercício. O aluno aprende a lógica operacional dos conceitos antes do processamento final do conhecimento. As situações-problemas se correlacionam e direcionam o aprendiz para a pesquisa de seus aspectos gerais e comuns que podem ser referenciais que direcionam a ação. Para Rezende (2006, p.1212):

De acordo com esse modelo de ensino, denominado nesse estudo de *formativo-conceitual*, quando o aprendiz tem acesso ao significado operacional do conceito e à oportunidade para experimentar sua utilidade na solução dos problemas, não precisa memorizar um conjunto de fórmulas e suas possíveis aplicações. O processo de internalização dos conceitos assume uma dimensão funcional e não apenas informativa, além de, progressivamente, tornar o aprendiz capaz de deduzir as fórmulas sempre que for necessário.

Nos modelos tradicionais de ensino, mesmo o sucesso na aprendizagem tende a ser esquecida. O modelo formativo-conceitual permite ao aluno desenvolver um método de estudo que permita seguir os passos analíticos que o levaram a formular o conceito inicial. Nele o aluno aprende na prática, não só a fazer, mas a entender e depois conseguir explicar como e porque de uma ou outra ação. Nesse modelo podemos alcançar níveis de desenvolvimento de funções mentais não atingidas pelos modelos tradicionais como exemplifica Rezende (2006, p.1213):

a) a consciência, capacidade de interpretar as relações entre cada uma das situações específicas e o seu contexto de ocorrência e b) a aplicação automática, capacidade de transferir a aprendizagem para outras situações equivalentes, que respondem da mesma maneira à aplicação dos conceitos referenciais fornecidos pela base orientadora da ação.

O processo de ensino assim organizado (seleção das situações-problema; apresentação da base orientadora da ação; acompanhamento e reorganização como um todo) tem aspectos que não são totalmente dependentes do aluno. (REZENDE, 2006). A aprendizagem, deste modo organizado inicia-se pelos aspectos externos, objetivos e materiais e termina em nível mental em que as ações se simplificam a ponto de se automatizarem. O objetivo é que o aluno aprenda esquemas de referências conceituais que orientem a ação, e não que aprenda os conceitos em si mesmos. O desempenho não tem um significado em si, mas que o aluno aprendeu e está sendo capaz de colocar em prática as orientações que recebeu de modo que sua ação é consciente e racional. Neste modelo a aprendizagem é facilitada e o “conhecimento é acessível numa faixa etária cada vez mais precoce, comportando um volume e uma complexidade de informações significativamente maiores [...]” (REZENDE, 2006, p. 1213). Esta possibilidade se deve ao potencial latente do aprendiz que os modelos ensino até então não possibilitavam o aproveitamento ou não podiam estimular corretamente. Rezende (2006) discute aspectos relacionados ao termo proposto por Galperin, ações mentais. As ações materiais se explicam por si como uma resposta objetiva a estímulos externos e tem pequena interferência no desenvolvimento do pensamento. Ações mentais referem-se a uma prática consciente, de aplicação das indicações operacionais originadas do conceito com a finalidade de resolver uma situação problema. Existe aqui uma compreensão ampliada dos aspectos mentais como imateriais que tomam um caráter ambivalente e complexo. Implicitamente, as ações mentais têm um conteúdo objetivo e material que é mediado pelos conceitos mentais que a ela se aplicam. Os aspectos materiais e mentais passam a constituir um único processo para promover a transformação progressiva de

um no outro. Para Rezende (2006, p.1216) “Cada vez mais fica evidente que a ação mental não é algo exclusivamente abstrato, que se dirige para uma determinada situação problema, tentando resolvê-la na prática”.

As ações mentais possuem dois componentes que são a execução e a orientação. (REZENDE, 2006). Em relação à execução dependem da habilidade do sujeito, das condições materiais próprias de cada situação problema. Quanto à orientação dependem do nível da inteligência do sujeito e depende do tipo de conceitos mentais disponíveis para o sujeito resolver a situação problema. Externamente podem parecer independentes e de que um possa ser realizado independente do outro, mas representam nuances de uma mesma ação e indissociáveis. Nuñez (2009, p. 94) analisa a teoria de Galperin e considera que sua essência:

[...] consiste em, primeiro, encontrar a forma adequada da ação; segundo, encontrar a forma material de representação da ação e, terceiro, transformar essa ação externa em interna. Nessa transformação, que passa por esses três momentos, são produzidas mudanças na forma de ação, pois, segundo a teoria, o conteúdo permanece o mesmo.

Nuñez (2009) relaciona a zona de desenvolvimento proximal com as etapas da teoria de Galperin, na apropriação de uma habilidade. As estruturas mentais se formam e se desenvolvem no processo. Elas levam ao desenvolvimento das potencialidades do aluno, com a mediação do professor, colegas, livros ou qualquer outro recurso de aprendizagem escolar. Nuñez (2009) discute uma série de princípios didáticos derivados destas teorias que, embora estejam presentes no ensino tradicional, ganharam significados novos. Dentre os vários princípios destacamos o princípio do ensino que desenvolve. Este diz respeito às possibilidades que o ensino e a aprendizagem oferecem para o desenvolvimento integral da pessoa do aluno. É um ensino que “não se esgota na aprendizagem de um dado conteúdo, de forma utilitária e que se esquece com facilidade com o passar do tempo.”(NUÑEZ, 2009, p. 138).

Outro princípio destacado pelo autor é o da vinculação da aprendizagem com a vida, no qual deve ocorrer a vinculação da teoria e a prática. Deste modo se permite ao aluno utilizar seus conhecimentos para participar de modo consciente na compreensão e transformação da prática e de si mesmo. Este é o aprendizado que faz sentido.

O centro da atenção desta concepção de ensino passa a ser o processo de assimilação do aluno.

Já avançamos no século XXI que mostra suas feições bem diferentes do século XX. O movimento rápido e imprevisível é uma marca que conflita com a estabilidade e a transformação lenta de até então. A educação tem procurado respostas para os tempos atuais.

Os conceitos das diversas ciências influenciam na medida em que são incorporados e manuseados atendendo à demanda da educação. As teorias educacionais e os pesquisadores teóricos da educação confrontam conhecimentos e argumentações na busca de respostas para indagações inerentes à ciência da educação.

A neurociência é um saber necessário à formação de professores contribuindo para a compreensão do funcionamento do complexo cérebro-mente.

Existe um espaço entre a neurociência e a educação, entre o neurocientista que estuda a aprendizagem e o pesquisador em educação e a formação de professores, como comenta Noronha¹⁰⁷ (2008, p.1):

Por entender a importância do cérebro no processo de aprendizagem, consideram-se, aqui, as contribuições da Neurociência para a formação de professores, com o objetivo de oferecer aos educadores um aprofundamento a esse respeito, para que se obtenham melhores resultados no processo de ensino-aprendizagem, especialmente, na educação básica.

Construir uma conexão entre as áreas de saber envolvidas na educação passa pela superação de barreiras e pelo desenvolvimento de metodologias que estabeleçam uma linguagem compatível entre a investigação neurocientífica, a pesquisa e a prática educacional, assim como a formação do educador para habilitá-lo a servir-se do pensamento neurocientífico. A análise de Noronha (2008, p.1) é aqui pertinente:

A Neurociência é e será um poderoso auxiliar na compreensão do que é comum a todos os cérebros e poderá nos próximos anos dar respostas confiáveis a importantes questões sobre a aprendizagem humana, pode-se através do conhecimento de novas descobertas da Neurociência, utilizá-la na nossa prática educativa. A imaginação, os sentidos, o humor, a emoção, o medo, o sono, a memória são alguns dos temas abordados e relacionados com o aprendizado e a motivação. A aproximação entre as neurociências e a pedagogia é uma contribuição valiosa para o professor alfabetizador. Por enquanto os conhecimentos das Neurociências oferecem mais perguntas do que respostas, mas cremos que a Pedagogia Neurocientífica esta sendo gerada para responder e sugerir caminhos para a educação do futuro.

Hardiman e Denckla (2009, p.1) discutem a educação com bases científicas e neste contexto ressaltam a importância da neurociência dizendo que “[...] a próxima geração de educadores deverá alargar a sua abordagem centrada não apenas no ensino da matemática, por exemplo, mas também na forma como o raciocínio matemático se desenvolve no cérebro”.

¹⁰⁷ NORONHA, Fátima - Pedagoga com especialização em Psicopedagogia/Psicomotricidade/Mestranda em Ciências da Educação.

A neurociência atual contribui para mudar a visão do cérebro humano. Tradicionalmente este seria um conhecimento das áreas médicas. Um grande interesse por seu estudo pode ser identificado nos frequentes comunicados das diversas mídias e das diferentes áreas de conhecimento e agregando-lhe um valor social que se evidenciava no dia a dia. Ehrenberg¹⁰⁸ (2008, p. 1) diz:

Assim, o cérebro não é mais somente estudado tendo em vista as patologias mentais e neurológicas. Falamos de “cérebro social” para evocar a idéia de que os “comportamentos” sociais se explicam essencialmente pelo funcionamento cerebral. O cérebro aparece então como o substrato biológico que condiciona a sociabilidade e a psicologia humanas. Entre o homem biológico e o homem social, não mais saberíamos bem onde estamos atualmente.

O entendimento mais atualizado do cérebro nos conduz à idéia de uma estrutura altamente complexa, com capacidade plástica e, portanto, um sistema em evolução. As idéias de um cérebro mecânico, com engrenagens que se encaixam como num maquinário não têm suporte científico. Propostas localizacionistas ligando estruturas a funções já foram superadas por um conceito de ações em “massa”, de circuitaria de redes neurais em constante transformação e reorganização. São conceitos que embasam a proposta de se entender o ser humano em seu todo, como uma atitude de pessoa humana.

Fischer (2009) comenta a emergência de um campo de pesquisa em educação envolvendo a neurociência como base. São profissionais e pesquisadores que procuram trabalhar em conjunto em torno de questões e pesquisas para construir o conhecimento útil para a educação.

Existem exemplos bem sucedidos desta aproximação entre profissionais de diferentes campos de conhecimento como a medicina que reúne médicos, biólogos, físicos, fisioterapeutas e enfermeiros em torno do mesmo objetivo das questões de saúde. A pesquisa e a prática se associam em diversas indústrias buscando identificar o produto que atenda um contexto identificado para que se invista em sua produção. Em educação a pesquisa não tem se utilizado desta função da pesquisa. A criação de laboratórios de pesquisa em escolas de educação, já foi proposta, e poderiam garantir a formação e pesquisa com a prática da escola através de um *feedback*. Grandes empresas investem fortunas em pesquisas para que se desenvolvam produtos melhores. As melhores práticas educacionais não se baseiam em

¹⁰⁸ EHRENBURG, Alan– sociólogo francês é pesquisador do Centro de Edgar Morin, co-diretor do Grupo de Pesquisa "Psicotrópicas, Política e Sociedade no CNRS, Diretor do Centro de Investigação psicoterapêutica, Saúde Mental.

pesquisas de evidências sobre o que realmente funciona. Algumas destas avaliações não têm nem mesmo a participação de aluno e professor, ignorando as condições em que os fatos acontecem no cotidiano.

