

UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES
AVM FACULDADE INTEGRADA
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU

**Neurociência na Aprendizagem e Educação:
Uma reflexão sobre a sua potencial aplicação no
Ensino Superior.**

Por: Thaize Barreto Rodrigues

Orientador

Prof. Dr. Vilson Sérgio de Carvalho

BRASÍLIA/DF

2014

UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES
AVM FACULDADE INTEGRADA
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU

**Neurociência na Aprendizagem e Educação:
Uma reflexão sobre a sua potencial aplicação no
Ensino Superior.**

Por: Thaize Barreto Rodrigues

Monografia apresentada ao Instituto A Vez do
Mestre como requisito parcial para obtenção do título
de especialista em Docência do Ensino Superior.

Orientador: Prof. Dr. Vilson Sérgio de Carvalho

BRASÍLIA/DF

2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me conduzido a esta vitória.

Aos meus amados pais José e Valdeci, por todo amor que sempre me dedicaram e por me apoiar para que eu não desanimasse nunca.

À minha família e amigos pela paciência e pelo carinho. Por não se esquecerem de mim nos (muitos) momentos em que estive ausente! Às minhas queridas irmãs, Dra. Kelly (que foi minha co-orientadora), Frany, e ao meu irmão Guto, por me oferecerem seus ouvidos e ombros, pernas e braços, para eu ter onde me apoiar!

Aos meus orientadores Ana Paula e Vilson Sérgio, à Universidade Cândido Mendes e ao Instituto A Vez do Mestre pela oportunidade.

DEDICATÓRIA

Ao meu amor Giovani Rasia (*in memorian*) por todo carinho, compreensão e principalmente pelo incentivo e seriedade com que tratou todos os planos que me propus a realizar. Agradeço imensamente pelos 4 anos em que me deu o prazer de sua companhia.

EPÍGRAFE

“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

A Neurociência compreende o estudo dos múltiplos aspectos estruturais e funcionais do Sistema Nervoso, na qual engloba áreas científicas interdisciplinares e tem contribuído de forma notável também nas questões referentes à educação, propondo-se a descobrir como acontece e se comporta o cérebro durante o processo de aprendizagem. Neste trabalho buscou-se identificar os mecanismos de aprendizado, como se dá a aquisição de conhecimentos e a consolidação das memórias, além de buscar o entendimento sobre como os estímulos adequados podem intensificar o processo de ensino-aprendizagem com maior qualidade. O objetivo maior desta pesquisa não se reduziu apenas em detalhar bases neurobiológicas da aprendizagem, mas chamar à reflexão os profissionais ligados à educação e à aprendizagem sobre a importância de se conhecer essas bases como interfaces da aprendizagem, em especial aos que atuam no Ensino Superior.

METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos far-se-ão mediante levantamento bibliográfico, consulta a periódicos, revistas científicas e de websites especializados. A fundamentação teórica será baseada em referências bibliográficas relevantes, tais como Herculano-Houzel, Relvas, Lent, Conseza, Guerra, dentre outros, com o objetivo de responder à questão proposta neste trabalho.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
CAPÍTULO I: NEUROCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO	
1.1 Neurociências – um breve histórico.....	11
1.2 A relação entre Neurociência e Educação.....	13
CAPÍTULO II: ANATOMIA DA APRENDIZAGEM	
2.1 O Sistema Nervoso.....	19
2.1.1 Estruturas anatômica e fisiológica do cérebro.....	20
2.1.2 Neurônio: unidade básica do sistema nervoso.....	23
2.1.3 Plasticidade Cerebral.....	26
2.2 Aspectos neurobiológicos da aprendizagem.....	30
CAPÍTULO III: APRENDIZAGEM E OS FATORES EMOCIONAIS	
3.1 A importância da emoção.....	37
3.2 Os aspectos emocionais na aprendizagem.....	40
3.2.1 A atenção e percepção na aprendizagem.....	43
3.2.2 A influência do Sistema de Recompensa e da motivação para a aprendizagem.....	47
CAPÍTULO IV: NEUROCIÊNCIA E SUA ATUAÇÃO NO CONTEXTO EDUCACIONAL	
4.1 A redefinição do papel das organizações de ensino e dos métodos pedagógicos.....	51
4.2 A neurociência e a atuação docente.....	57
4.3 Aplicações de estudos neurocientíficos em sala de aula.....	60
4.3.1 Possibilidades de um novo fazer pedagógico aplicado à sala de aula do Ensino Superior.....	66
CONCLUSÃO.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	71
WEBGRAFIA.....	74

INTRODUÇÃO

A Neurociência compreende um campo de estudo que abrange os múltiplos aspectos estruturais e funcionais do Sistema Nervoso. Inclui a investigação de maneira completa e profunda das funções cerebrais e de que forma elas interferem na vida do ser humano, além de ocupar-se da observação das atividades mentais e como os estímulos cerebrais modulam as emoções e as reações comportamentais.

