

Aspectos biológicos e psicológicos envolvidos no processo de aprendizagem

Biological and Psychological Aspects Involved in the Learning Process

Giselle Xavier Perazzo
Prefeitura Municipal do Rio Grande
giperazzo@gmail.com

Resumo: Nesta resenha é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os aspectos biológicos e psicológicos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem. Esta abordagem está apoiada no princípio de que o docente, enquanto profissional em constante formação, deve buscar compreender os mecanismos envolvidos na capacidade de aprender de seus alunos. Dessa forma, são apresentados os aspectos biológicos do sistema nervoso, sua estrutura e funcionamento, com especial atenção às atividades relacionadas à aprendizagem. Também é realizada uma abordagem psicológica do ensino e da aprendizagem, buscando-se realizar uma ligação entre esta e os processos neurológicos envolvidos neste processo. A resenha se encerra com um texto reflexivo sobre a atividade docente e os conhecimentos de neuroaprendizagem, abordando a importância da compreensão dos processos neurológicos que perpassam a aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino. Processos neurológicos. Atividade docente. Neuroaprendizagem.

Abstract:

We present a bibliographic review about biological and psychological aspects related with teaching and learning process. This approach is supported in the principle that teacher, while a professional in constant formation, need understand the mechanisms involved in the capacity of learn of their students. Thus, we present the biological aspects about nervous system, their structure and physiology, with special attention to activities related with the learning. It is also conducted a psychological approach about to teach and to learn, seeking to place a link between psychology and neurological process involved in these process. This monograph ends with a discussion about the teaching activity and the neurological knowledge, addressing the importance of neurological process comprehension that permeates the learning.

Keywords: Teaching. Neurological process. Teacher activity.

1. Introdução

A compreensão dos mecanismos fisiológicos envolvidos nos processos de aprendizagem é relativamente recente, de modo que somente há aproximadamente duas

décadas a neurociência – ciência que estuda o sistema nervoso e o cérebro em seus aspectos estruturais e funcionais - tem possibilitado maior compreensão acerca do processo de aprendizagem (CAMPOS, 2011). Apesar de recente, as ciências do cérebro têm avançado vertiginosamente, contribuindo para a “renovação teórica na formação docente, adicionando informações científicas essenciais para a melhor compreensão da aprendizagem como fenômeno complexo” (CARVALHO, 2011, p. 538).

E a ponte entre as pesquisas científicas acerca do funcionamento do cérebro e o processo de aprendizagem tem aporte especialmente no campo da neurociência cognitiva (ANSARI & COCH, 2006). Segundo Gazzaniga et al. (2006) esta área representa um híbrido de disciplinas, com raízes na neurologia, na neurociência e na ciência cognitiva, com objetivo de estudar como o cérebro dá origem à mente. Desta forma, a associação de diferentes áreas do saber se torna importante, uma vez que a aprendizagem tem se demonstrado como um desafio perante as mudanças contemporâneas nas sociedades.

Neste sentido, esta resenha apresenta uma revisão sobre os fundamentos da neurologia e da neurociência, assim como aspectos neurológicos da aprendizagem. Também será revisada a psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem, com aporte dos conhecimentos em psicologia cognitiva e explanação dos conhecimentos acerca das funções executivas aplicados à educação. Também é objetivo desta monografia realizar uma reflexão sobre os aspectos positivos e os desafios que a realidade docente enfrenta a partir dos conhecimentos em neuroaprendizagem.

Fundamentos de Neurologia: Anatomia e fisiologia do sistema nervoso

Antes de compreendemos como a aprendizagem se processa e como este conhecimento pode contribuir com a atividade docente, é necessário se apropriar dos aspectos estruturais e funcionais do sistema nervoso humano. Este é o sistema que sente, pensa e controla nossas atividades, de modo que é considerado como desempenhando três funções principais: (1) função sensorial, (2) função motora e (3) função integrativa, que inclui os processos de pensamento e memória (GUYTON, 2008). Para o exercício dessas funções, o sistema nervoso:

“[...] coleta informações sensoriais de todo o corpo – por meio de uma miríade de terminações nervosas sensoriais especializadas na pele, nos tecidos profundos, nos olhos, nos ouvidos, no aparelho do equilíbrio e em outros sensores – e transmite informação, pelos nervos, para a medula espinhal e o encéfalo. A medula espinhal e o encéfalo podem reagir, de forma imediata, a essa informação sensorial, enviando sinais para os músculos ou para os órgãos internos do corpo, para a produção

de alguma resposta, que é chamada de resposta motora. Ou sob outras condições, poderia deixar de ocorrer qualquer resposta imediata; em seu lugar, a informação sensorial poderá ser armazenada em um dos depósitos mnêmicos do encéfalo. Aí, ela será comparada com outras memórias já armazenadas, ou combinada à outra informação, e, como resultado das variadas combinações, poderão ser gerados novos pensamentos. Então, talvez alguns minutos depois, ou passado um mês e, até alguns anos depois, esse extenso processamento da informação poderia levar a uma resposta motora, que poderá ser simples ou talvez, muito complexa, como a de construir uma casa ou pilotar uma nave espacial.” (GUYTON, 2008, p. 3)

Para compreender como essas funções se estabelecem é necessário analisar a estrutura do sistema nervoso humano. Podemos organizar o sistema nervoso em dois setores: o (1) sistema nervoso central, composto pelo encéfalo e a medula espinhal, e o (2) sistema nervoso periférico, composto por uma malha de nervos espalhada por todo o corpo. Tanto a região central quanto a periférica são compostas pelo tecido nervoso: um conjunto de células especializadas para a execução das funções neuronais.

O tecido nervoso é composto por dois tipos celulares: (1) os neurônios e as (2) células de suporte e isolamento. Os neurônios apresentam a função de condução dos sinais e podem assumir diferentes formas dependendo de sua função e localização. Já as células de suporte e isolamento mantêm os neurônios em suas posições e impedem que os sinais se dispersem aleatoriamente pelas células nervosas. No sistema nervoso central essas células recebem o nome de neuroglia (ou células da glia) e no sistema periférico são conhecidas como células de Schwann (GUYNTON, 2008; HICKMAN et al., 2004).

Tipicamente, o neurônio apresenta como estrutura um corpo celular, onde estão alocados os componentes citoplasmáticos, e por dois conjuntos de ramificações: (1) axônio, com função de transmitir informação do neurônio a outras células subjacentes a ele, e (2) dendritos, cuja principal função é receber a informação transmitida pelos axônios de outros neurônios. Nas porções terminais dos axônios existem pequenas ramificações, cujas extremidades apresentam pequena dilatação, recebendo o nome de botão sináptico. Este botão entra em contato com a superfície de um dendrito ou do corpo celular de outro neurônio, formando um ponto de contato, chamado sinapse. Este ponto de contato, na verdade é formado por uma estreita fenda, chamada fenda sináptica, através da qual ocorre a transmissão de sinais de um neurônio a outro, geralmente através da liberação de uma substância química transmissora, a qual é capaz de estimular o neurônio em contato (MORRIZ & FILLENZ, 2003).