Segundo Fischer (2009), no final do século XX já existia um movimento de pesquisadores que surgiu, quase simultaneamente, em Paris, Tóquio e Cambridge.

O desejo de todos era aproximar a biologia, a neurociência e a educação para que se produzisse um conhecimento mais profundo sobre a aprendizagem e o ensino. Bruno della Chiesa, no ano de 2002, em Paris desenvolveu projetos sobre ciências da educação e pesquisa sobre o cérebro. Em Tóquio, no ano de 2004, Hideaki Koizumi e um grupo de pesquisadores lançaram um movimento para aproximar os estudos em biologia e a educação lançando uma série de estudos longitudinais sobre desenvolvimento e aprendizagem em crianças japonesas. Em Cambridge, no ano de 2004, Kurt Fischer, Howard Gardner e outros pesquisadores iniciaram um programa para estudantes de graduação interessados em neurociência e educação. Segundo Fischer (2009, p. 4)

Ao mesmo tempo, Anne Rosenfeld, Kenneth Kosik e Kelly Williams iniciaram uma série de conferências sobre a Aprendizagem e o Cérebro (principalmente Cambridge) com a finalidade de formar os professores sobre neurociências e genética e como eles se relacionam com as questões educacionais.

Estes pesquisadores iniciaram uma colaboração internacional que resultou na fundação da Sociedade Mente Cérebro e Educação e no lançamento da revista da sociedade. Em 2003, o argentino Antonio Battro iniciou, na Harvard, a realização de seminários internacionais sobre em torno do tema mente, cérebro e educação. Estes encontros se tornaram cada vez mais frequentes pelo grande interesse no tema. As expectativas e os interesses são diversos e nem sempre coerentes com uma prática ética. “Muito do que se apresenta como “educação baseada no cérebro” é ficção não científica. O pequeno caminho percorrido pela neurociência permite afirmar, com relação a educação baseada no cérebro, que os estudantes têm cérebro.” (FISCHER, 2009, p.4).

O modelo mais recente da mente humana tem o cérebro como o órgão central no carreamento da consciência e da aprendizagem. Vidal (2009, 5) traz a referência do cérebro como fonte da personalidade e do *self* criando o termo *brainhood*

Se a personalidade é a qualidade ou a condição de ser uma pessoa individual, *brainhood* poderia nomear a qualidade ou a condição de ser um cérebro. Esta qualidade ontológica definiria o “sujeito cerebral” que tem sido aceito, pelo

menos nas sociedades industrializadas e medicalizadas, desde meados do século XX.

A ideia de que se a pessoa é o seu cérebro não desconhece seu corpo, suas relações, sua cultura e história. Dizer que a aprendizagem ocorre no cérebro não pode significar que quando a pessoa aprende, o conhecimento fica armazenado em seu cérebro até que num determinado momento possa ser recuperado. Seria como se pela manhã, ao acordar seleccionássemos as informações necessárias para as atividades daquele dia.

A aprendizagem é muito mais e utiliza muito mais do que o cérebro. Quando as pessoas aprender algo, elas obtêm um objeto (pensamento, ideia, conceito) e depois dele se apossam. Se desejarem ensinar o que aprenderam devem transmitir a informação a alguém disponibilizando o objeto de conhecimento em uma fonte de busca. As pesquisas em neurociência mostram que o conhecimento é baseado em atividade (Fischer, 2009). Com base nestas pesquisas é que sabemos que a atividade molda, literalmente, a anatomia e a fisiologia de seus cérebros e corpos. A atividade escolar baseada na atividade promove uma aprendizagem que não é simplesmente aquisição de objetos de conhecimento. Se assim fosse não seriam necessários anos de escolarização para se alfabetizar e conhecer as ciências que lhe dão habilidades de ler, compreender, explicar, escrever e ser um cidadão pleno.

Para Vigotski (2007) é necessário a construção de um conhecimento novo para cada geração que não pode ser simplesmente dado ou transmitido. No século XXI, que exige uma constante adaptação dos conhecimentos em relação ao mundo de rápidas mudanças, a memorização de fatos não é suficiente. Faz-se necessário a compreensão dos conceitos. Construir o conhecimento é, literalmente, um processo ativo de pessoas envolvidas em ensinar e aprender. As pessoas constroem o conhecimento para utilizá-lo fazendo coisas no mundo. Fischer (2009) comenta o quanto as pesquisas sobre as diferenças de aprendizagem aumentaram nas últimas décadas. Um fato importante é que dificuldades na aprendizagem podem não envolver defeitos genéticos ou físicos cerebrais. Para cada nível de habilidade adquirida, a atividade cerebral se reorganiza formando novas redes neurais para apoiá-las.

Pesquisadores e profissionais trabalhando em conjunto podem refinar seus procedimentos, gerar novas hipóteses e métodos para a formação de futuros pesquisadores e profissionais docentes. Tomemos o exemplo na agricultura em que pesquisadores e agricultores trabalham juntos realizando testes de campo para melhorar as técnicas agrícolas. Fischer (2009) aponta a deficiência na educação deste tipo de infra-estrutura que crie um terreno científico para que o processo ensino/aprendizagem seja submetido a pesquisa experimental em que a intervenção pedagógica é seguida de avaliação.

O sucesso da aprendizagem está, também, na dependência do currículo, do professor, do contexto da sala de aula e da comunidade como um todo. Serão estes fatores que farão a interação com as características de cada cérebro em particular. (GOSWAMI, 2004). Os estudos demonstrando modificações da estrutura neural que se seguem após o indivíduo passar por um processo educacional são pontuais e não envolvem a avaliação de questões da mente humana. A neurociência não tem se preocupado com os aspectos neurológicos do ensino tanto quanto os relacionados com a aprendizagem.

Strauss (2005)¹⁰⁹ discute aspectos relacionados com o ensino. A possibilidade de que os métodos de neuroimagem possam identificar se os circuitos neurais são especializados para os diferentes aspectos do ensino é uma ideia atraente para este autor. Ensinar tem o aspecto da interação social que envolve funções mentais que já são pesquisadas há algum tempo pela neurociência, como a teoria da mente.

Strauss traz a discussão sobre a possibilidade dos estudos sobre o ensino contribuírem para a neurociência e vice-versa. Este autor acredita que o ensino é uma habilidade cognitiva natural fundamental para a significação do ser humano. A intencionalidade associada ao ensino leva a aprendizagem às mentes dos outros. No ensino existem pressupostos epistemológicos sobre a mente e a aprendizagem. Alguns destes pressupostos se relacionam com o conhecimento, por parte do professor, de que os outros têm mente; que a mente tem conhecimentos e credos; que ela se expressa em palavras, movimentos, comportamentos; que estes conhecimentos podem ser alterados por outros; que o ensino pode causar aprendizagem na mente do aluno.

Para Strauss (2005, p.13) “O ensino, a pedagogia, a transformação social a partir de uma pessoa para outra ou a tentativa de produzi-la em outros, é um dos mais notáveis empreendimentos humanos”. Ensinar, na perspectiva da neurociência, é um empreendimento complexo.

O autor aceita a possibilidade de que o ensino, apesar de ser uma habilidade cognitiva natural, deve ser aprendido. Através de uma analogia com os estudos sobre pré-requisitos para a aprendizagem da linguagem, Strauss (2005) aplica estas condições para ocorra a aprendizagem do ensino. O ensino pode ser aprendido porque as funções cognitivas são adaptativas. O ensino é universal e em muitas de suas formas se liga à cultura podendo ser aprendido pela criança em desenvolvimento. Aprender a ensinar exige um período de tempo, não é espontâneo e exige aquisições conceituais. O autor considera que pesquisar o ensino do

¹⁰⁹ STRAUSS, Sidney – Faculdade de Educação da Universidade de Tel Aviv, Israel.

ponto de vista da neurociência contribui para compreender o ser humano biologicamente, psicologicamente e culturalmente.

Tokuhama-Espinosa apresentou, em 2008, sua dissertação de doutoramento em Filosofia na Escola de Educação da Universidade de Capella, Minneapolis, Minnesota, EUA. A proposta era de apresentar um estudo no desenvolvimento de normas no novo campo acadêmico da neuroeducação envolvendo a ciência do cérebro, da mente e da educação. A pesquisadora realizou uma metanálise da literatura sobre a neuroeducação nos últimos trinta anos e propôs um novo modelo para a neuroeducação. A neuroeducação tem interessado a muitas sociedades ao apresentar princípios úteis para uma melhor estrutura para a prática de ensino e aprendizagem ligando mente, cérebro e educação. A intersecção destas três linhas tem recebido outras terminologias educação baseada no cérebro, neurociência educacional, psicologia educacional, neuropsicologia cognitiva e neurociência cognitiva. (TOKUHAMA-ESPINOSA¹¹⁰, 2008). Segundo a autora (2008,1)

Neuroeducação é definida por vários especialistas como a utilização científica da pesquisa empírica para confirmar as melhores práticas em pedagogia (Baltro, Fischer e Léna, 2008; Fischer, Daniel, Immordino-Yang, Stern, Battro e Koizumi, 2007; Sheridan, Zinchenko e Gardner 2005). A neuroeducação detém, potencialmente, a chave para uma mudança de paradigma em técnicas de ensino e um novo modelo de aprendizagem desde a infância até a idade adulta.

As pesquisas emergentes entre os anos de 1970 e 1980 estabeleceram a ligação entre o cérebro e a aprendizagem, referidas com neuropsicologia educacional. Observações como as de que nas lesões cerebrais haveria o comprometimento de competências isoladas e não de toda a inteligência levaram a se repensar o conceito de inteligência. Esta não seria única, mas múltipla. “A neuroeducação atual tem como objetivo não somente a compreensão de como o ser humano aprende melhor, mas, também como eles devem ser melhor ensinados para maximizar seu potencial.” (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2008, p.6).