Atualmente, a neurociência é vista como uma ciência interdisciplinar que colabora e atua em vários ramos como a química, física, psicologia, medicina, computação, engenharia, dentre outras. A neurociência tem contribuído também nas questões referentes à educação, na qual se propõe a identificar como o cérebro aprende e como se comporta no processo de aprendizagem. Procura identificar como os estímulos do aprendizado chegam até o cérebro e como podem ser intensificados para acelerar o aprendizado do aluno com maior qualidade. Também abrange os mecanismos de aprendizado e aquisição de conhecimentos, além da consolidação das memórias.

Os estudos na área da neurociência ligada aos processos de aprendizagem têm sido temas recorrentes de pesquisas de estudiosos e neurocientistas interessados em compreender de que forma novas descobertas podem favorecer a educação de uma maneira geral. Há diversos pesquisadores e neurocientistas, tais como DAMÁSIO, HERCULANO-HOUZEL, RELVAS, CONSENZA, GUERRA, LENT e muitos outros que publicaram obras, artigos e experiências em consonância com a ideia de que o uso de estratégias adequadas em um processo de ensino dinâmico e prazeroso poderá, de fato, favorecer os métodos de ensino conhecidos.

Baseando-se na necessidade de estudar mais profundamente acerca dos benefícios que a neuroeducação pode proporcionar, verificou-se que produzir reflexão e investigação acerca do tema poderia suscitar interesse

não somente aos professores, mas também aos alunos em como se dá o processo de aprendizagem e de que forma pode ser melhorado por meio de novas técnicas. A Neurociência não mostra “receitas prontas” para estimular a aprendizagem, apenas aponta caminhos que podem ser seguidos por educadores interessados no grande desafio de viabilizar uma aula que facilite funcionamento neural de seu aluno e assim possa promover novas competências cognitivas.

O objetivo maior deste trabalho não consiste apenas em detalhar bases neurobiológicas da aprendizagem, mas chamar à reflexão os profissionais ligados à educação e à aprendizagem sobre a importância de se conhecer essas bases como interfaces da aprendizagem, em especial aos que atuam no Ensino Superior. RELVAS (2009) alerta para a importância, por parte do educador, acerca do conhecimento das estruturas cerebrais como “interfaces” da aprendizagem para a ininterrupção do desenvolvimento também biológico e, de como este conhecimento dos estudos da neurobiologia vêm contribuindo para as práxis em sala de aula, na compreensão das dimensões cognitivas, motoras, afetivas e sociais, no redimensionamento do sujeito aprendente e nas suas formas de interferir nos ambientes pelos quais perpassa.

Propõe-se neste trabalho identificar, conhecer e analisar os caminhos apontados pela neurociência aplicados à aprendizagem e educação e como podem contribuir para que o educador e educando entendam as novas formas de ensino-aprendizagem, e, assim, possam se adaptar e melhorar os métodos pedagógicos atuais. Compreender o funcionamento do cérebro pode contribuir para que o educador se utilize de estratégias e recursos ainda não explorados, mas que aliados às práticas existentes possam auxiliar permanentemente e satisfatoriamente os métodos de ensino.

CAPÍTULO I

NEUROCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO

1.1 Neurociências – um breve histórico

A mente humana e o funcionamento cerebral sempre exerceram fascínio ao longo da história. Grande parte do fascínio das Neurociências está em sua capacidade de estudar os aspectos mais complexos do cérebro humano. Apesar desse encantamento, os neurocientistas por décadas se mantiveram nos níveis mais primários de funcionamento do cérebro, trabalhando exaustivamente em experimentos para entender como determinadas moléculas e células nervosas trabalhavam. Desde civilizações antigas, como egípcios, maias, astecas, assírios, chineses, entre outros, especularam a respeito da mente humana e de sua relação com o corpo.