Para que ocorra a transmissão de algum sinal nervoso, seja ele visual, auditivo, tátil, gustativo, ou de qualquer outro tipo, inicialmente este sinal precisa ser percebido pelo sistema

(uma das funções do sistema nervoso é a função sensorial), para, a partir de então, se encaminhar até o sistema nervoso central, para ser processado. Este caminho de sinais nervosos, desde a percepção, passando pelo processamento, até a execução de alguma atividade é possível graças à geração de potencial elétrico nas células nervosas. Conforme Guyton:

“Existem potenciais elétricos entre as duas faces da membrana plasmática de praticamente todas as células do corpo, e algumas células, como as nervosas e as musculares, são “excitáveis”, isto é, capazes de autogerar impulsos eletroquímicos em suas membranas e, na maioria dos casos, de utilizar esses impulsos para transmitir sinais ao longo de suas membranas.” (GUYTON, 2008, p. 61)

A geração de potencial elétrico existe devido à diferença de concentração de íons dentro e fora das células, no espaço extracelular. Os íons, como átomos que apresentam excesso ou déficit de elétrons, apresentam carga elétrica negativa ou positiva, respectivamente. Desse modo, quando observamos a composição química dos líquidos extra e intracelulares na Figura 1, destaca-se que o líquido extracelular apresenta grande quantidade de sódio, em contrapartida com o interior da célula. Neste ambiente, por outro lado, percebemos maior concentração de potássio quando comparada à região externa da célula. Também é possível observar a diferença de concentração de outros componentes químicos entre esses dois ambientes, constatando-se a ocorrência de uma gradiente, possibilitada pela barreira que a membrana plasmática impõe à livre passagem de moléculas.

Figura 1 - Composição química dos líquidos extra e intracelulares

	Líquido extracelular	Líquido intracelular
Na ⁺	142 mEq/l	10 mEq/l
K ⁺	4 mEq/l	140 mEq/l
Ca ⁺⁺	2,4 mEq/l	0,0001 mEq/l
Mg ⁺⁺	1,2 mEq/l	58 mEq/l
Cl ⁻	103 mEq/l	4 mEq/l
Fosfatos	4 mEq/l	75 mEq/l
HCO ₃ ⁻	28 mEq/l	10 mEq/l
SO ₄ ⁻	1 mEq/l	2 mEq/l
Glicose	90 mg/dl	0 a 20 mg/dl

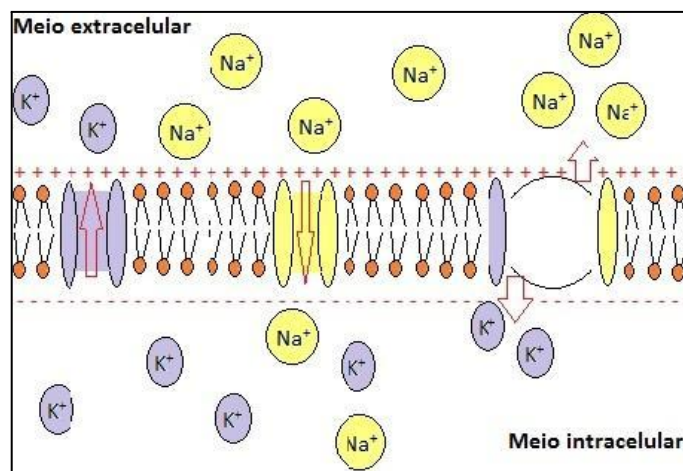
Fonte: adaptado de Guyton (2008)

Esta capacidade de manter distintas concentrações de elementos entre os dois ambientes gera uma diferença elétrica entre o interior e o exterior da célula. Sua região interna apresenta menor quantidade de íons e por isso torna-se negativa quando comparada com a região externa.

Apesar de se constituir como uma barreira à passagem de moléculas, a membrana plasmática apresenta em sua constituição proteínas que formam canais de passagem de moléculas (inclusive metabólitos) de fora para dentro das células e vice-versa. Por esses canais é possível que dois íons muito importantes se dispersem por meio de difusão: o sódio e o potássio. Como suas concentrações são muito elevadas no exterior e interior das células, respectivamente, a tendência natural dessas moléculas é se difundirem para sentidos opostos, ou seja, de onde há maior concentração para onde há menor, até equalizar as concentrações.

Contudo é necessário que a diferença de potencial seja mantida, pois é ela que possibilita a geração do impulso nervoso. Para tal, existe nas membranas celulares um complexo proteico de extrema importância, chamado de bomba de sódio/potássio. Esta bomba é capaz de transportar sódio e potássio para locais contra os gradientes de concentração. Ou seja, ao mesmo tempo em que o potássio está migrando para fora da célula e o sódio para dentro, por meio de difusão nos canais proteicos, a bomba de sódio/potássio se encarrega de transportar o potássio para dentro e o sódio para fora da célula, simultaneamente. Este tipo de transporte, ao contrário da difusão, chama-se ativo, pois ocorre com gasto energético. E desta forma, podemos dizer que essa diferença de elétrons gera um potencial de membrana em repouso, definido como a diferença na carga de cada lado da membrana de um neurônio em repouso (TORTORA, 2001) (Figura 2).

Figura 2 - Esquema representativo do potencial de membrana em repouso.