Este estudo apresenta uma minuciosa meta-análise que justifica uma análise e comentários nessa dissertação. Saber que a mente não processa linearmente as informações com base em um critério (por exemplo, por ordem de chegada ou de importância) tem consequências na educação. O cérebro é capaz de realizar o processamento de conceitos diversos simultaneamente. Este estudo encontrou dados sobre o efeito de hormônios

¹¹⁰ TOKUHAMA-ESPINOSA, Tracey Noel– professor de educação da Universidade de São Francisco de Quito, Equador. Mestre em Educação pela Universidade de Harvard. PhD em neuroeducação.

produzidos pelo estresse, como o cortisol, na aprendizagem. Outros trabalhos demonstraram que a depressão afeta a memória e o efeito do neurotransmissor dopamina sobre a memória e a aprendizagem. Tokuhamas-Espinosa (2008) encontrou pesquisas sobre a influência da nutrição sobre a aprendizagem, como o bem estar físico interfere no desempenho mental e a relação do sono com a aprendizagem.

Um grupo de pesquisadores analisados nesta metanálise demonstrou uma estreita relação entre o corpo e a mente, entre o potencial de aprendizagem e os estados físicos do aluno.

Os dados recolhidos na pesquisa oferecem evidências para se afirmar que não há dois cérebros iguais e como as impressões digitais são singulares. Alguns aspectos funcionais do cérebro são gerais. Aspectos gerais da aprendizagem envolvem mecanismos semelhantes em todos os alunos. Os cérebros não são igualmente bons em tudo e não é razoável se esperar os mesmos resultados para todos os alunos no desempenho de tarefas. Uma boa técnica de ensino pode maximizar o potencial de aprendizagem de cada aluno.

O cérebro é uma estrutura em constante modificação e as crenças desenvolvidas nos anos 70 do século XX de que a inteligência e a personalidade eram condicionadas pela idade do indivíduo foram rejeitadas nos estudos atuais. A crença atual é na aprendizagem como processo ao longo da vida reforçando o ensino construtivista e a abordagem no desenvolvimento.

Os trabalhos analisados por Tokuhamas-Espinosa (2008) apontam para um princípio importante da neuroeducação de que a aprendizagem seria um processo inato do ser humano essencial para sua adaptação. O cérebro humano tem sua programação natural para aprender relacionado à sobrevivência. Alguns educadores acreditam que seja possível ensinar de modo natural sincronizado com as formas que o cérebro aprende melhor. O cérebro humano tem a capacidade de aprender com a experiência e a auto-análise quando o resultado de suas ações é indesejável. Este fato direciona as avaliações de aprendizagem como ferramenta de ensino através da metacognição e do *feedback* como finalidade de melhorar o processo.

O autor encontrou evidências para afirmar que o cérebro tem um padrão de reconhecimento através de comparações com base no que já é conhecido. A aprendizagem ocorre através da detecção do reconhecimento de padrões e comparações contínuas das novas informações. O conhecimento será construído através do entendimento conceitual estruturado em conceitos anteriormente aprendidos.

Como discutido nesta dissertação as emoções têm papel fundamental na aprendizagem como um todo, mas especialmente na percepção de padrões e na tomada de decisões. O autor

encontrou trabalhos classificados com base em evidências do impacto das emoções na aprendizagem. As ações pedagógicas devem ter maiores considerações em relação às emoções no processo de aprendizagem. Desafios reforçam a aprendizagem que pode ser inibida pela ameaça. O cérebro procura por novidades, o que não é contraditório com sua busca por padrões. Nesta metanálise o autor analisou estudos que demonstraram que enquanto o cérebro busca padrões ele se mantém em alerta para as mudanças, para o diferente. Este é um fator importante para a aprendizagem: a necessidade de novidade que o cérebro tem. A variação da rotina da sala de aula através de novidades cria circunstâncias propícias para a aprendizagem significativa.

A aprendizagem envolve atenção. Segundo Tokuhamas-Espinosa (2008, p.166) “16% dos documentos relacionados aos princípios em neuroeducação sustentam que a aprendizagem humana envolve pelo menos dois diferentes tipos de atenção, que exige estar “na tarefa” e o monitoramento do mundo em sua volta.” Sem esta capacidade possivelmente a espécie humana não teria sobrevivido. Cabe ao educador analisar as condições do ambiente de aprendizagem e levar em conta os tipos de atenção que o cérebro dispõe.

Um sistema complexo de memórias diferentes é utilizado para receber e processar as informações de modos diferentes e que serão recuperadas por diferentes vias. O estudo da memória avançou muito e muito se conhece sobre os mecanismos fisiológicos dos neurotransmissores, das estruturas anatômicas envolvidas, da sua importância na estrutura do sujeito, da sua relação com a mente e a aprendizagem. Estudos têm analisado a função do esquecer normal e patológico. A memória é fundamental para o processo de aprendizagem e será mais eficiente se a entrada da informação for multissensorial. A eficiência da memória aumenta quando a informação faz sentido e tem significado.

A aprendizagem é uma modificação de comportamento que envolve a mente e o cérebro. Aprender envolve o pensamento, as emoções, as vias neurais, os neurotransmissores, enfim todo o ser humano. Deve haver um equilíbrio entre cérebro, psiquismo, mente e pedagógico. (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2008).

O surgimento de novas tecnologias educacionais coloca o cérebro humano, com tudo o que ele significa, em maior evidência ao se perceber a sua incrível capacidade de produzir sentido e complexidade compatíveis com os conhecimentos necessários tanto para o educando quanto para o educador do século XXI.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A neurociência vem se constituindo num campo de conhecimento multidisciplinar de estudo do cérebro. Uma limitação observada durante esta pesquisa é de que os conhecimentos não são partilhados universalmente pelas diversas áreas de interesse, não se configurando uma desejável multidisciplinaridade. A investigação do cérebro humano, em sua complexidade, é uma tarefa que exige a contribuição dos saberes de diversas áreas. A educação é uma área de interface com a neurociência. Esta interface é muito mais uma relação de contribuição mútua.

As pesquisas educacionais fornecem material necessário ao desenvolvimento das pesquisas em neurociência e esta desenvolve pesquisas sobre o funcionamento do cérebro e da mente humana que interessam ao processo de aprendizagem. Existe um interesse mútuo de aproximação, apesar do reconhecimento de dificuldades e entraves para que isso aconteça. O que deve prevalecer é o espírito de colaboração para o bem maior da ciência. Conhecer o funcionamento cerebral interessa à ciência da aprendizagem e a aprendizagem humana interessa à neurociência.

Em outros tempos as tentativas de aproximação destas áreas não foram frutíferas. Muitos acreditam que o momento atual seja propício para esta aproximação. Não existe, neste momento, o interesse numa proposta para se desenvolver um método de ensino ou uma teoria educacional com base em neurociência. O que esta pesquisa constatou foi um desejo crescente de integração. A neurociência pode ser a base para análise de teorias e reflexões sobre o processo de ensino-aprendizagem sob a luz dos processos cerebrais como origem da cognição e do comportamento humano.

Diversos estudos procuram compreender as teorias, os processos educacionais e métodos de ensino de modo que estes sejam compatíveis com o funcionamento do cérebro. Alguns pensam ser prematura a tentativa de uma aproximação da neurociência e a educação. Outros afirmam que agora é a hora e a vez da neurociência agregar valor à pesquisa educacional. Outros ainda consideram que a proposta de uma investigação da neurociência em contextos educativos seja uma excelente oportunidade de descobertas, tanto em biologia básica, quanto relativas aos processos cognitivos envolvidos no desenvolvimento e na aprendizagem.

A aproximação de biologia, neurociência, desenvolvimento humano e educação seria uma excelente base para a pesquisa educacional. Aspectos bioéticos devem ser evidenciados desde o início para que não exista distorção ou mitificação popular em relação à neurociência

e às possíveis descobertas sobre o cérebro humano. Alguns destes mitos são aparentemente inofensivos como a história de que usamos somente 10% de nossa inteligência, no entanto, outros causaram impacto na educação como a questão da dominância hemisférica esquerda, a prontidão ou a quantificação da inteligência.

É necessário que se cuide para que os conhecimentos atuais de neurociência não caiam nesta vala e sejam utilizados como mecanismos de manipulação de uma pseudociência. Existe a possibilidade de se cometer enganos diante de informações cujas fontes não são devidamente checadas. Propostas de autores comprometidos eticamente em produzir estudos consistentes sobre ensino e aprendizagem defendem a criação de ambientes educacionais integrando neurocientistas e educadores, com pesquisa e prática. A elaboração de ações educativas com bases em neurociência acrescenta ferramentas eficazes na análise do percurso da aprendizagem permitindo que seja possível se atingir o potencial de desenvolvimento individual.

É um privilégio participar destes momentos em que importantes conhecimentos são produzidos e acompanhar o quanto se tem ampliado os horizontes da neurociência. A descoberta do neurônio, no final do século XIX, promoveu um avanço considerável na ciência deste período. Um paradigma se instalou: - existia uma base biológica para as funções cerebrais. A teoria neuronal enriqueceu ainda mais o ambiente intelectual, cultural e filosófico do final do século XIX.

Ao final do século XX este paradigma deu lugar a outro: - o neurônio e todo o sistema nervoso têm uma plasticidade própria que lhe confere uma enorme capacidade de se reorganizar. Dos conceitos enraizados sobre a principal célula do sistema nervoso, o neurônio, a maioria foi revista. Nos tempos atuais prevalecem os conceitos de neuroplasticidade, de um cérebro com múltiplas habilidades e recursos, que não finda seu desenvolvimento, mas está em permanente reorganização. O início do século XXI tem, no estudo da mente humana, um novo paradigma do complexo mente-cérebro.

É deste modo que a neurociência se apresenta para a educação. Os diversos estágios do neurodesenvolvimento promovem modificações estruturais e funcionais ao cérebro para adequá-lo às necessidades que o indivíduo tem em cada etapa de vida. O cérebro humano é uma estrutura destinada a aprender. Qual o significado para a educação destes passos largos da neurociência?

A sala de aula é o lugar privilegiado de pesquisa e experimentação. As demais áreas de neurociência ressentem destes espaços nos que suas ideias possam ser testadas na prática. Muitas destas pesquisas deverão acontecer na sala de aula por meio do professor, mas

podemos pensar no neurocientista também pesquisando em sala de aula, que se tornaria um campo de pesquisa em que todos tenham acesso a todas as informações.

Neste reencontro de neurociência e educação existem posições mais claras, principalmente em relação à neurociência. O que se identifica são pesquisadores interessados em contribuir com conhecimentos de neurociência para elucidação de mecanismos cerebrais envolvidos no processo educativo para que se desenvolvam metodologias que compatibilizem o processo de ensino e de aprendizagem com o funcionamento cerebral. A educação e a neurociência tornam-se, portanto, uma via de mão dupla.