Grandes pensadores, filósofos, médicos e pesquisadores, como Hipócrates (469-379 a.C.), Aristóteles (382-322 a.C.), Galeno (129-217? d.C.), Descartes (1596-1650), Gall (1758-1822), Broca (1860-1870), Wernick (1848-1905), Golgi (1843-1926), Ramón y Cajal (1852-1934), Luria (1902-1977), e muitos outros empenharam-se em estudar o funcionamento cerebral e sua anatomia, apresentando diversas hipóteses que foram analisadas, discutidas e contraditas, mas que formaram a base do que hoje chamamos de Neurociências.

O termo “Neurociências”, criado no final dos anos 70, compreende o conjunto das diversas áreas que pesquisam os aspectos estruturais e funcionais do Sistema Nervoso Central (SNC). Segundo Lent (2001), trata-se do conjunto de disciplinas que aborda o sistema nervoso e busca explicar como a cognição e a consciência humana nasce da atividade cerebral. Inclui a investigação de maneira completa e profunda das funções cerebrais e de que forma elas interferem na vida do ser humano. Ocupam-se da observação das

atividades mentais e como os estímulos cerebrais modulam as emoções e as reações comportamentais.

O avanço das pesquisas acerca das neurociências iniciou-se a partir dos anos 90, considerada a “Década do Cérebro”¹, em que houve a intensificação do volume de estudos relacionados ao funcionamento cerebral. O desenvolvimento tecnológico contribuiu de forma determinante, permitindo a utilização de equipamentos que tornavam acessível a visualização do que ocorria no cérebro quando este estava em atividade e, assim, facilitavam a compreensão das funções neurológicas do aprendizado.

Atualmente, existem modernas tecnologias de neuroimagem e diagnóstico que expõem quase que completamente a atividade cerebral. É possível visualizar fluxo sanguíneo, metabolismo, composição química e desempenho de receptores cerebrais, identificação de déficits funcionais em vias neurais, além de fornecer elementos para a base biológica dos diversos distúrbios.

Embora sendo uma ciência jovem, com cerca de 150 anos aproximadamente (HERCULANO-HOUZEL, 2009a), a neurociência tem trazido muitas informações consistentes sobre a formação, o desenvolvimento e o funcionamento cerebral. As descobertas realizadas contribuíram e contribuem para comprovar e conduzir a um novo entendimento a respeito de teorias referentes ao cérebro e sua maleabilidade, tornando possível traçar um novo rumo em relação às concepções sobre diversas áreas de conhecimento, tais como biologia, química, física, psicologia, medicina, computação, engenharia, dentre outras. Existem vários campos de pesquisa e diversos profissionais envolvidos com o estudo do cérebro e essa interação e interdisciplinaridade é necessária na medida em que proporciona a análise do funcionamento cerebral sob diferentes ângulos.

¹ 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 neurociência enriqueceu e ampliou os campos já conhecidos, produziu novas conexões e criou novas áreas de pesquisa. Conforme Herculano-Houzel (2009a),

“hoje a Neurociência mostra tantas novas informações sobre como o cérebro funciona e como esse funcionamento faz de nós o que somos, pensamos, sentimos ou lembramos, que é muito interessante aprender o que a neurociência tem a nos ensinar e usar esses conhecimentos na nossa vida de várias maneiras diferentes” (*DVD Neurociências na Educação: Neurociência do aprendizado*).

Apesar dos muitos avanços obtidos após dedicação concentrada dos neurocientistas, o cérebro humano continua sendo um enigma ainda pouco conhecido, onde há muito para ser descoberto em sua complexidade. Por outro lado, dada à quantidade de investimentos em pesquisas que buscam explorar o órgão que tem sido descrito como a sede do “sujeito cerebral”, este século tende a ser conhecido como sendo o “século cerebral”, e é plausível considerar que a compreensão do cérebro representará para o século XXI, o que o estudo do gene representou para o século XX e a compreensão da célula para o século XIX (KANDEL, 1997; GAZZANIGA, 2006 apud COSTA *et al.*, 2011).

É possível que as inovações tecnológicas e computacionais cada vez mais sofisticadas contribuam para novas abordagens sobre as funções cerebrais conhecidas até hoje, construindo inúmeras possibilidades que facilitarão entendimento e aplicação de fundamentos neurobiológicos e psicológicos em diversos contextos.

1.2 Relação entre Neurociências e Educação

A educação se estabelece como direito fundamental e essencial ao ser humano, apresentando-se como eixo central da interdisciplinaridade que reúne aspectos antropológicos, filosóficos, biológicos e psicológicos da espécie humana. É o meio pelo qual o indivíduo pode-se desenvolver física, mental e

socialmente. De acordo com Delors (1999)² apud Relvas (2012), são quatro os pilares da educação: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a conviver e aprender a ser. Ainda de acordo com o autor,

“todo ser humano deve ser preparado (...) para elaborar pensamentos autônomos e críticos e para formular os seus próprios juízos de valor, de modo a poder decidir, por si mesmo, como agir nas diferentes circunstâncias da vida” (DELORS, 1999, p. 99 apud RELVAS 2012, p. 78).