Fonte: própria autora

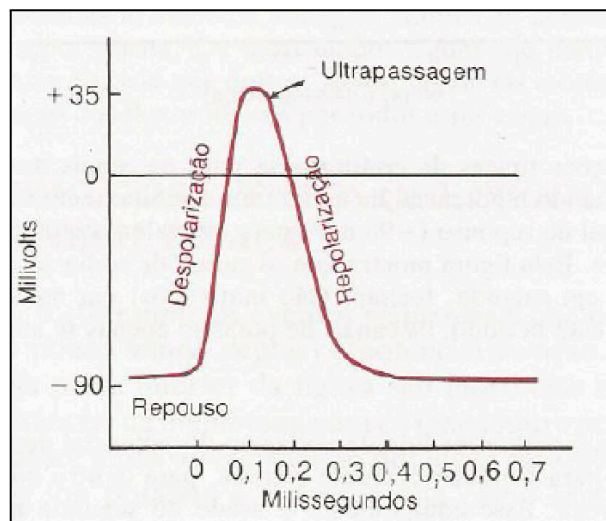
A compreensão do potencial de membrana em repouso é importante, pois é a partir da inversão desta polaridade que o sinal nervoso se manifesta. Em repouso, a membrana em sua porção interna apresenta potencial negativo de -90mV . A partir de algum fator de excitação, que pode ser mecânico, de eletricidade ou químico, a membrana rapidamente passa para um potencial positivo, retornando novamente ao seu estado de repouso. Esta inversão recebe o

nome de potencial de ação, que se espalha por toda a superfície da membrana, sendo o que constitui os sinais neurais. Os potenciais de ação podem ser resumidos em três etapas: (1) repouso, quando a membrana está em repouso, antes do potencial de ação, (2) despolarização, quando ocorre uma súbita abertura de canais de sódio ocorrendo a entrada de muitos íons positivos para dentro da célula, tornando-a com potencial positivo, e (3) repolarização, quando a permeabilidade de sódio diminui concomitante com a abertura de canais de potássio, permitindo a saída desse íon e restabelecendo o potencial negativo (Figura 3).

Para que haja potencial de ação, a membrana celular deve ser excitada e podendo ocorrer de diversas formas, conforme aponta Guyton (2008, p.72):

“Isso pode ocorrer como consequência de simples perturbação mecânica da membrana, por passagem de eletricidade através da membrana, ou, ainda, por efeitos químicos sobre a membrana. Todos eles são usados, em diferentes partes do corpo, para desencadear potenciais de ação nervosos e musculares: pressão mecânica para excitar as terminações sensoriais da pele, corrente elétrica para transmissão de sinais entre células musculares do coração e do intestino, e neurotransmissores químicos para transmitir sinais de um neurônio para o seguinte no encéfalo”.

Figura 3 - Registro gráfico de um potencial de ação.



Fonte: GUYTON (2008, p. 65)

E uma vez ocorrendo a excitação das células nervosas, a qual pode ser entendida como uma informação (recebida por alguns dos estímulos explicados acima), o impulso nervoso segue seu caminho pelo sistema nervoso através de sinapses. Sob condições normais, salvo raras exceções, os sinal nervoso passa somente na direção adiante, permitindo que estes sejam conduzidos na direção necessária para a efetuação das funções que são exigidas no sistema nervoso.

Existem dois tipos de sinapses: (1) as elétricas e (2) as químicas. A maioria da comunicação interneuronal se dá por meio de sinapses químicas, as quais ocorrem por meio da liberação de uma substância transmissora, chamada neurotransmissor, na fenda sináptica. Esse neurotransmissor, por sua vez, atua sobre proteínas receptoras na membrana do neurônio adjacente, sendo capaz de excitá-lo, inibi-lo ou modificar sua sensibilidade. Já foram identificados mais de 40 neurotransmissores (GUYTON, 2008, p.80). No quadro 1 são apresentados os principais neurotransmissores e suas funções. Já as sinapses elétricas são caracterizadas pela presença de canais proteicos abertos (gap junctions) capazes de unir duas células distintas, permitindo o livre movimento de íons entre elas. Esse tipo de sinapse é mais comum entre células musculares lisas e entre células musculares cardíacas, sendo identificados poucos canais proteicos abertos no sistema nervoso central.

Quadro 1 - Principais neurotransmissores e seus locais de atuação e funções conhecidas.

Neurotransmissor	Local de atuação
Acetilcolina (Acetil-CoA)	Córtex cerebral, junções musculares esqueléticas e sistema nervoso autônomo.
Dopamina	Encéfalo; envolvida com respostas emocionais e movimentos subconscientes dos músculos esqueléticos.
Noradrenalina (noraepinefrina)	Junções neuromusculares e neroglandulares; concentrada no tronco encefálico e em outras partes do SNC. Relacionada à vigília, aos sonhos e à regulação de humor.
Serotonina	SNC. Envolvida na indução ao sono, na percepção sensorial, regulação de temperatura e controle de humor.
Ácido gama-aminobutírico (GABA)	Encéfalo
Endorfinas	Hipófise e encéfalo. Inibem a dor. Papel na memória e no aprendizado e atividade sexual.

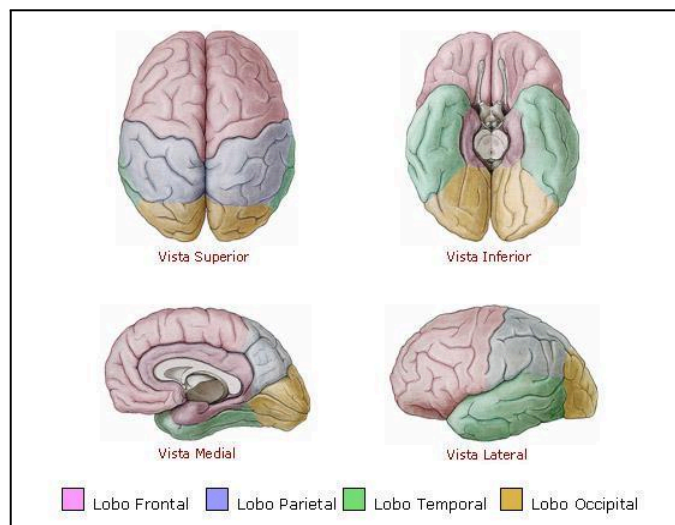
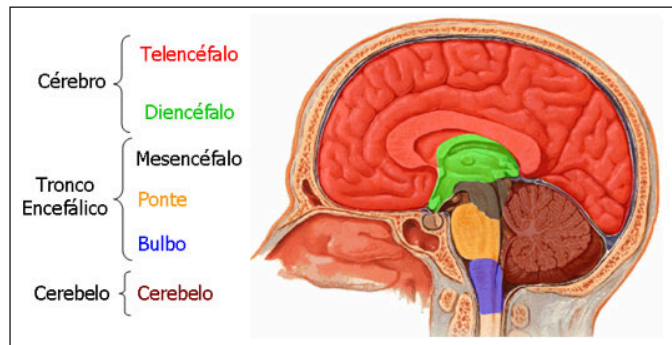
Fonte: Adaptado de Tortora (2001, p. 239).

Anatomicamente, o sistema nervoso central é organizado em medula espinhal e encéfalo, sendo esta última a principal região integrativa do sistema nervoso, onde são concebidos os pensamentos, geradas as emoções e executadas outras funções relacionadas ao nosso psiquismo e ao controle complexo do nosso corpo. Guyton (2008, p. 11) denomina

encéfalo como “a parte do sistema nervoso que fica contida no interior da cavidade craniana”, reconhecendo seis distintos componentes: (1) o cérebro (ou telencéfalo), (2) o diencefalo, (3) o mesencefalo, (4) o cerebelo, (5) a ponte, e (6) a medula oblonga (“bulbo”) (Figura 4). Essas nomenclaturas variam na literatura, sendo adotada nesta monografia a abordada por Guyton (2008).