Esta pesquisa se volta especialmente para os processos educacionais relativos à aprendizagem e ao aprender. A aprendizagem é vista como um processo de mudança de comportamento decorrente da experiência que se faz pela intervenção de fatores neurológicos, relacionais e ambientais. O aprender é o resultado obtido pela interação das estruturas mentais e o meio ambiente.

Em relação à formação do professor torna-se necessário a aquisição de conhecimentos que o habilite a ensinar, motivar e avaliar o aluno num formato que seja mais eficiente e compatível com o funcionamento do seu cérebro. Os professores em formação inicial ou em educação permanente necessitam desenvolver domínio técnico na solução de problemas, assim como o conhecimento de procedimentos adequados de ensino e sua correta aplicação. A neurociência se torna um conhecimento necessário à formação de professores nos seus diversos estágios. Compreender que os conhecimentos da neurociência são importantes para a educação ainda é um paradigma novo. Muitos destes conhecimentos carecem de pesquisas educacionais que validem sua importância, consistência e aplicabilidade em educação.

Apresentar o conhecimento num formato que o cérebro aprenda melhor passa a ser, além da preocupação com o ensinar e o avaliar o processo de ensino-aprendizagem é uma necessidade da educação atual. Promover uma aprendizagem significativa tem como substrato biológico a reorganização das conexões entre os neurônios, a neurogênese e a aplicação ampla do conceito de neuroplasticidade. Do ponto de vista da neurociência, uma aprendizagem somente ocorre porque o cérebro tem a plasticidade necessária para se modificar e se reorganizar frente a estímulos e se adaptar. A educação amplia sua base científica com as pesquisas que demonstram que o cérebro humano não finaliza seu desenvolvimento, mas uma constante reestruturação o reorganiza a partir de estímulos eficientes. A pretensão desta dissertação de levantar aspectos das neurociências relacionados com a educação que possam subsidiar e contribuir para a formação dos professores.

Diversas afirmações da neurociência atual já haviam sido anunciadas por Vigotski e seus colaboradores. Os estudos de Vigotski formulam uma teorização que facilita a compreensão dos processos de interação da atividade humana, funções mentais superiores, mediação simbólica e elaboração conceitual. Somadas aos conceitos de inteligências múltiplas, sistemas de memórias múltiplas e múltiplas funções executivas temos um rico arsenal a ser empregado na educação atual. Depreende-se com facilidade que existam diferenças entre educação infantil, do jovem e do adulto. Sem buscar adaptações improvisadas de uma fase para outra, que se utilize destes conceitos e se lance mão de recursos próprios para a educação em cada etapa da vida do indivíduo.

A aprendizagem se dá, com particularidades, ao longo da vida do indivíduo. Não se espera o fechamento deste processo com um último e definitivo certificado. Pode-se dizer que, neste momento, a neurociência não busca uma nova teoria da educação científica, mas a compreensão científica da educação.

A tentativa de maximizar a aprendizagem, de compreender como se aprende melhor, como aprender a aprender, de como ampliar a compreensão do ser humano são temas que nos remetem ao professor e sua formação. É uma oportunidade para se discutir não somente como as pessoas aprendem, mas também sobre como elas são ensinadas.

Uma proposta que vem ganhando espaço como campo de intersecção e trânsito para a educação e a neurociência é a neuroeducação. Programas de pesquisa em tradicionais instituições acadêmicas norte-americanas estão envolvidos no desenvolvimento da neuroeducação na busca em compreender como a neurociência pode afetar a educação, os educadores, os aprendizes e as escolas. Esta proposta foi apresentada em artigo por Zaro e colaboradores no início do ano de 2010.

Anunciado como um novo paradigma para a pesquisa educacional que prevê a integração de achados de pesquisas em neurociências e a necessidade de se buscar formas de ensinar que potencializem os resultados do aprendizado. É uma proposta que pretende prover caráter científico a pesquisa educacional estabelecendo uma estrutura teórica e metodológica na qual possam ser testadas as melhores práticas educacionais.

Existe uma dificuldade natural em se realizar estudos que envolvam principalmente crianças em idade escolar. Isto se reflete numa demora em se transformar a realidade da sala de aula a partir de achados de pesquisa em laboratório. A neuroeducação quer ser um campo multidisciplinar de conhecimento e atuação profissional de neurologistas, psicólogos e pedagogos para produzir conhecimentos que ajudem o aluno a aprender e ao mesmo tempo se pesquise situações específicas do processo ensino-aprendizagem, como exemplo a dislexia.

Os conhecimentos sobre o cérebro humano sempre atraíram estudiosos que tentam justificar a existência deste órgão. Na história ocidental intrigou filósofos, médicos e cientistas que procuraram explicar sua estrutura e funcionamento. A década de 90 do século XX ficou conhecida pelo esforço multinacional em promover pesquisa que resultasse em conhecimento sobre o cérebro humano que se refletissem nas ações de prevenção do adoecimento cerebral. A primeira década do século XXI foi identificada como a década da mente em que a neurociência traz discussões importantes sobre a relação cérebro-mente.

O surgimento do cérebro, e principalmente do cérebro humano, garantiu um enorme salto na evolução das espécies. Uma série de soluções adaptativas garantiu a sobrevivência do ser humano. A sua grande adaptabilidade, mesmo na fase adulta, lhe asseguram condições de sobreviver a diversas situações de vida, mas que lhe exigem um processo de maturação, principalmente cerebral, muito longa. Este processo ocorre em grande parte pelo contato com o ambiente e com os outros indivíduos, dos quais depende por longos períodos de sua vida. Desacelerar o desenvolvimento do ser humano o levou a um modelo de organização social.

Depender da cultura para completar seu desenvolvimento e assim sobreviver pode deixar subentendido que os seres humanos são semelhantes não somente no aspecto biofísico, mas que também seus cérebros o são. Esta não é a verdade. Um programa genético define o caminho a ser percorrido pelo desenvolvimento, mas outros trajetos serão traçados pelo ambiente, pela socialização e pela cultura do indivíduo. A construção do cérebro humano não é somente uma questão de produção celular. Existe uma organização em todo este processo iniciado na concepção e que não se finda mesmo com o indivíduo adulto. Pode parecer óbvio, mas até o século XIX acreditou-se que a vida somente se iniciava ao nascimento e que o ser humano nascia biologicamente programado em suas capacidades cognitivas, motoras e psicoafetivas. O processo educacional, neste contexto, não teria o propósito de interferir no desenvolvimento e se restringiria ao ensino que a maturação permitisse.

O sucesso ou fracasso na aprendizagem neste caso é atributo dos talentos do aluno. A neurociência tem demonstrado justamente o contrário. O esforço da educação para ensinar às gerações seguintes os segredos que garantem a sobrevivência do ser humano passa por diversas crenças que direcionam as práticas pedagógicas. Ideias sócio-interacionistas e, especialmente, as construtivistas abrem espaço para a neurociência atual em sua investigação de como o cérebro aprende. O educador tem compreendido a necessidade de adquirir conhecimentos sobre as bases biológicas relacionadas ao desenvolvimento e à aprendizagem. A história do desenvolvimento de cada neurônio até assumir sua forma adulta e alcançar seu amadurecimento funcional está ligada ao aprendizado.

O cérebro é o órgão da aprendizagem. O amadurecimento do neurônio tem como consequência a formação de sinapses e diversos fenômenos promovem uma reorganização constante. A aprendizagem interfere diretamente neste processo. Estendendo os conceitos aplicados a um único neurônio para um grupo de neurônios, ou à cem bilhões de neurônios teremos, em perspectiva, uma ideia do que é o cérebro humano. Estas características sugerem que o cérebro humano foi concebido para a aprendizagem e adaptações que assegurem a sobrevivência do indivíduo. Conhecendo o neurodesenvolvimento, o educador pode fazer maior uso das teorias e práticas educacionais levando em conta a base biológica e os mecanismos neurofuncionais que lhe permitem otimizar as capacidades do aluno.

Podemos afirmar que o que fazemos como seres humanos não é o grande espetáculo do universo, mas o que acontece em nosso cérebro é único. As habilidades mentais como a consciência, o pensamento, a experiência subjetiva do existir são únicas e nos torna especiais. O ser humano se torna humano por meio da cultura e na cultura, sem a qual o cérebro humano perde grande parte de seu significado. Em contrapartida não existiria cultura sem o cérebro humano. A mente humana emerge e se afirma na existência da relação cérebro-cultura. São interdependentes como cérebro, mente e cultura. Estes elementos estão presentes no ato de educar.

Surge a ideia do cérebro social, no sentido de que os comportamentos sociais vão se explicar, em última análise pelo funcionamento cerebral. É o cérebro como substrato biológico que condiciona social e psicologicamente o ser humano. Há muito se discute a dualidade humana que tem de um lado esta base orgânica estritamente individual, o cérebro e de outro as atividades de percepção do mundo, a mente. Outras dicotomias podem ser apontadas contrapondo o indivíduo ao fato social como fenômeno coletivo. Esta visão fez da educação a normatizadora que deve conformar os indivíduos ao grupo social a que pertencem, num processo disciplinador capaz de internalizar regras e valores estabelecidos. Teorias que buscam um sentido diferente do conceito durkheimiano de representação coletiva considera o indivíduo em um papel atuante e particular na construção das representações sociais.

Nesta visão existe uma dinamicidade suficiente que possíveis mudanças da representação social e a ressignificação das ações dos indivíduos. Entender o mundo não é simplesmente uma necessidade, mas é encontrar um lugar para o indivíduo no novo mundo. A mente humana é a base para as representações sociais e coletivas que confere a subjetividade do indivíduo. Quando o homem reflete sobre sua própria atividade como sujeito afirma-se a sua consciência como o sujeito da atividade.

Os conhecimentos atuais da neurociência sugerem que o ser humano é agente e pensante, e os exames funcionais de imagem cerebral permitem associar as funções mentais com o funcionamento de circuitos neuronais que se interligam a partir de diversas áreas cerebrais. Permite-se pensar o cérebro como elemento fundamental da sociabilidade humana, um cérebro social. Ao se identificar áreas cerebrais capazes de diferenciar o si-mesmo e o outro se levanta a discussão se esta área é o agente causal ou é o mecanismo neurofisiológico utilizado nesta distinção. O que se pode afirmar é que alguma coisa acontece no cérebro quando o indivíduo faz uma ação, do mesmo modo que o indivíduo faz alguma coisa quando acontece algo em seu cérebro. O estágio atual dos exames de neuroimagem ainda é em muito especulativo e o mapeamento das modificações neuroquímicas passíveis de serem associados às diversas atividades humanas quer cognitivas, motoras ou psicoafetivas não podem ser definitivamente comprovadas.