A educação visa ao desenvolvimento de novos comportamentos e habilidades no indivíduo, proporcionando-lhe recursos que permitam transformar sua prática e o mundo em que vive (GUERRA, 2011). Educar é proporcionar oportunidades e orientação para a aprendizagem, favorecendo a aquisição de novos conhecimentos tendo “como papel essencial conferir a todos os seres humanos a liberdade de pensar, de discernir, de sentir e imaginar o que necessitam”. (RELVAS, 2012, p. 78).

Vista de uma perspectiva científica, pode-se depreender que a educação é o processo pelo qual o cérebro é modificado permanentemente, e entender como ocorrem os processos de cognição, pode colaborar de maneira significativa nos processos educativos.

Pesquisadores como Bartoszeck (2007), Fernández (2002), Lundy-Ekman (2004), Eslinger (2003) analisam e discutem desde os princípios básicos da teoria neuronal desenvolvida por de Ramón y Cajal, no final do século XIX, até a relevância da neurociência para a educação e suas implicações no sistema de ensino, propondo que existem novas e eficientes estratégias, e que estas quando aplicadas aos métodos pedagógicos já conhecidos, podem promover estímulos que geram a reorganização do sistema nervoso central, resultando em mudanças comportamentais. Bransford *et al.* (2007) ressalta:

² Os quatro pilares da Educação são conceitos de fundamento da Educação baseado no Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI, coordenada por Jacques Delors.

“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” (p. 22).

Os conhecimentos obtidos por estudos realizados sobre as atividades cerebrais e as descobertas com abordagem mais científica do processo educacional, tornou possível que se estabelecesse relações significativas entre a educação e a neurociência. Esta vem propondo a modificação das ações educacionais e pedagógicas, viabilizando novas e importantes informações sobre o sujeito da aprendizagem.

Segundo Relvas (2012), “a educação ocorre principalmente quando aprendemos a aprender” (p.77). Portanto, identificar como o cérebro se comporta no processo de aprendizagem e como utiliza os conhecimentos adquiridos pode posteriormente auxiliar no desenvolvimento de práticas pedagógicas que facilitem o processo cognitivo. A neurociência propõe que o uso de estratégias adequadas em um processo de ensino dinâmico e prazeroso poderá, de fato, favorecer os métodos de ensino conhecidos, transformando a maneira como o indivíduo assimila, observa e acessa a realidade.

Compreender de que forma os seres humanos aprendem é importante para instigar as mudanças esperadas no 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 apud OLIVEIRA, 2011).

Atualmente, o saber não mais se constitui como a capacidade de guardar informações ou apenas repeti-las, mas refere-se à habilidade de utilizar essas informações de maneira correta em diversos contextos. Para a educação não é importante

“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” (OLIVEIRA, 2011, p. 74).

Mas de que maneira a neurociência pode contribuir efetivamente na educação? Muito se especulou e se especula sobre esta pergunta. Para Noronha (2008),

“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” (*artigo: Contribuições da Neurociência para a formação de professores, 2008*).

Há discussões e contradições existentes entre neurocientistas, onde alguns acreditam que é muito cedo para se aplicar efetivamente qualquer fundamento relacionado à neuroeducação. Afirmam, ainda, que para que as descobertas em neurociências sejam aplicadas à educação, ainda faz-se necessário construir pontes que as liguem. Ainda é preciso construir conexões entre investigação neurocientífica, a pesquisa e a prática educacional, assim como estabelecer a formação adequada de profissionais para utilizar esses conhecimentos.

Outros defendem que essa prática pode beneficiar substancialmente os métodos pedagógicos. Fischer (2009) apud Oliveira (2011), por exemplo, é um dos pesquisadores que discorda do fato de que seja prematura a ideia de relacionar a educação com a neurociência. O autor acredita que a aplicação 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.

É importante salientar que o estudo das neurociências aplicadas à educação e às práticas pedagógicas, não apresenta fórmulas prontas ou tem a intenção de responder a todos os questionamentos que permeiam a educação e a aprendizagem. Ela propõe “uma visão científica do processo de ensinar e aprender (...) realizando uma análise biopsicológica e comportamental do educando por meio de estudos da anatomia e da fisiologia no sistema nervoso central”. (RELVAS, 2012, p. 134).