O cérebro humano é formado por duas massas bilaterais, chamadas de hemisférios cerebrais, os quais são conectados por feixes de fibras nervosas, destacando-se dois principais: (1) o corpo caloso e (2) a comissura anterior. Dessa forma, os dois hemisférios do cérebro estão em constante comunicação por meio de fibras desses dois eixos. Outra característica conspícua do cérebro humano é sua aparência rugosa devido a presença de dobras em sua superfície, chamadas de circunvoluções cerebrais, sendo as depressões entre as dobras chamadas de fissuras (quando são maiores e mais profundas) ou sulcos (menos profundas). As fissuras e sulcos, até certo ponto, delimitam cinco partes funcionalmente distintas do cérebro: (1) lobo frontal, (2) lobo parietal, (3) lobo occipital, (4) lobo temporal, (5) ínsula (pequeno lobo, localizada internamente) (Figura 4).

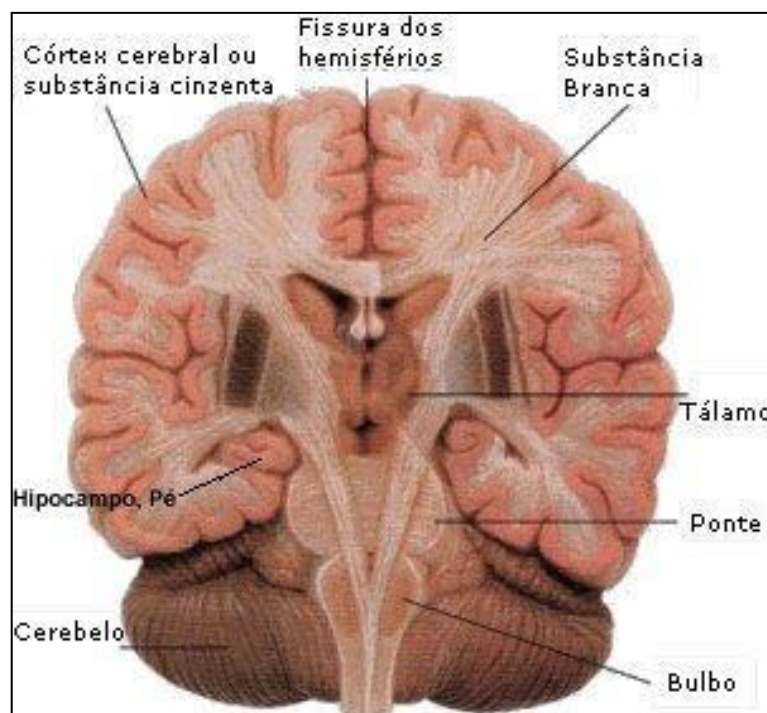
Figura 4 - Estrutura do encéfalo humano e vistas superior, inferior, medial e lateral dos lobos cerebrais.



Fonte: adaptado de <http://www.auladeanatomia.com/>

Em um corte transversal (Figura 5) é possível observar a organização interna do encéfalo. Duas áreas de coloração distinta se revelam: (1) a substância cinzenta, com coloração mais escura, formada por coleções de grandes números de corpos celulares neuronais, e (2) substância branca, formada por grandes feixes de fibras nervosas, recobertas de mielina que lhes confere coloração esbranquiçada, que saem e chegam à substância cinzenta. A camada de substância cinzenta que recobre toda a superfície do cérebro é também chamada de córtex cerebral e é esta a parte mais frequentemente associada ao processo de pensamento, onde são armazenadas todas as nossas memórias e também é a área responsável por nossa capacidade de adquirir as múltiplas habilidades musculares. Hoje, conhecemos diversas áreas do córtex associadas às funções executivas, às quais estão intimamente ligadas ao processo de aprendizagem. Dessa forma podemos reconhecer sete áreas funcionais do cérebro, resumidas no Quadro 2 (GUYTON, 2008).

Figura 5 – Corte horizontal do cérebro.



Fonte: <http://www.guia.heu.nom.br/>

Quadro 2 – Áreas funcionais do córtex cerebral.

Área Funcional		Função	Localização
Áreas motoras	Córtex motor	Controla atividades musculares individuais	Parte posterior do lobo frontal
	Córtex pré-motor	Controla os padrões de contrações musculares coordenadas	
	Área de Broca	Controle da fala	
Córtex somestésico		Detecta as sensações tácteis e proprioceptivas	Lobo parietal
Área visual		Detecta sensações visuais	Lobo occipital
Área auditiva		Detecta sensações auditivas	Lobo temporal superior
Área de Wernick		Analisa informação sensorial de qualquer tipo	Lobo temporal súpero-posterior
Área de memória de curto prazo		Memória	Partes inferiores do lobo temporal
Área pré-frontal		Elaboração do pensamento	Metade anterior do lobo frontal

Fonte: Adaptado de Guyton (2008, p. 15)

Outra região importante do encéfalo é o diencefalo, o qual aparece como uma estrutura nodular, distinta do resto do encéfalo, que liga o telencefalo (cérebro) e o mesencefalo. Localiza-se em posição mediana no encéfalo e apresenta importantes estruturas relacionadas ao comportamento e análise sensorial (Quadro 3). Cercando o hipotálamo, na borda do telencefalo e do diencefalo, encontra-se o sistema límbico, envolvido no controle de nossas atividades emocionais e comportamentais. Compõem este sistema, além de outras estruturas, o hipocampo e a amígdala. Os sinais gerados no sistema límbico, e que vão para o hipocampo, podem modificar uma ou todas as funções internas do corpo, controladas pelo hipotálamo. E os sinais que chegam ao sistema límbico, vindos do mesencefalo, podem controlar os comportamentos de vários tipos, inclusive os relacionados à aprendizagem, como a atenção.