As experiências humanas têm se mostrado muito mais complexas do que inicialmente poderiam se apresentar. O cérebro do século XIX foi definido como a morada da alma e no século XXI tem se mostrado como o centro organizador das experiências humanas, o *self*, o centro da pessoa. Surge o conceito da neurodiversidade que lança dúvidas sobre a existência de um cérebro normal, mas aceita uma gama de desenvolvimentos neurológicos como própria da diversidade humana. O cérebro adquire cada vez mais o papel de ator social sendo percebido como mais do que um órgão, aquilo que nos define, com atribuições e propriedades que já foram atributos para se definir o sujeito. Conhecer o cérebro humano tem hoje uma relevância inusitada e vários termos surgem para dizer sobre esta inquietação como o *homo cerebralis* do historiador das ciências do cérebro Michael Hagner, ou o “homem neuronal” do neurocientista Jean-Pierre Changeux.

A neurociência fechou o ciclo de discussões sobre o cardiocentrismo desde que a maioria das sociedades modernas aceitou a tese de que o morrer do ser humano está na dependência da morte do seu cérebro. A morte do cérebro define a morte da pessoa apesar de seu organismo ainda estar vivo. Uma pergunta se faz: - o que nos define como humanos? A figura antropológica do sujeito cerebral incorpora a ideia de que o ser humano possa ser reduzido ao seu cérebro. O sujeito cerebral seria um cérebro e não somente teria um cérebro. Ter um cérebro e ser uma mente traz a discussão cartesiana da dicotomia mente e corpo, assunto sobre o qual a neurociência tem marcado pontos para que se compreenda que o ser humano é um contínuo.

Para o ser humano ter um cérebro e ser uma mente pode significar que tem emoções, mas também sentimentos; tem funções mentais, mas também tem intencionalidade,

personalidade, subjetividade, consciência. A hominização diferenciou homem moderno dos primatas e o incita a ser mais homem. Na visão freiriana “o homem se faz homem na medida em que, no processo de sua hominização até sua humanização, é capaz de admirar o mundo”. Humanizar o homem é um tema recorrente nos tempos atuais que enseja uma educação humanizadora e humanizada. Tornar-se humano é apropriar-se daquilo que é exclusivo da espécie humana, já que cada espécie é, por definição, exclusiva.

Mas quem seria este homem humano? Um cérebro evoluído lhe daria a razão necessária para se tornar humano? É desejo do homem se tornar humano ou lhe seria mais atraente ser um deus? Estaria o homem desafiando a divindade ao perscrutar os mistérios da mente e do cérebro humano? Como a educação pode atender a estas questões que emergem a partir dos conhecimentos da neurociência na busca um ponto que integre homem e cérebro, cérebro e mente. Os aspectos filosóficos estarão sempre implícitos nestas questões referentes às relações cérebro-mente.

Algumas observações podem facilitar a identificação de conhecimentos necessários, em relação a neurociência e educação, na formação de professores para que se possa compreender e aplicar estratégias que estimulem e facilitem o desenvolvimento humano:

- o cérebro inicia seu desenvolvimento com habilidades gerais processando informações; em seu processo de desenvolvimento torna-se capaz de extrair significado das informações; em seu amadurecimento, na fase adulta, torna-se capaz de elaborar representações internas e mentais para desenvolver representações simbólicas;
- as áreas cerebrais envolvidas nestas funções, durante o desenvolvimento, vão se tornando cada vez mais específicas até que se atinja a maturidade da idade adulta;
- após o nascimento o bebê humano tem vias sensoriais eficientes para transmitir os estímulos ao córtex que ainda não tem recursos para interpretá-los corretamente e não é capaz de dar uma resposta motora a estes estímulos. Estas respostas serão desenvolvidas durante o primeiro ano de vida;
- ser capaz de transformar sensações em percepções exige tempo de maturação e se faz por meio da experiência e necessita de treinamento que promovem uma aceleração do processo;
- os recursos de comunicação e interação social surgem precocemente no ser humano;
- a maturação cerebral o torna apto a aprender com os *inputs* o significado de cada um dos estímulos recebido, assim como o habilita para realizar a associação de diversos *inputs*; A socialização é um aprendizado de interação com o outro e sua base é a teoria

da mente como capacidade de realizar inferências sobre estados mentais a outras pessoas e prever possíveis comportamentos;

- a inteligência não necessita de um cérebro e pode ser criada em laboratório, diferente de outros atributos da mente humana;
- o cérebro humano não tem independência do corpo humano que dele necessita para se nutrir e para receber os estímulos necessários às suas atividades;
- o corpo é a ferramenta para a manifestação da intencionalidade mente humana e sua interação com o mundo;
- o processo de mielinização, quando alguns axônios são revestidos por uma túnica isolante e o evento mais conhecido do processo de maturação. Existe uma organização seqüencial das estruturas a serem mielinizadas. Este processo se inicia no período gestacional e aparentemente não termina, apesar de reduzir sua intensidade, por toda a vida do indivíduo;
- existe uma relação direta entre o processo de mielinização e o desenvolvimento neuropsicomotor considerado normal;
- no momento não parece viável a delimitação de quanto de cérebro ou de mente existe no contínuo cérebro/mente. A melhor definição para a relação cérebro/mente parece se a de causa e reciprocidade, em que existem fenômenos relacionados com a causa e outros com o efeito;
- apesar de estudos atuais sobre mente, cérebro e processos neurais envolvidos no pensamento e na aprendizagem contribuírem para uma melhor compreensão da ciência da educação, não existem explicações irrefutáveis para muitas questões sobre a evolução da mente humana;
- pesquisas cognitivas têm dedicado mais tempo trabalhando com os professores, realizando testes e revendo suas teorias no ambiente real de sala de aula;
- as pesquisas têm demonstrado que currículos inovadores com base em raciocínio avançado podem ser apresentados a crianças mais novas por possuírem uma boa compreensão de princípios de biologia e física;
- já se podem comprovar alguns princípios da aprendizagem, de como a aprendizagem modificam a estrutura e o funcionamento cerebral;
- saber não significa mais a capacidade de se lembrar ou repetir informações recebidas, mas sim a capacidade de encontrar e usar as informações corretas;
- a atenção da educação atual deve ser no sentido de ajudar o aluno no desenvolvimento de recursos intelectuais e de estratégias de aprendizagem que o ajudem na aquisição de

conhecimento que resulte em pensar produtivamente, tornando-o um aprendiz para a vida toda e autônomo;

- facilitar a aprendizagem pode significar melhora da qualidade de vida para as pessoas;
- novas abordagens de conteúdos de matérias tradicionais possibilitam um melhor entendimento sobre um tema relevante;
- as tecnologias emergentes podem criar novas oportunidades de melhora na aprendizagem;
- a ciência da aprendizagem tem sua ênfase na aprendizagem com entendimento, sem negar o valor do conhecimento do conteúdo;
- o ser humano é um agente que se guia por objetivos e é ativo na busca de informações;
- a concepção construtivista considera que todo conhecimento é construído a partir do conhecimento prévio, independente de como ocorre o ensino;
- na ciência da aprendizagem considera-se essencial que a pessoa assuma o controle de sua própria aprendizagem e também aprendam a identificar quando entenderam e se necessitam de mais informações;
- a metacognição deve ser desenvolvida como uma estratégia que ajude a pessoa seja capaz de prever resultados, perceber falhas na aprendizagem e corrigir, assim como planejar seu aprendizado;
- considera-se que não exista uma prática de ensino aceita por todos como a melhor;
- todos os enfoques são necessários se a preocupação do professor está em como as pessoas aprendem. As escolas e as salas de aula devem estar centradas no aprendiz.

Apesar de existirem pontos importantes não esclarecidos, a neurociência trouxe, principalmente em relação ao funcionamento da mente humana, contribuições importantes.

Um autor que revolucionou não somente a psicologia, mas o pesquisa sobre o cérebro e a mente humana foi Vigotski. Com uma visão além do que seu tempo foi um profeta anunciando um novo tempo para a compreensão de como acontece a aprendizagem, como o ser humano adquire conhecimento. Contestou as teorias comportamentalistas e propôs que o sistema nervoso humano é funcionalmente dinâmico em respostas a exposição a estímulos do ambiente. Utilizou os conceitos de neuroplasticidade, a reorganização neuronal numa visão da neurociência dos tempos atuais. A influência de suas ideias é crescente na pedagogia e na formação de professores. Sua crítica à pesquisa educacional realizada em laboratório com princípios da zoologia ou da botânica o levou ao desenvolvimento de uma metodologia de pesquisa fora deste modelo. Propôs não somente discutir a consciência humana, mas pesquisá-la objetivamente com uma metodologia com base no materialismo dialético em que

o símbolo é o mediador entre o indivíduo e o social. A discussão sobre a mente e cérebro passa a ter base científica estruturada em pesquisa que buscou aproximar o estudo de processos neurais e o estudo dos processos mentais.

As pesquisas de Vigotski e ser grupo devem ser vistas com especial atenção não somente por serem de vanguarda, mas por seu conteúdo e importância para o momento atual. O pioneirismo também se constata na abordagem das emoções e sentimentos e nos estudos de linguagem. O professor tem nos sentimentos uma valiosa ferramenta de educação das reações emocionais já que a educação implica na mudança nos sentimentos. As atividades emocionalmente estimuladas tendem a melhorar a sua recordação e emocionar não é menos que pensar. Assim Vigotski traça uma síntese do corpo e da mente, o ser biológico e o ser social, o ser da espécie humana e o participante do processo histórico. Rejeitando os conceitos que explicavam a relação entre aprendizado e desenvolvimento apresenta suas ideias sobre o que identificara em suas pesquisas. A experiência vivida pela criança anterior à sua vida escolar representa o início da aprendizagem mesmo que seja não sistematizado. O melhor é procurar uma combinação entre aprendizagem com o nível do desenvolvimento da criança.

Acrescentando o conceito de zona proximal de aprendizagem compreendido como o espaço em que a criança não pode resolver por si o problema proposto, mas consegue fazê-lo com ajuda, traz para o professor um recurso precioso que o possibilita identificar qual o melhor momento de intervenção. O curso do aprendizado de crianças com níveis de desenvolvimento mental, mesmo próximos, pode ser muito diferente porque a zona proximal, a sua capacidade de aprender sob orientação varia muito. Isso decorre da não maturação das funções mentais envolvidas no processo. Orientar o aprendizado para os níveis de desenvolvimento já atingidos não é eficaz em proporcionar o desenvolvimento global, mas direcioná-lo para a zona de desenvolvimento proximal se adianta ao processo de desenvolvimento.