O diálogo entre a neurociência e a educação é possível, mas implica em realizar uma releitura das teorias referentes à educação, de forma a abordar cientificamente a aprendizagem, a inteligência, o comportamento, reconhecendo que utilizar esses conceitos implica em maximizar o potencial do funcionamento cerebral. Isso porque

“exige necessariamente planejar novas maneiras de solucionar desafios, atividade que estimulem as diferentes áreas cerebrais, afim de desvendar com eficiência o desenvolvimento das potencialidades humanas e a capacidade de pensar”. (RELVAS, 2012, p. 145).

A pedagogia e a psicologia trabalham hoje com estudos e possibilidades baseadas no funcionamento cerebral que está envolvido na aprendizagem a fim de que forneçam objetivos e estratégias educacionais e comportamentais. Estas, quando aplicadas adequadamente, podem promover uma expressiva mudança na estrutura neurobiológica que leva à aprendizagem.

Com o crescente interesse e pesquisas inerentes aos processos mentais e de que maneira podem influenciar positivamente o processo cognitivo, é importante conhecer os mecanismos cerebrais e tornar a comunicação entre educadores e neurocientistas mais clara, a fim de que a construção de novas técnicas imprescindíveis para o sucesso na vida escolar, profissional e pessoal do indivíduo, possam ser compartilhada tanto no âmbito científico quanto educacional.

CAPÍTULO II

ANATOMIA DA APRENDIZAGEM

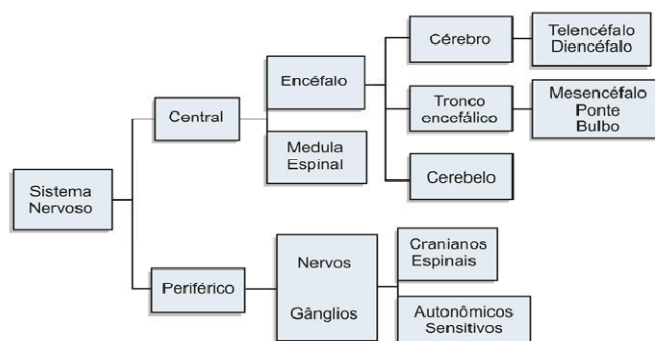
2.1 O Sistema Nervoso

O Sistema Nervoso é responsável pela interação entre o organismo e o meio ambiente por meio de funções sensitivas, integradoras e motoras. Dividido em Sistema Nervoso Central e Sistema Nervoso Periférico, constitui-se de cabos cilíndricos de fibras que emanam do Sistema Nervoso Central e se ramificam para inervar todas as partes do corpo de forma a assegurar a distribuição dos estímulos neurais e manutenção do organismo (MARTIN, 2013).

O sistema nervoso central desempenha essencialmente as tarefas associadas ao processamento e coordenação das informações, tais como a decodificação e processamento destas, decisão dos comportamentos que melhor se ajustam às informações e o envio de ordens de execução desses comportamentos aos órgãos. O sistema nervoso periférico desempenha as tarefas ligadas à condução e circulação das informações no organismo.

Observado sob critérios anatômicos, o sistema nervoso central reúne todas as estruturas neurais situadas dentro do crânio e da coluna vertebral. Constituído por duas partes principais que compreendem o encéfalo e a medula espinhal, responde pelos complexos processos e atividades mentais realizadas. Morfologicamente, o encéfalo é formado pelo cérebro, cerebelo e tronco encefálico, os quais também possuem subdivisões. A medula espinhal é o cordão nervoso que ocupa a coluna vertebral, conectando o encéfalo com todo o corpo por meio dos nervos periféricos. Importante salientar que cada uma dessas estruturas desempenha funções especializadas no processamento dos impulsos nervosos.

O quadro abaixo sintetiza as divisões e subdivisões do sistema nervoso:



Representação das divisões e subdivisões do Sistema Nervoso humano.

<https://www.google.com.br/search?q=divis%C3%B5es+do+sistema+nervoso+central&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=sT6HU8quFJW0yATd2oLYBA&sqj=2&ved=0CCQQAQ&biw=1440&bih=799>

2.1.1 Estruturas anatômica e fisiológica do cérebro

O cérebro é um dos órgãos mais complexos do corpo humano, e sua importância decorre do fato de que desempenha papel preponderante de comando, responsabilizando-se por controlar e coordenar funções motora e sensorial, além de possibilitar múltiplas e organizadas interações entre as suas diversas áreas, proporcionando respostas adequadas aos estímulos ambientais. Segundo Cosenza e Guerra (2011),

“o cérebro é a parte mais importante do sistema nervoso (...) e atua na interação do organismo com o meio externo, além de coordenar suas funções internas. Através dele toma-se consciência das informações que chegam pelos órgãos dos sentidos e as processamos, comparando-as com nossas vivências e expectativa” (p. 11 e 25).