Quadro 3 - Estruturas e funções do diencefalo

Estrutura	Função
Tálamo	Transmite sinais sensoriais para o córtex; Funções de análises sensoriais
Hipotálamo	Controla funções internas do corpo; estimula o sistema nervoso autônomo
Subtálamo	Controle da atividade motora subconsciente
Epitálamo	Função desconhecida; inclui a glândula pineal

Fonte: Adaptado de Guyton (2008, p. 20)

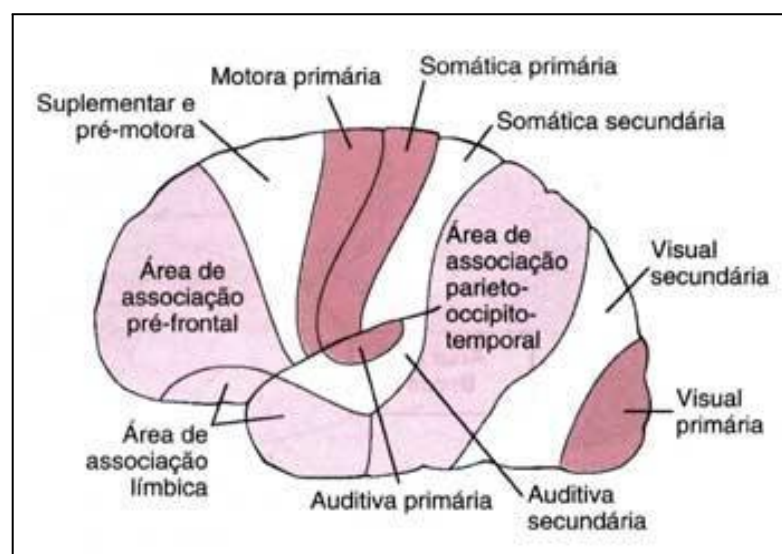
Funções do sistema nervoso associadas à aprendizagem

Para compreender como se processa a aprendizagem a nível cerebral, destaca-se a importância das áreas de associação encontradas no córtex cerebral (Figura 6). Estas são grandes áreas que recebem e analisam sinais de múltiplas regiões do córtex, estando envolvidas em importantes processos associados ao aprendizado. Podemos organizá-las em três grandes áreas, sendo elas:

- Área de associação parieto-occipitotemporal: Localiza-se entre o córtex sensorial somático e o visual, podendo ser distinguida em quatro subáreas:
 - Área de coordenadas espaciais do corpo e do meio circundante;

- Área de Wernicke (região mais importante do cérebro para as funções intelectuais superiores – relacionada à linguagem)
 - Área de compreensão da linguagem (processamento visual das palavras – leitura).
 - Área de denominação dos objetos (essencialmente importantes para compreensão da inteligência e da linguagem)
- Área de associação pré-frontal: associada ao planejamento dos movimentos complexos e também processos prolongados de pensamento. Esta área apresenta uma importante subárea, denominada área de Broca, a qual fornece o circuito neuronal para a formação da palavra. Esta área trabalha em íntima associação com a área de Wernicke para a compreensão da palavra.
- Área de associação límbica: Esta região está relacionada basicamente ao comportamento, às emoções e à motivação. Esta área cortical faz parte do sistema límbico, o qual fornece a maioria dos estímulos para a ativação de outras áreas do cérebro e fornece também o impulso motivacional para o próprio processo de aprendizagem.

Figura 6 – Áreas funcionais especiais no córtex cerebral.



Fonte: <http://www.psiquiatriageral.com.br/psicossomatica/neuro3.htm>

A área de Wernicke merece atenção especial pelo reconhecimento desta como uma área de confluência de diferentes áreas de interpretação sensorial e por desempenhar grande papel nos níveis superiores de função cerebral, os quais denominamos inteligência. Esta região associa áreas de interpretação somática, auditiva e visual, enfatizando-se a importância global da área de Wernicke para a maioria das funções intelectuais do cérebro.

Uma função cerebral intimamente relacionada à aprendizagem é a memória, fisiologicamente causada por alterações da capacidade de transmissão sináptica de um neurônio para outro, resultante da atividade neural prévia. Ou seja, essas alterações causam o desenvolvimento de novas vias para a transmissão de sinais pelos circuitos neurais do cérebro (GUYTON, 2008). E dessa forma, nossas experiências possibilitam que armazenemos informações, as quais podem ser evocadas quando necessárias, caracterizando a aprendizagem. Izquierdo (2011, p. 11) reúne estes conceitos da seguinte forma:

“Memória’ significa aquisição, formação, conservação e evocação de informações. A aquisição é também chamada de aprendizado ou aprendizagem: só se ‘grava’ aquilo que foi aprendido. A evocação é também chamada recordação, lembrança, recuperação. Só lembramos aquilo que foi gravamos, aquilo que foi aprendido.”

Rotineiramente, nossos órgãos de percepção estão em contato com inúmeras informações dos ambientes que nos cercam. E por conta disso, somos capazes de armazenar de maneira distinta essas informações. Surgem, assim, formas/tipos de memória, os quais são fundamentados por diferentes sistemas cerebrais, constituindo-se não como uma unidade unitária, e sim como uma composição de múltiplos sistemas independentes e interativos (SÁ & MEDALHA, 2001).

A classificação da memória varia entre os autores. Contudo, é consenso que, com relação ao tempo de duração, algumas memórias podem durar apenas alguns segundos e outras horas, dias, meses ou mesmo anos. Podemos organizá-las, então, da seguinte forma (GUYTON, 2008, p.223):

- Memória imediata: Duram segundos, no máximo minutos, a menos que sejam convertidas em memória em curto prazo.
- Memória em curto prazo: duram dias a semanas, mas acabam perdidas.
- Memória em longo prazo: uma vez armazenadas, podem ser evocadas após vários anos ou até mesmo a vida toda.

A memória consolidada, estocada em longo prazo, apresenta distinção quanto ao seu conteúdo, apresentando dissociação entre sistemas particulares, enfatizando a natureza da informação processada. Com relação aos critérios de acessibilidade consciente aos conteúdos da memória, podemos distinguir os seguintes tipos (SÁ & MEDALHA, 2001, p.104):

- Memória declarativa (explícita): conhecimento evocado conscientemente por meio de imagens ou preposições. Podem ser:
 - Episódicas (autobiográficas): eventos dos quais participamos.
 - Semânticas: conhecimento sobre informações gerais.
- Memória não declarativa (implícita): conhecimento é manifesto por meio de desempenho, sem que o sujeito tenha consciência de possuí-lo. Ela pode ser:
 - Memória associativa: motora, para habilidades, condicionamento clássico.
 - Memória não associativa: habituação e sensibilização.

O modo de formação das memórias, especialmente as de longa duração, não ocorre de forma imediata. De fato, ela envolve uma série de transformações metabólicas no hipocampo e em outras estruturas cerebrais, compreendendo diversas fases, as quais requerem entre três e oito horas. Este processo chama-se consolidação e enquanto não estiverem concluídas, as memórias de longa duração são lábeis. Além de alterações metabólicas, é consenso que as memórias consistem de modificações de determinadas sinapses de distintas vias, que incluem o hipocampo e suas conexões. Este processo se refere à plasticidade neuronal (IZQUIERDO, 2011).