O aprendizado desperta processos internos de desenvolvimento capazes de funcionar somente na interação da criança com as pessoas e em cooperação com as demais crianças. Nesta visão aprendizado não é desenvolvimento, mas o aprendizado organizado resulta em desenvolvimento que não ocorreria de outra maneira. O aspecto central da proposta de Vigotski é a noção de que os processos de desenvolvimento e de aprendizagem não coincidem.

Os processos de desenvolvimento seguem atrás e assim vão resultar em zonas de desenvolvimento proximal. Na verdade o que temos é a unidade aprendizado-desenvolvimento e apesar de bem diferenciados um pode ser convertido no outro, mas não são

realizados na mesma medida ou simultaneamente. Por tudo isso, o processo de ensino-aprendizagem interliga aquele que aprende e o que ensina por meio da mediação.

As ideias de Vigotski chegam aos nossos dias como um poderoso instrumento para reestruturação da vida humana capaz fazê-la sobreviver diante de um mundo destrutivo e alienante.

A base marxista de sua teoria sobre funcionamento da mente deu a seus seguidores a possibilidade de ampliarem seu pensamento. Analisando os aspectos culturais, o uso de ferramentas físicas e mentais para executar as tarefas sociais, e a possibilidade do homem dominar o ambiente e seu próprio comportamento Vigotski mostrou horizontes da mente humana a serem explorados.

Com as pesquisas de Luria houve um grande avanço no conhecimento sobre as atividades psíquicas complexas humanas interconectadas com os processos histórico-culturais com contribuições fundamentais para o debate contemporâneo das relações mente/cérebro.

Para o professor em formação esta é a base para uma maior compreensão da vida humana, como a própria existência, a consciência que tomam forma pela história e pela cultura. As características básicas envolvidas no processo de aprendizagem não são de sistemas organizados de modo invariável e rígido. São sistemas funcionais extremamente móveis mesmo diante de uma tarefa constante, os mecanismos acessados são diferentes ainda que se chegue a um resultado constante. São diversas as possibilidades da ação do professor em sua tarefa de ensinar.

Leontiev, a partir da teoria histórico-cultural, apresentou a teoria da atividade. Nela se compreende que os seres humanos produzem seus instrumentos necessários para o trabalho, são capazes de aperfeiçoá-los e transmitir a outros sua função. As atividades levam à transformação e desenvolvimento nos diversos níveis. A aprendizagem, pela ação e interação sócio-cultural, promove o desenvolvimento da pessoa e da própria atividade, pensar e fazer não são pólos opostos.

Com Galperin se ampliam os conceitos de Vigotski com a teoria da assimilação por etapas das ações mentais. Esta é uma contribuição significativa para o ensino ao explicar que o processo de assimilação do conhecimento se dá em etapas fundamentais e caminha no sentido da passagem da experiência social para a individual. É o modelo formativo-conceitual em que o aprender se faz pela prática, não somente fazendo, mas compreendendo e depois explicando o como e o porquê de uma ação frente a uma situação-problema. É a aplicação dos princípios da teoria histórico-cultural e da atividade. O aluno é estimulado a descobrir como associar as características de uma ação e a tomar uma decisão que melhor solucione o

problema. É um modelo de ensino ativo com aprendizagem ativa. O formato é de situação-problema e espera-se que todos consigam descobrir a solução do problema. É um modelo em que o desempenho não tem significado em si, mas ao demonstrar que o aluno aprendeu e é capaz de colocar em prática as orientações recebidas, tornando sua ação consciente.

Estes autores aqui discutidos nos mostram caminhos possíveis para uma educação cidadã. Como a educação pode responder às necessidades do mundo no estágio atual de desenvolvimento que exige autonomia e um conhecimento científico e reflexivo dos indivíduos nela inseridos? Como a educação dará conta de cumprir seu papel que deverá se estender por toda a vida do indivíduo, quando esta vida se alarga com conceitos que a carregam para antes do nascimento e para além da morte?

A formação de professores, principalmente de ensino fundamental, tem fragilidades apontadas por diversos autores, principalmente quando se analisa o tripé neurocientista, psicólogo e pedagogo.

Do que se apreendeu nesta pesquisa o educador já é visto como o profissional que maior impacto pode causar no sistema atual e do qual muito se espera. Qual o perfil deste profissional? Ele deverá ser detentor dos conhecimentos que irão instrumentalizar o indivíduo para exercer sua cidadania? A formação docente exige atualização contínua, revisão crítica de sua atuação e de sua proposta pedagógica.

Os próximos passos desta pesquisa estão em aberto e se direcionam para uma proposta de se aplicar os conceitos aqui desenvolvidos em uma pesquisa educacional no ambiente de sala de aula. A pesquisa atual se desenvolveu com base na metodologia teórica e por meio da dialética e pretende se estender para uma pesquisa exploratória tendo como campo de pesquisa a sala de aula. É desejo aprimorar as ideias que embalsamaram este sonho e seguir as intuições que permitiram o desenvolvimento desta pesquisa. Futuras pesquisas que pretendam contribuir para a prática do dia a dia do professor em sala de aula poderão ser desenvolvidas após esta experiência teórica.

A intenção é examinar a prática existente ao se avaliar projetos pedagógicos, currículos, materiais educativos, políticas públicas, planos de ensino, a visão do professor e do aluno sobre o processo ensino-aprendizagem verificando a aplicabilidade da neurociência na realidade da sala de aula e suas inúmeras demandas. Estudos de casos, procedimentos qualitativos e quantitativos poderão ser utilizados para a construção de um espaço real entre pesquisa e prática, entre neurociência e educação, entre conhecimento científico e saber profissional.

Investigar as bases da aprendizagem a partir da neurociência poderá contribuir para a resposta de algumas questões e garantir o sucesso de um currículo compatível com o funcionamento cerebral, como converter o conhecimento obtido em pesquisa em métodos instrucionais efetivos em cenários reais, o quanto tudo isso pode melhorar a instrução nas diversas disciplinas e o impacto das novas tecnologias no desempenho escolar.

O cérebro humano não é um órgão de metaboliza informações, um sistema com princípios imutáveis, mas um sistema aberto e plástico. Ele é capaz de lidar com variações extremas como a precisão/imprecisão, certo/errado, presença/ausência, ambigüidade, ordem/desordem, sendo eficiente em desenvolver estratégias para sua autorganização. No dia a dia o ser humano tem que investigar, descobrir, interpretar e organizar o mundo em sua mente.

Na aprendizagem o professor é fundamental. Os conceitos e o conhecimento que o professor tem sobre a aprendizagem, seus os métodos e como aplicá-los de modo a facilitar para o aprendiz fazem a diferença. São necessários momentos que possibilitem a formação docente através de estudos científicos transportados para a prática cotidiana do ensino. Deste modo é possível que se conheça como acontece o processo de aprendizagem e assim se realize um bom planejamento pedagógico com resultado positivo para o aluno.

REFERÊNCIAS

ABI-SÂMARA, R. **Uma das últimas entrevistas concedidas por Hans-Georg Gadamer.** Fórum especial FD9 (2005). Disponível em:

<<http://www.apario.com.br/forumdeutsch/revistas/vol9/umaconversacomgadamer.pdf>>.

Acesso em 10 jul 2011

ALVAREZ, A.; LEMOS, I. C. Os neurobiomecanismos do aprender: a aplicação de conceitos no dia-a-dia escolar e terapêutico. **Revista de Psicopedagogia**, São Paulo, v. 23, n. 71/2006.

ALEXANDRE, M. **Representação Social:** uma genealogia do conceito. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/51622003/REPRESENTACOES-SOCIAIS>>. Acesso em: 21 jul. 2011.

AMARAL, R. A. P. **A hermenêutica crítica de Paul Ricouer:** Por uma ampliação do conceito de ideologia em Educação. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

ARAUJO, M. C. **A teoria das representações sociais e a pesquisa antropológica.** Disponível em: <www.revistas.univerciencia.org/turismo/index.php/.../article/.../180>. Acesso em: 7 maio 2011.

ARDUINI, J. **Antropologia:** ousar para reinventar a humanidade. São Paulo, SP: Paulus, 2004.

BAFFI, M. A. T. **Modalidades de pesquisa: um estudo introdutório.** Disponível em: <<http://www.pedagogiaemfoco.pro.br/met02a.htm>>. Acesso em: 7 mar. 2011.

BARBOSA-LIMA, M.C. O desenho infantil como instrumento de avaliação da construção do conhecimento físico. **In: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 7, N.2/2008. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART4_Vol7_N2.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2011.

BARTOSZECK, A. B. **Neurociência dos seis primeiros anos:** Implicações educacionais. Disponível em:

<http://www.sitedaescola.com/ferramentas/dokeos/courses/NAPNE/document/NEURO6PRI MEIROS_Artigo.pdf?cidReq=NAPNE>. Acesso em 10 jul. 2011.

BARTOSZECK, A. B. **Neurociência na Educação:** há implicações educacionais?

Disponível em:

<http://www.sitedaescola.com/ferramentas/dokeos/courses/NAPNE/document/Neuroci%EAncia_na_Educa%E7%E3o_PARTE1_doc_18-08-07.pdf?cidReq=NAPNE>.

Acesso em: 11 jan. 2009.

BECKER, F. **O Que é Construtivismo?** Disponível em:

<http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_20_p087-093_c.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2011.

BOTTI, S.H de O. Processo ensino-aprendizagem na residência médica. **Revista brasileira educação médica**. Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, jan./mar. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-55022010000100016&script=sci_arttext>. Acesso em: 26 abr. 2011.

BRANDÃO, C.R. Sobre teias e tramas de aprender e ensinar- anotações a respeito de uma antropologia da educação. **Revista da Faculdade de Educação UFG**, jul./dez. 2002. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/interacao/article/viewFile/1552/1517>>. Acesso em: 12 maio 2010.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, a.l.; COCKING,R. R. **Como as pessoas aprendem**. Cérebro mente, experiência e escola. São Paulo, SP: Editora Senac, 2007.

CAIXETA, L. **Teoria da Mente**: Uma Revisão com Enfoque na sua Incorporação pela Psicologia Médica. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/prc/v15n1/a12v15n1.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2001.

CARDOSO, S. H e SABBATINI, R.M. E. **Aprendendo quem é a sua mãe**. O comportamento do *Imprinting*. 2001. Disponível em: <http://www.cerebromente.org.br/n14/experimento/lorenz/index-lorenz_p.html>. Acesso em: 9 jul. 2011.