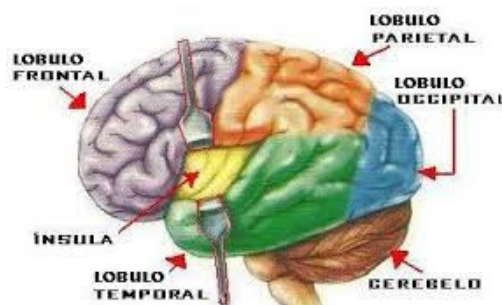
Formado por uma massa cinzenta e branca, com consistência gelatinosa, aspecto enrugado devido aos giros e sulcos, pesando aproximadamente 1,5 kg, o cérebro é protegido pela caixa craniana e por um “conjunto de membranas (meninges) cheias de líquido (líquor ou líquido cefalorraquidiano), onde o encéfalo praticamente flutua.” (LENT, 2001, p. 12). É constituído em hemisférios direito e esquerdo (telencéfalo), separados por um sulco profundo, mas ligados pelo corpo caloso (fibras nervosas que ligam partes correspondentes dos dois córtices cerebrais). Cada hemisfério controla diferentes atividades, mas trabalham de maneira integrada. O hemisfério direito

está associado à criatividade e a habilidades artísticas, enquanto o esquerdo relaciona-se a habilidades analíticas e matemáticas. Segundo Martin (2013),

“os hemisférios cerebrais são os componentes bem mais desenvolvidos do sistema nervoso central. Cada hemisfério é uma metade distinta que possui quatro componentes principais: o córtex cerebral, formação hipocampal, o corpo amigdalóide ou amígdala e núcleos da base. Juntas, essas estruturas medeiam a maioria dos comportamentos humanos sofisticados e o fazem por meio de conexões anatômicas complexas” (p. 13).

Os hemisférios são recobertos por uma fina camada de coloração cinzenta³ conhecida como córtex cerebral. O córtex cerebral corresponde à camada mais externa do cérebro e contém bilhões de neurônios organizados em circuitos que “são responsáveis pelas funções neurais e psíquicas mais complexas” (LENT, 2001, p. 8), sendo o local do processamento mais sofisticado e distinto. É responsável por funções como memória, atenção, consciência, linguagem, percepção e o pensamento.

O córtex cerebral costuma ser dividido em grandes regiões, denominada lobos, que possuem nomes correspondentes aos ossos do crânio que os cobrem. São identificados como frontal, parietal, occipital e temporal (COSENZA & GUERRA, 2011; MARTIN, 2013), e segundo Lent (2001) também há o lobo insular, situado em região profunda no hemisfério e não visível externamente. Todos possuem funções diferenciadas e especializadas, mas intrinsecamente relacionadas e conectadas do ponto de vista fisiológico.



Representação do cérebro humano dividido em regiões frontal, parietal, occipital, temporal e insular.

<https://www.google.com.br/search?q=divis%C3%B5es+do+sistema+nervoso+central&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=sT6HU8quFJW0yATd2oLYBA&sqi=2&ved=0CCQQsAQ&biw=1440&bih=799>

³ Coloração cinzenta do córtex cerebral se deve à concentração de neurônios nessa região (Martin, 2013).

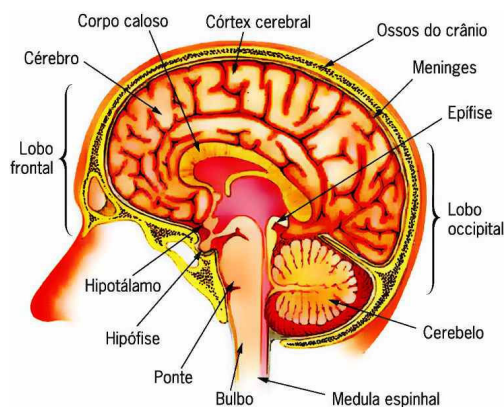
O lobo frontal é responsável pela atividade motora, articulação da fala, pensamento e planejamento (cognição e memória). Inclui o córtex motor, que controla a coordenação do hemisfério direito sobre o esquerdo e vice-versa, e o córtex pré-frontal responsável pelo lado criativo e abstrato, além das respostas afetivas e emocionais. O lobo parietal responde pela interpretação das sensações e pela orientação do corpo. É dividido em duas regiões: anterior, chamada de córtex somatossensorial⁴ tem a função de captar sensações seja ela tátil, proprioceptiva, térmica ou dolorosa; e a região posterior, que é responsável por analisar e interpretar as informações recebidas pela região anterior. O lobo occipital tem a função de processar os dados visuais captados e possui especialização na cor, no movimento, na distância e na profundidade das imagens captadas. Os lobos temporais, relacionado ao comportamento, por sua vez, são subdivididos funcionalmente em três áreas: a primária é relacionada à audição; a parte medial trata de questões relacionadas à aprendizagem e memória e as porções inferiores relacionam-se ao processamento da informação visual.