O desenvolvimento humano e a aprendizagem

Precedente aos conhecimentos neurológicos aplicados à aprendizagem, outras áreas do conhecimento emergiram importantes contribuições sobre como desenvolvemos a habilidade de aprender, especialmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento humano. Bee & Boyd (2011) destacam que “séculos antes de os pesquisadores começarem a usar métodos científicos para estudar mudanças relacionadas à idade, os filósofos propuseram explicações do desenvolvimento baseadas em observações da vida diária”.

E para compreender a construção do conhecimento sobre e desenvolvimento humano e a aprendizagem, se faz necessário recorrer à reflexão filosófica. Dentro do contexto educacional, a filosofia se torna parte integrante do discurso pedagógico, uma vez que a educação segue o fluxo e o refluxo das correntes filosóficas. Nas palavras de Oliveira (2005, p.89):

“Por esta razão, todos os projetos, pesquisas e propostas educacionais refletem os valores sócio-político-culturais de uma época e são influenciados pelas várias ideologias políticas e diversas correntes e tendências filosóficas predominantes nas diferentes sociedades que buscam, ao mesmo tempo, responder o que é o homem”.

E assim, as diversas concepções sobre o desenvolvimento humano apresentam distintas origens filosóficas, as quais suportam explicações aplicáveis na aprendizagem, sendo interessante compreendê-las dentro de um contexto pedagógico. As principais correntes filosóficas associadas à aprendizagem são apresentadas no Quadro 4, com base nas contribuições de Oliveira (2005).

Quadro 4 – Correntes filosóficas em educação

Corrente	Princípio	Educador / Pensador
Idealismo	Baseia-se no aluno como ser espiritual e, como tal, deve ser ajudado para dar expressão a sua natureza.	Freidrich Frobel
Realismo	Fundamenta-se no princípio da realidade da matéria que existe concretamente e independente de nossas ideias. A educação só pode ser compreendida quando tiver por meta o cultivo do intelecto e da razão.	Aristóteles
Neotomismo	Interpreta a realidade sob uma dimensão material e espiritual (deus).	Tomás de Aquino Alceu Amoroso Lima
Marxismo	Vê o Estado Capitalista como um órgão repressor que assegura às classes dominantes o seu poder de domínio, utilizando a escola como instrumento de dominação, doutrinando educandos conforme a ideologia da classe dominante.	Carl Marx Friedrich Engels Paulo Freire
Positivismo	Percepções humanas são baseadas na observação, exatidão. A ciência é cumulativa e transcultural	Auguste Comte

Estas correntes filosóficas embasaram pensadores e pesquisadores do desenvolvimento humano, possibilitando-nos teorizar sobre as etapas do desenvolvimento. A compreensão

dessas teorias é importante para entender como acontece o processo de aprendizado, pois o desenvolvimento está imerso em aprendizagem.

Temos, por exemplo, as teorias psicanalíticas nas quais o comportamento, e, por conseguinte, o desenvolvimento, é governado por processos inconscientes e conscientes. São assim baseadas na suposição de que mudanças relacionadas à idade resultam em conflitos, determinados maturacionalmente, entre pulsões internas e demandas da sociedade. A teoria psicanalítica é creditada a Sigmund Freud (1856 - 1939), o qual propôs a existência de uma pulsão básica, inconsciente e instintiva, chamada libido, estando esta centrada na parte do corpo mais sensível em determinada idade. Teríamos assim, segundo Freud, cinco estágios psicosexuais explicitados no quadro 5 (BEE & BOYD, 2011).

Quadro 5 – Estágios psicosexuais, segundo Freud.

Estádios de desenvolvimento - Freud				
Estádio	Idade	Zona Erógena	Conflito	Consequências
Estádio Oral	0-18 meses	Boca	Desmame	Dependência, agressividade verbal, gosto pela discussão e tendência exagerada pela satisfação oral
Estádio Anal	18 meses – 3 anos	Ânus	Aprendizagem do controle da defecação	Tendência para a crueldade, violência e rebeldia
Estado Fálico	3 – 6 anos	Órgãos genitais	Complexo de Édipo e Electra	Personalidade bipolar e falta de maturidade no plano afectivo
Estádio de Latência	6-11 anos	Centra-se no mundo físico e social e não no seu corpo	Não existe nenhum conflito	Não há fixação alguma
Estádio Genital	Após a puberdade	Órgãos genitais	Preocupação com o bem-estar sexual da pessoa amada	Capacidade de amar e cuidar e ultrapassagem da sexualidade auto-erótica

Fonte: <http://psicologiad27.blogspot.com.br>

Por outro lado, temos as teorias cognitivas, nas quais a ênfase está primariamente no desenvolvimento cognitivo do que na personalidade, com foco na centralidade das ações da criança no ambiente e seu processamento cognitivo das experiências. Personalidade central na teoria cognitiva, Jean Piaget (1896 – 1980), ao observar que crianças de mesma faixa etária apresentam a tendência de cometer os mesmos tipos de erros, chegando às mesmas conclusões, supôs que é da natureza humana adaptar-se ao seu ambiente. Piaget entendia o conhecimento como ações mentais ou físicas, as quais denominava esquema. Assim, quando agimos em determinado ambiente um processo mental inato chamado organização faz com que deduzamos esquemas generalizáveis de experiências específicas. Porém, nem todos os desafios oferecidos pelo nosso ambiente são ajustáveis com a organização mental de nossos esquemas. Surge então o que Piaget denominou de adaptação, processo no qual nossos esquemas mentais mudam. A adaptação se dá por meio de três subprocessos: (1) assimilação, que consiste na absorção de novas experiências/informações aos esquemas existentes; (2) acomodação, definida como a modificação de esquemas existentes como resultado de novas experiências ou mesmo a criação de novos esquemas; (3) equilíbrio, que é o processo de reestruturação periódica de esquemas para criar um equilíbrio entre assimilação e acomodação (BEE & BOYD, 2011).

Dessa forma, para a teoria cognitivista de Piaget, a criança busca ativamente compreender o mundo ao seu redor, explorando, manipulando, examinando objetos e pessoas e, assim, formulando uma série de entendimentos (ou teorias) sobre a forma como o mundo funciona. Cada uma dessas teorias corresponde a um estágio específico, proposto por Piaget, de modo que cada um origina-se daquele que o precedeu e cada um consistindo de um sistema ou uma organização mais ou menos completa de conceitos, estratégias e suposições (Quadro 6).

Quadro 6 – Fases do desenvolvimento cognitivo, segundo Piaget.