CARDOSO, S. H. **Memória**: o Que é e Como Melhorá-la. Disponível em: <<http://www.cerebromente.org.br/n01/memo/memoria.htm>>. Acesso em 10 jun. 2011.

CARTER, R. **O livro de ouro da mente**. O funcionamento e os mistérios do cérebro humano. Rio de Janeiro, RJ: Ediouro Publicações S.A., 2003.

COELHO, P. **O manual do guerreiro da luz**. Disponível em: <<http://www.lousonna.ch/999/pdf/guerreirodaluz.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2011.

CONTRERAS, J. **Autonomia de professores**. São Paulo, SP: Cortez, 2002.

COSENZA, R.M. **Neurociência e Educação**: como o cérebro aprende. Porto Alegre, RS: Artmed, 2011.

CLASSIFICAÇÃO internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde. (cif). Disponível em: <http://www.inr.pt/uploads/docs/cif/CIF_port_%202004.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2011.

D'AMBRÓSIO, U. **Transdisciplinaridade e a proposta de uma nova universidade**. 1999. Disponível em: <<http://vello.sites.uol.com.br/meta.htm>>. Acesso em: 6 mar. 2011.

D'AMBRÓSIO, U. **A transdisciplinaridade como uma resposta à sustentabilidade**. 2011. Disponível em: <www.revistas.ufg.br/index.php/teri/article/download/14393/9068> . Acesso em 04 jun 2011

DARWIN, C. **A origem das espécies**. 2003. Disponível em: <ecologia.ib.usp.br/ffa/arquivos/abril/darwin1.pdf> . Acesso em: 14 fev 2011.

DECETY, J. e MICHALKA, K.J. **Neurodevelopmental changes in the circuits underlying empathy and sympathy from childhood to adulthood**. 2009. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/123215333/abstract>> Acesso em: 11 maio 2010.

DELLA CHIESA, B. **Understanding the brain: the birth of a learning science**. 2007. Disponível em: <<http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic850552.files/Understanding%20the%20brain%20ECD.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2011.

DESCARTES, R. **O discurso do método**. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/24093591/Rene-Descartes-Discurso-sobre-o-metodo>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

DOMINGUES, J. A. **Diálogo hermenêutico**. Disponível em: <http://www.lusosofia.net/textos/domingues_jose_dialogo_hermeneutico.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2011.

DUARTE, N. **Vigotski e o aprender a aprender**. Crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana. 4. ed. Campinas, SP: Editora Autores Associados, 2006.

EISDORFER, C. Mental aging. **Normal aging II: reports from the Duke longitudinal studies, 1970-1973**. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?id=iGjZAbY2JKsC&pg=PA95&lpg=PA95&dq=Eisdorfer+\(1963\)&source=bl&ots=BT66RnwbRr&sig=Jv0-tvVE7jaqvliX9-1TyffodIU&hl=pt-BR&ei=xLE5TuixEdO70AG25qTPAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CCAQ6AEwAQ#v=onepage&q=Eisdorfer%20\(1963\)&f=true](http://books.google.com.br/books?id=iGjZAbY2JKsC&pg=PA95&lpg=PA95&dq=Eisdorfer+(1963)&source=bl&ots=BT66RnwbRr&sig=Jv0-tvVE7jaqvliX9-1TyffodIU&hl=pt-BR&ei=xLE5TuixEdO70AG25qTPAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CCAQ6AEwAQ#v=onepage&q=Eisdorfer%20(1963)&f=true)>. Acesso em 29 jul. 2011.

EHRENBERG, A. **O cérebro “social”**. Quimera epistemológica e verdade sociológica. Disponível em: <<http://www.febf.uerj.br/periferia/V1N2/05.pdf>> Acesso em: 10 maio 2010.

ESLINGER, P. J. **Desenvolvimento do Cérebro e Aprendizado**. Disponível em: <http://www.cerebromente.org.br/n17/men/brain-development_p.htm>. Acesso em: 13 mar. 2009.

FERRARI, E. A. de M. Interações entre fatores biológicos e psicológicos no comportamento e no desenvolvimento. In: MOURA-RIBEIRO, M. V. L. de; GONÇALVES, V. M. G. **Neurologia do desenvolvimento da criança**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Revinter Ltda, 2006.

FERNÁNDEZ, F. S. Características de la persona adulta que inciden en el currículo. In: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA. Enseñanza y Aprendizaje Abiertos y a Distancia. Unidad Didáctica 11. Módulo II: Enseñanza y Aprendizaje a Distancia. Madrid: UNED, 2002.

FISCHER, K. W., et al. **Why mind, brain, and education? Why now? Mind, Brain and Education**. 2007. Disponível em: <www.bcf.usc.edu/~immordin/papers/Immordino-Yang_2007_WhyMBEWhyNow.pdf>. Acesso em: 3 abr 2011.

FISCHER, K. W. **Mind, Brain, and Education: Building a Scientific Groundwork for Learning and Teaching**. 2009. Disponível em:

<<http://gseweb.harvard.edu/~ddl/articlesCopy/FischerGroundwork.MBE2009.3.1.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

FONSECA, V. **Cognição, neuropsicologia e aprendizagem**: abordagem neuropsicológica e psicopedagógica. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2009.

FREIRE, P. Papel da Educação na Humanização. **Revista da Faceba** – Faculdade de Educação do Estado da Bahia, Salvador, ano 6, n. 7, jan- jun de 1997. Disponível em: <<http://www.projetomemoria.art.br/PauloFreire/obras/artigos/6.html>>. Acesso em: 10 maio 2010.

FREITAS, L. I. **Funções executivas e a sala de aula**. Disponível em: <<http://www.aprendercrianca.com.br/aprender-crianca-2010-dp422>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

GADAMER, H. **Verdade e Método**. Traços fundamentais de uma hermenêutica filosófica. Tradução de Flávio Paulo Meurer. Revisão da tradução Ênio Paulo Giachini. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

GARCIA, M. C. A formação de professores: novas perspectivas baseadas na investigação sobre o pensamento do professor. In: NÓVOA, Antonio (org.). **Os professores e sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p.51-76.

GOMES, M.M. **Marcos históricos da neurologia**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Científica, 1997.

GOSWAMI, U. A neurociência e a educação: da pesquisa à prática? **Nature Neuroscience Reviews** 7, p. 406-413, maio 2006. Disponível em: <<http://www.nature.com/nrn/journal/v7/n5/abs/nrn1907.html>>. Acesso em: 3 abr. 2011

GOUVEIA, V. **A aprendizagem em ambientes construtivistas**: uma pesquisa relacionada com o tema ácido – base. 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol9/n2/v9_n2_a4.htm>. Acesso em: 3 abr. 2011.

GIL, A.C. **Como classificar as pesquisas?** Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/53854241/Classificacao-de-Pesquisas-1->>. Acesso em 7 maio 2011.

GUARDIOLA, A. **Associação entre desempenho das funções corticais e alfabetização em uma amostra de escolares de primeira série de Porto Alegre**. 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/anp/v56n2/1840.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2010.

HANSEN, J. O brincar e suas implicações para o desenvolvimento infantil a partir da psicologia evolucionista. **Revista Brasileira de Crescimento Desenvolvimento Humano** 2007, p. 133-143. Disponível em: <<http://www.revistasusp.sibi.usp.br/pdf/rbcdh/v17n2/14.pdf>>. Acesso em: 30 mar 2011.

HARDIMAN, M. e DENCKLA, M.B. **The Science of Education: Informing Teaching and Learning through the Brain Sciences**. 2009. Disponível em: <<http://www.dana.org/news/cerebrum/detail.aspx?id=23738>>. Acesso em: 3 abr. 2011.

JOENK, I. K. **Uma Introdução ao Pensamento de Vygotsky**. Florianópolis, SC, v. 4, n. 4, p. 29-42, 2002. Disponível em: <<http://www.periodicos.udesc.br/linhas/ojs/include/getdoc.php?id=95&article=87&mode=pdf>>. Acesso em: 29 jan. 09.

JOHN-STEINER, V. Posfácio. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo, SP: Martins Fontes Ed., 2007.

KEMPERMANN, G; GAGE, THAL, KUHN. Fator de crescimento epidérmico e fator de crescimento de fibroblastos-2 têm efeitos diferentes sobre progenitores neurais no cérebro de ratos adultos. **Neuroscience**. 1997. Disponível em: <<http://www.jneurosci.org/content/17/15/5820.long>> . Acesso em: 20 jul. 2011.

KINCHELOE, J. L. **A formação do professor como compromisso político: mapeando o pós-moderna**. Tradução Nize Maria Campos Pellanda. Porto Alegre, RS: Artes Médicas, 1997.

LIBÂNEO, J. C. **Vygotsky, Leontiev, Davydov: três aportes teóricos para a teoria histórico-cultural e suas contribuições para a didática**. 2006. Disponível em: <<http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe4/individuais-coautorais/eixo03/Jose%20Carlos%20Libaneo%20e%20Raquel%20A.%20M.%20da%20M.%20Freitas%20-%20Texto.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2011.

LEMOS-de-SOUZA, L. **Modelos organizadores, sujeito e educação: considerações a partir do pensamento complexo**. 2009. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v14_1/m318340.pdf>. Acesso em 10 jun 2011.

LIMA, V. A. de O. **O lugar da psicologia na sociologia de Durkheim**. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/74>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

LOPES, A. R. M. Períodos críticos ou sensíveis: revisitar um tema polêmico à luz da investigação empírica. **Rev. paul. Educ. Fís**, São Paulo, p. 128-40, jul./dez. 2000. Disponível em: <<http://citrus.uspnet.usp.br/eef/uploads/arquivo/v14%20n2%20artigo3.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2011.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, SP: EPU, 1986.

LUNDY-EKMAN, L. **Neurociência: fundamentos para reabilitação**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Elsevier, 2004.

LURIA, A. R. **A construção da mente**. Tradução Marcelo Brandão Cipolla. São Paulo, SP: Ícone, 1992.

MAHONEY, A.A. Contribuições de H. Wallon para a reflexão sobre questões educacionais. In: PLACCO, Vera Maria N. de Souza. **Psicologia & Educação**. Revendo contribuições. São Paulo, SP: Educ- Editora da PUC-SP; 2002, pg. 9-3.

MARINO JR, R. **A religião do cérebro: As novas descobertas da neurociência a respeito da fé humana**. São Paulo, SP: Editora Gente, 2005.

MEIRA, M. E. M. Desenvolvimento e aprendizagem: reflexões sobre suas relações e implicações para a prática docente. **Revista Ciência e Educação**. v. 5, 1998. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/include/getdoc.php?id=505>>. Acesso em: 3 jul. 2011.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marili E. D. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, SP: EPU Editora, 1986.