Quanto ao lobo insular, que não é visível por se localizar profundamente no cérebro (LENT, 2001), está envolvido em atividades básicas como alimentação e sexo. Além disso, experiências sensoriais são transformadas em emoções e sentimentos, como nojo, desejo, decepção, culpa, ressentimento, orgulho, humilhação, arrependimento, compaixão e empatia. Também prepara o organismo para situações premeditadas.

O encéfalo, além de ser constituído pelo cérebro, também abriga o cerebelo e o tronco encefálico. Estes, que trabalham em consonância com o cérebro, desenvolvem atividades regulam funções corporais e motoras. O cerebelo é especializado na regulação de movimentos dos membros e dos olhos e a manutenção da postura e do equilíbrio (MARTIN, 2013). O tronco

⁴ O sistema somatossensorial ou sensorial somático é a condição que permite ao ser humano experimentar sensações nas partes distintas do corpo. Podem ser sensações de tato, temperatura, da posição das partes do corpo ou da dor. Os receptores do sistema somatossensorial se encontram distribuídos pelo corpo todo que servem para detectar os estímulos mecânicos, químicos e físicos.(http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_somatossensorial).

encefálico recebe as informações sensoriais das estruturas cranianas e controla os músculos da cabeça. É subdividido em bulbo, ponte e mesencéfalo, os quais participam dos mecanismos de respiração e regulação de pressão arterial, além do controle e movimento dos olhos (MARTIN, 2013).



Subdivisões cerebrais internas do encéfalo, medula espinhal e cerebelo.

www.sobiologia.com.br

2.1.2 Neurônio: unidade básica do sistema nervoso

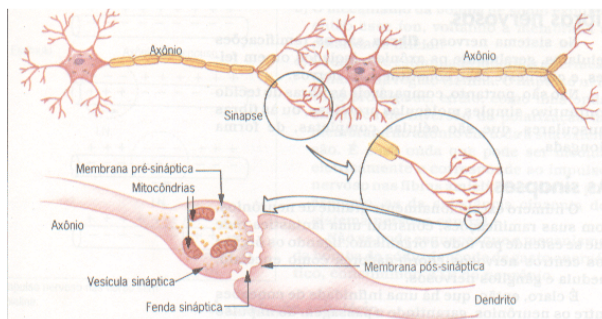
Os neurônios são células nervosas especializadas em enviar e receber sinais. São considerados a unidade básica da estrutura do cérebro e do sistema nervoso. Segundo Martin (2013), estima-se que exista cerca de cem bilhões de neurônios no encéfalo do humano adulto. Embora possam ocorrer em formas e tamanhos variados, todos os neurônios possuem um plano morfológico comum, sendo compostos por dendritos, corpo celular, axônios e terminações axônicas.

Os dendritos são numerosos prolongamentos dos neurônios que atuam na recepção de estímulos nervosos do ambiente ou de outros neurônios e na transmissão desses para o corpo da célula. Este, por sua vez, contém as principais organelas intracelulares necessárias à manutenção no neurônio e desempenha funções integrativas. O axônio, geralmente único para cada estrutura neuronal, é um prolongamento que conduz os impulsos elétricos que partem do corpo celular, sendo especializado em gerar e conduzir o potencial

de ação. No interior das terminações axônicas são armazenados os neurotransmissores químicos que serão repassados a outros neurônios.

O neurônio é completamente envolvido por uma membrana polarizada e permeável, que permite a troca de íons entre o compartimento intracelular e extracelular. É por essa propriedade que se torna possível a geração e a condução dos impulsos nervosos, chamados de sinapses. As sinapses nervosas são os estímulos que passam de um neurônio para o seguinte por meio de neurotransmissores, através da fenda sináptica. “Ao serem transmitidas, as informações podem ser modificadas no processo de passagem de uma célula à outra, presidindo grande flexibilidade funcional ao sistema nervoso” (LENT, 2001, p. 98).