FASES DO DESENVOLVIMENTO COGNITIVO			
IDADE		ESTÁDIO	DESCRIÇÃO
Nascimento até aos 2 anos		Sensório-motor	Ocorre o desenvolvimento de uma acção reflexa e instintiva para uma função simbólica. Neste período, a criança constrói e percebe o mundo pela coordenação de experiências sensoriais e acções físicas.
Dos 2 anos aos 7 anos		Pré-operatório	A criança começa a representar o mundo com as suas próprias palavras e imagens demonstrando o desenvolvimento da capacidade simbólica e indo além das pistas fornecidas pelas ligações sensoriais e físicas.
Dos 7 anos aos 11 anos		Operatório concreto	A criança apresenta um pensamento lógico a respeito dos acontecimentos concretos e consegue classificar objectos em diferentes categorias.
Dos 11 anos aos 15 anos		Operatório formal	O adolescente manifesta um pensamento mais lógico, mais abstrato e mais idealístico.

Fonte: <http://psicofadeup.blogspot.com.br/>

Também atuante dentro do cognitivismo, Lev Vygotsky (1896 – 1934) ao estudar as origens do conhecimento propôs que formas complexas de pensamento têm suas origens em interações sociais. A aprendizagem de novas habilidades cognitivas é conduzida por alguém mais velho, que modela e estrutura a experiência de aprendizagem da criança. E essa nova aprendizagem é mais bem alcançada na zona de desenvolvimento proximal: distância entre o nível de desenvolvimento atual, determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda, e a gama de possibilidades, determinado através de resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro (Figura 7) (BEE & BOYD, 2011).

Figura 7 – Zona de desenvolvimento proximal.



Fonte: <http://emersonluispsy.blogspot.com.br/>

Psicologia Cognitiva e as Funções Executivas

O advento das pesquisas experimentais dentro da psicologia, convergindo com trabalhos teóricos, possibilitou a emergência de um novo ramo de conhecimento psicológico. Assim, a Psicologia Cognitiva, originada no final da década de 1950, foi definida por Neisser (1967, apud NEUFELD et al., 2011) como “a psicologia que se refere a todos os processos pelos quais um input (entrada) sensorial é transformado, reduzido, elaborado, armazenado, recuperado e usado”. Ou seja, Neisser lança a ideia de que a mente humana cria códigos cognitivos, os quais são utilizados para processar processos mentais (percepção, memória, raciocínio, etc).

A inter-relação entre psicologia cognitiva e neurologia é destacada por Vasconcellos & Vasconcellos (2007) quando apontam que a revolução cognitiva (surgimento da ciência cognitiva) ampliou as discussões envolvendo questões ontológicas sobre a relação mente e cérebro. Neufeld et al. (2011) destacam a multidisciplinaridade da ciência cognitiva, composta por seis disciplinas: a própria psicologia, a linguística, a neurociência, a ciência da computação, a antropologia e a filosofia.

Cabe salientar que a psicologia cognitiva enquadra-se como uma teoria do Cognitivismo - movimento de compreensão da cognição humana que tem como objeto de estudo a própria cognição humana dos pontos de vista da educação e da psicologia. Ao cognitivismo também estão associadas às teorias de Piaget, Vygostsky, Ausubel, entre outros

(Neufeld et al. 2011). Esta corrente de pensamento foi precedida por outras, como o estruturalismo, o funcionalismo, o associacionismo, o behaviorismo e a psicologia de Gestalt.

A psicologia cognitiva inicia, então, a pesquisa sobre o funcionamento das funções executivas, ou seja, aquelas habilidades cognitivas necessárias para controlar nossos pensamentos, emoções e ações. Nas palavras de Cypel:

“As funções executivas organizam capacidades perceptivas, mnésicas e práxicas dentro de um contexto, com a finalidade de: eleger um objetivo; decidir o início da proposta; planejar as etapas de execução; monitorar as etapas, comparando-as com o modelo proposto; modificar o modelo, se necessário; avaliar o resultado final em relação ao objetivo inicial.” (CYPEL, 2006 apud CORSO et al., 2013, p.24).

De acordo com Morton (2013), às funções executivas podem ser organizadas em três categorias:

- O autocontrole: capacidade de resistir contra fazer algo tentador para privilegiar a ação desejada. Ajuda a pessoa a permanecer atenta, a agir de forma menos impulsiva e a ficar concentrada em uma atividade.
- A memória de trabalho: capacidade de conservar as informações na mente, o que permite utilizá-las para fazer o vínculo entre as ideias, calcular mentalmente e estabelecer prioridades.
- A flexibilidade cognitiva: capacidade de pensar de forma criativa e de se adaptar às demandas inconscientes. Permite utilizar a imaginação e a criatividade para resolver problemas.

Neuroanatomicamente, o córtex pré-frontal está mais relacionado às funções executivas, pois é uma região que se comunica com todo o encéfalo, recebendo aferências diretas e indiretas de áreas corticais laterais, bem como de áreas colaterais, por meio do corpo caloso, e tem como aferências subcorticais o sistema límbico, sistema reticular, hipotálamo e sistemas neurotransmissores. Estas vias conferem ao córtex pré-frontal propriedades para integração entre o meio interno, via sistema límbico, e meio externo, via áreas sensitivas de associação e controle de redes neuronais, principalmente de áreas sensoriais posteriores, bem como síntese entre as dimensões sentimento e razão na produção do comportamento (dos Santos, 2004).

No âmbito da educação, as funções executivas exercem papel central na aprendizagem por responderem pelas capacidades metacognitivas – capacidades de planejamento e

regulação da própria atividade em função de determinados objetivos. Muitas dificuldades de aprendizagem estão relacionadas a falhas ou ao atraso no desenvolvimento dessas capacidades de planejamento, monitoramento e controle da própria atividade (CORSO et al., 2013). Ribeiro (2003), inclusive, aponta que alguns autores concluíram que os bons alunos são aqueles mais aptos tanto na utilização de estratégias para adquirir, organizar e utilizar o seu conhecimento como na regulação do seu processo cognitivo.

“Assim, é suposto que a prática da metacognição conduz a uma melhoria da atividade cognitiva e motivacional e, portanto, a uma potencialização do processo de aprender. Isto é, o conhecimento que o aluno possui sobre o que sabe o que desconhece acerca do seu conhecimento e dos seus processos, parece ser fundamental, por um lado, para o entendimento da utilização de estratégias de estudo, pois, presume-se que tal conhecimento auxilia o sujeito a decidir quando e que estratégias utilizar e, por outro, ou conseqüentemente, para a melhoria do desempenho escolar.” (RIBEIRO, 2003, p.110)

Reflexão: Desafios dos educadores frente às novidades da neuroaprendizagem

A busca pela compreensão dos mecanismos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem permeia (ou deveria permear) a atividade docente. Como seres orgânicos, impulsionados por uma maquinaria fisiológica, sabemos que existem processos físico-químicos envolvidos na nossa capacidade de aprender. Entretanto, como seres sociais, também sabemos que o meio em que vivemos e as relações que estabelecemos com este interferem no modo como aprendemos. É em meio a esta inter-relação que a neurociência tem contribuído com o campo educativo.