MEHTA, A. **'Neuroeducation'** Emerges as Insights into Brain Development, Learning Abilities Grow. 2009. Disponível em: <<http://www.dana.org/news/brainwork/detail.aspx?id=22372>> Acesso em: 7 maio 2011.

MOLON, S. I. **Subjetividade e constituição do sujeito em Vygotsky**. Disponível em: <<http://www.chasqueweb.ufrgs.br/~slomp/vygotsky/ufsc-vygotsky.htm>>. Acesso em: 13 mar. 2011.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez: Brasília, DF: UNESCO, 2000. Disponível em: <http://www.educacaoadistancia.blog.br/cne/arquivos/pdf/Os_sete_saberes_morin.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2011.

MOURA-RIBEIRO M. V. Mielinização do sistema nervoso. In: MOURA-RIBEIRO, M. V. L. de; GONÇALVES, V. M. G. **Neurologia do Desenvolvimento da Criança**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Revinter Ltda, 2006.

MURCHO, D. **A consciência do corpo**. Entrevista a António Damásio. 2000. Disponível em: <http://criticanarede.com/html/entr_damasio.html>. Acesso em: 30 mar. 2011.

NERI, A. L. **O legado de Paul B. Baltes à Psicologia do desenvolvimento e envelhecimento**. 2006. Disponível em: <<http://www.sbponline.org.br/revista2/vol14n1/pdf/v14n01a05.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2011.

NETO, J. F. de M. **Pesquisa-ação**. Obstáculos epistemológicos ao exercício da pesquisa-ação. 2007. Disponível em: <www.prac.ufpb.br/.../obstaculos_epistemologicos_pesquisaacao.pdf>. Acesso em: 04 maio 2011.

NORONHA, F. **Contribuições da Neurociência para a Formação de Professores**. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/4590/1/Contribuicoes-Da-Neurociencia-Para-A-Formacao-De-Professores/pagina1.html>>. Acesso em: 3 jun. 2011.

NUÑEZ, I. B. **Vygotsky, Leontiev e Galperin**. Formação de conceitos e princípios didáticos. Brasília, DF: Liber Livro, 2009.

OLIVEIRA, A. M. **A constituição da verdade em Hans G. Gadamer e Michel Foucault**. 2007. Disponível em: <www.unicamp.br/~aulas/pdf3/04.pdf>. Acesso em 9 de jul 2011.

OLIVEIRA, G. G. **Andragogia e aprendizagem na modalidade de Educação a distância - contribuições da Neurociência.** Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2009/CD/trabalhos/1552009234017.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2011.

OLIVEIRA, M.S.B.S. Representações sociais e sociedades: a contribuição de Serge Moscovici. **Revista Brasileira de Ciências Sociais.** v. 19, n. 55, 2004. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-69092004000200014&script>. Acesso em: 10 maio 2010.

OLIVEIRA, M.S.B.S. **Representações sociais: investigações em psicologia social.** Rio de Janeiro, RJ: Ed. Vozes, 2003.

OLIVEIRA LIMA, V. A. de. **O lugar da psicologia na sociologia de Durkheim.** Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/74>>. Acesso em: 4 abr. 2011.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico.** São Paulo, SP: Editora Scipione, 2003.

ORTEGA, F. e VIDAL, F. Mapeamento do sujeito cerebral na cultura contemporânea. **Revista Eletrônica de Computação Informação & Inovação em Saúde.** Rio de Janeiro, v.1, n.2, p. 257-261, jul./dez. 2007. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/abcib/index.php/abcib/article/view/942>>. Acesso em: 10 maio 2010.

ORTEGA, F.; BEZERRA Jr., B. **O sujeito cerebral: de órgão a ator social.** Disponível em: <<http://redehumanizaus.net/node/7978>>. Acesso em: 10 maio 2010.

PALACIOS, J. **Psicologia Evolutiva: conceito, enfoques, controvérsias e métodos.** Disponível em: <http://downloads.artmed.com.br/public/C/COLL_Cesar/Desenvolvimento_Psicologico_Educacao_2ed/Liberado/Cap_01.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2011.

PALMER, R.F. **Hermenêutica.** Lisboa: Edições 70 LTDA, 1968.

PEDROSO, F. S. Evolução das manifestações pré-linguísticas em crianças normais no primeiro ano de vida. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia,** São Paulo, v. 14, n.1, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-80342009000100006> Acesso em: 10 mar. 2011.

PÉREZ CÓRDOBA, R. A. El Constructivismo en los espacios educativos. San José: C.R. : **Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana, CECC/SICA,** 2009. Disponível em: <[www.ceducar.org/.../67-volumen-5-el-constructivismo-en-los-espacios- ...](http://www.ceducar.org/.../67-volumen-5-el-constructivismo-en-los-espacios-...)>. Acesso em: 1 jan. 2010.

PESSOA, F. **Obra poética.** Rio de Janeiro, RJ: Editora Nova Aguilar S.A., 1977.

PINHEIRO, M. **Fundamentos de neuropsicologia- o desenvolvimento cerebral da criança.** 2007. Disponível em:

<www.fug.edu.br/revista/artigos/Organizados/desenvolvimentosn.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2011.

PIOVESANA, A. M. S. G. et al. Neuroplasticidade. In: MOURA-RIBEIRO, M. V. L. de; GONÇALVES, V. M. G. **Neurologia do desenvolvimento da criança**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Revinter Ltda, 2006.

RATO, J. R. e CALDAS A. C. **Neurociências e educação: Realidade ou ficção?** 2010. Disponível em: <http://www.actassnip2010.com/conteudos/actas/Neuro_5.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2011.

REGO, T. C. **Vygotsky: Uma perspectiva histórico-cultural da Educação**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes: 2001.

REZENDE, A. **Galperin: implicações educacionais da teoria de formação das ações mentais por estágios**. 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/es/v27n97/a07v2797.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2011.

ROSE, S. **O cérebro do século XXI**. Como entender, manipular e desenvolver a mente. São Paulo, SP: Editora Globo, 2006.

ROCHA, A. F. **O cérebro: um breve relato de sua função**. São Paulo, SP: Câmara Brasileira do Livro, 1999.

ROGERS, C. R. **Tornar-se Pessoa**. São Paulo, SP: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1999.

SARAMAGO, J. S. Deus não existe fora da cabeça das pessoas. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 17 out. 2009. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/artelazer,deus-nao-existe-fora-da-cabeca-das-pessoas,452076,0.htm>>. Acesso em: 7 maio 2011.

SAVIANI, D. **As concepções pedagógicas na história da educação brasileira**. 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/51759829/1-Dermeval-Saviani-concepcoes>>. Acesso em: 4 abr. 2011.

SCORZA, F. A. et al . Neurogenesis and depression: etiology or new illusion? **Revista Brasileira de Psiquiatria**. São Paulo, v. 27, n. 3, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-44462005000300017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 jan. 2009.

SCRIPTORI, C., C. **Conhecimento escolar, modelos organizadores de pensamento e docência**. In: _____. **Universidade e Conhecimento: desafios e perspectivas no âmbito da docência, pesquisa e gestão**. Campinas/SP: Editora Mercado de Letras. 2004, p. 65- 84. Disponível em: <http://mestrado.mouralacerda.edu.br/arquivos/pdf/TextosDocentes/Texto_Carmen/ConhecimentoEscolar.PDF>. Acesso em: 3 jun. 2011.

SILVA BASTOS, I. M. A Contribuição de Vygotsky e Wallon na compreensão do

desenvolvimento infantil. **Revista do Programa de Pós Graduação em Educação da Universidade do Estado de Santa Catarina UDESC**. v. 4, n. 1, 2003 . Disponível em: <<http://www.periodicos.udesc.br/index.php/linhas/article/viewFile/1206/1021>>. Acesso em: 31 mar. 2011.

SINGER, H. Durkheim: a Educação como fator de normatização. In: _____. **República de Crianças: uma investigação sobre experiências escolares de resistência**. São Paulo, SP: Hucitec, 2010, p. 27-32.

SPRINGER, S. P. **Cérebro Esquerdo, Cérebro Direito: Perspectivas da Neurociência Cognitiva**. São Paulo, SP: Livraria Santos Ed. Ltda, 2008.

STRAUSS, S. **Teaching as a natural cognitive ability: implications for classroom practice and teacher education**, New York: Cambridge. University Press, 2005. Disponível em: <<http://www.tau.ac.il/~sidst/Papers/Sid/shep%20conference%20chapter.PDF>>. Acesso em: 21 maio 2011.

TABACOW, L.S. **Contribuições da Neurociência Cognitiva para a formação de professores e pedagogos**. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=46>. Acesso em: 5 de abr. 2011.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

TEICHER, M. H. **Feridas que não cicatrizam: a neurobiologia do abuso infantil**. Disponível em: <<http://www.psiquiatriainfantil.com.br/artigo.asp?codigo=64>>. Acesso em: 1 jun. 2011.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. N. **The scientifically substantiated art of teaching: a study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science)**. 2008. Disponível em: <<http://www.educacionparatodos.com/pdf/Dissertation.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2011.

TOMAZ, C; GIUGLIANO, L.G. **A razão das emoções: um ensaio sobre “ O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano”**, de António Damásio. Estudos de Psicologia, 1997. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/epsic/v2n2/a13v02n2.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

TULESKI, S. C. **A unidade dialética entre corpo e mente na obra de A. R. Luria: implicações para a Educação escolar e para a compreensão dos problemas de escolarização**. 2007. Tese (Doutorado em Educação)–Escola da Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara , da Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.propp.ufms.br/ppgedu/geppe/Teses_dissertacao_outros/TESE_SILVANA.pdf> . Acesso em: 1 jun. 2011.

VALENTE, M. Mielinização do Sistema Nervoso. In: MOURA-RIBEIRO, M. V. L. de; GONÇALVES, V. M. G. **Neurologia do desenvolvimento da criança**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Revinter Ltda, 2006.

VIDAL, F. Brainhood, anthropological figure of modernity. **History of the Human Sciences**, 2009. Disponível em: <<http://hhs.sagepub.com/cgi/content/abstract/22/1/5>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

VIGOTSKY, L. S. **A formação social da mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** Edição eletrônica. 2001. Disponível em: <<http://www.ebooksbrasil.org/eLibris/vigo.html>>. Acesso em: 23 jun. 2011.

ZARO, M. A. **Emergência da Neuroeducação:** a hora e a vez da neurociência para agregar valor à pesquisa educacional. 2010. Disponível em: <www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/viewDownloadInterstitial/276/171> . Acesso em: 03 abr. 2011.