Nesse sentido, o estudo das bases neuronais do comportamento humano – campo da neuropsicologia – está intimamente associado à aprendizagem, uma vez que esta compreende uma mudança de comportamento resultante de prática ou experiência anterior, decorrente da plasticidade dos processos neurais cognitivos (PAULA et al., 2006). Importantes contribuições para a educação foram feitas a partir do trabalho do neuropsicólogo russo Alexander Luria, o qual preconizou que o cérebro está organizado em três unidades funcionais principais cuja atuação em concerto possibilita qualquer tipo de atividade mental (RODRIGUES & CIASCA, 2010). A partir de então, desenvolveram-se estudos empenhados em compreender as funções executivas: capacidades do sujeito em engajar-se em comportamentos orientados e objetivos, ou seja, a realização de ações voluntárias, independentes, autônomas, auto-organizadas e orientadas para metas específicas (GODOY et al., 2010). As funções executivas representam interesse para a educação, pois englobam a

atenção, a memória, as habilidades metacognitivas, as emoções; todos fatores importantes para o desenvolvimento de aprendizagem significativa.

Diante do exposto, a busca pelo conhecimento sobre processos de aprendizagem deve ser intrínseca à atividade docente. E apropriar-se dos conhecimentos sobre a neuroaprendizagem vem contribuir com a formação de professores, de modo que:

“O mais importante para um educador é entender as Neurociências como uma forma de conhecer de maneira mais ampla o cérebro – como é, como aprende, como processa, registra, conserva e evoca uma informação, entre outras coisas – para que a partir deste conhecimento possa melhorar as propostas e experiências de aprendizagem que se dá em aula”. (CAMPOS, 2011, p.5).

Considerações Finais

Pode-se concluir que os conhecimentos apresentados pelas recentes descobertas da neurociência possibilitam um melhor entendimento acerca do processo de aprendizagem. Também é possível destacar que muitos dos conhecimentos prévios sobre o aprender, propostos a partir da observação de crianças em desenvolvimento, estão em consonância com as atuais observações do funcionamento do sistema nervoso.

Nesse sentido, concluo que o docente, como profissional em constante formação, deve atentar para os conhecimentos neurológicos sobre o processo de aprendizagem de modo que possa, através de sua prática, potencializar a capacidade cognitiva de seus alunos. O conhecimento sobre os mecanismos envolvidos na execução das funções executivas e na metacognição, por exemplo, permitem ao docente desenvolver estratégias de aprendizagem mais efetivas sob o ponto de vista da aprendizagem.

Também é possível concluir que os conhecimentos sobre neuroaprendizagem são importantes na identificação de deficiências de aprendizagem, muitas das quais com base em problemas neurológicos. A compreensão dessas dificuldades e dos processos neuronais que as desencadeiam possibilita que o docente possa desenvolver de maneira mais adequada estratégias de desenvolvimento cognitivo adequadas à dificuldade.

Referências

- ANSARI, D. & COCH, D. Bridges over troubled Waters: education and cognitive neuroscience. **Trends in Cognitive Sciences**, 10 (4): 146-151, 2006.
- BEE, H.; BOYD, D. A criança em desenvolvimento. 12ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- CAMPOS, A.L. Neuroeducación: uniendo las neurociências y La educación en la búsqueda del desarrollo humano. **La educ@ción**, 143: 1-14, 2010.

- CARVALHO, F.A.H. de. Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. **Trab. Educ. Saúde**, 8(3): 537-550, 2011.
- CORSO, H.V.; SPERB, T.M.; de JOU, G.I. & SALLES, J.F. Metacognição e funções executivas: relações entre os conceitos e implicações para a aprendizagem. **Psicologia: teoria e pesquisa**, 29 (1): 21-29, 2013.
- dos SANTOS, F.H. Funções Executivas. Em: Andrade, V.M.; dos Santos, F.H.; Bueno, O.F.A. **Neuropsicologia Hoje**, pp: 125-134. São Paulo: Artes Médicas, 2004.
- GAZZANIGA, M. S.; MANGUN, G.R.; IVRY, R.B.; **Neurociência Cognitiva: A Biologia Da Mente**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- GODOY, S.; DIAS, N.M.; TREVISAN, B.T.; MENEZES, A. & SEABRA, A.G. Concepções teóricas acerca das funções executivas e das altas habilidades. **Cadernos de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento**, 10 (1): 76-85, 2010.
- GUYTON, A. **Neurociência básica: anatomia e fisiologia**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- IZQUIERDO, I. **Memória**. 2ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- MORRIZ, R. & FILLENZ, M. **Neurociência: A ciência do cérebro**. Liverpool, British Neuroscience Association, 2003.
- MORTON, J. B. **Funções executivas**. Disponível em: <http://www.encyclopedia-crianca.com/funcoes-executivas/>, acesso em 08 de fevereiro de 2015.
- NEUFELD, C.B.; BRUST, P.G. & STEIN, L.M. Bases epistemológicas da psicologia cognitiva experimental. **Psicologia: teoria e pesquisa**, 27 (1): 103-112, 2011.
- OLIVEIRA, A.S. Filosofia e Educação. Em **Introdução ao pensamento filosófico**, Oliveira et al. (editores). 8ª Ed. São Paulo: Loyola, 2005.
- PAULA, G.R.; BEBER, B.C.; BAGGIO, S.B. & PETRY, T. Neuropsicologia da aprendizagem. Rev. **Psicopedagogia**, 23 (72): 224-231, 2006.
- RIBEIRO, C. Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem. **Psicologia: reflexão e crítica**, 16(1): 109-116, 2003.
- RODRIGUES, S. das D. & CIASCA, S.M. Aspectos da relação cérebro-comportamento: histórico e considerações neuropsicológicas. Rev. **Psicopedagogia**, 27 (82): 117-126, 2010.
- SÁ, C.S.C. & MEDALHA, C.C. Aprendizagem e Memória – Contexto Motor. Rev. **Neurociências**, 9 (3): 103-110, 2011.
- TORTORA, G.J. **Corpo humano**. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- VASCOCELLOS, S.J.L. & VASCOLCELLOS, C.T.D.V. Uma análise das duas revoluções cognitivas. **Psicologia em estudo**, 12 (2): 385-391, 2007.