De forma simplificada, as sinapses acontecem da seguinte forma: quando o potencial de ação, que caracteriza a transmissão do impulso nervoso ao longo do axônio, atinge a região terminal da célula pré-sináptica (terminação nervosa), a mudança de potencial elétrica resulta na liberação de neurotransmissores armazenados em vesículas sinápticas. O neurotransmissor difunde-se através da fenda sináptica e se liga aos receptores na membrana plasmática da região da célula alvo (pós-sináptica), provocando a abertura temporária desses canais e alteração da permeabilidade da membrana. Acontece, então, o fluxo de íons através dela, gerando mudanças em sua natureza elétrica que desencadeia a transmissão do potencial de ação na célula pós-sináptica pela conversão de um sinal químico extracelular (neurotransmissor) em sinal elétrico.



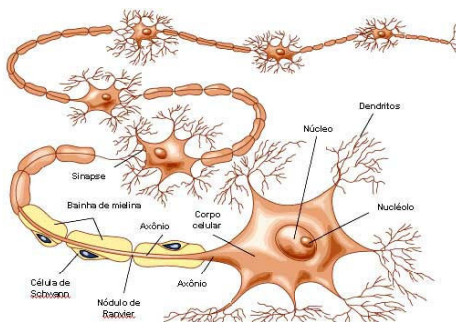
Neurônios e dendritos. Em evidência representação de como ocorre a sinapse.

Além dos neurônios, o sistema nervoso possui outra unidade celular que fornece suporte metabólico e estrutural aos neurônios, chamada de célula da neuroglia, glia ou ainda gliócitos. Recentemente descobriu-se que, além de alimentar e manter os neurônios saudáveis, essas células trabalham com sinais químicos orientam o crescimento e migração dos neurônios durante o desenvolvimento, de comunicação entre eles e de defesa em situações patológicas (LENT, 2001).

Constatou-se, também, que prolongamentos de gliócitos se enrolam em torno das fibras nervosas (axônios) para formar a bainha de mielina, o que possibilitaria a condução ultra-rápida dos impulsos nervosos. Segundo Cosenza & Guerra (2011), “as fibras mielinizadas conduzem a informação em uma velocidade até cem vezes maior do que uma fibra que não seja mielínica” (p. 15).

A professora Flávia Gomes, que atua no Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro, afirma que as células gliais influenciam e, às vezes, determinam o perfeito funcionamento dos neurônios e das sinapses. Segundo a professora,

“essas células são potenciais células-tronco do sistema nervoso, tanto do sistema nervoso embrionário, em desenvolvimento, quanto do sistema nervoso adulto. Elas também são células capazes de modular a sinapse, que é a unidade estrutural de comunicação do sistema nervoso; então hoje se sabe que sem as células gliais grande parte das sinapses não funcionaria. (...) Além disso, hoje se sabe que muitos dos déficits que acontecem em doenças neurodegenerativas e desordens neurológicas, como Epilepsia, Alzheimer, Esclerose Lateral Amiotrófica, dentre outras, são relacionados com disfunções gliais” (Revista Bio ICB, 2011).



O Neurônio e suas partes principais. www.sobiologia.com.br

Pode-se considerar que as células que compõem o sistema nervoso – neurônios e gliócitos - são de vital importância para o funcionamento do organismo como um todo. Elas funcionam como coordenadoras e integradoras das funções cerebrais, proporcionando respostas adequadas aos estímulos sensoriais e motores. Por meio das conexões neurais são coletadas, avaliadas, processadas e transmitidas todas as informações que procedem do ambiente e também informações referentes ao estado interno em que o organismo se encontra, indispensáveis ao seu regular funcionamento.

2.1.3 Plasticidade cerebral

A plasticidade cerebral ou neuroplasticidade é definida como a propriedade do sistema nervoso que permite o desenvolvimento de alterações estruturais em resposta à experiência e como adaptação a condições mutantes e a estímulos repetidos (KOLB, WHISHAW, 2002; KANDEL, SCHWARTZ, 2003 apud SILVA & KLEINHANS 2006). Refere-se à capacidade do cérebro em se remodelar em função das experiências do indivíduo e reformular suas conexões em resposta a fatores ambientais. Por meio da plasticidade, o cérebro modifica sua organização estrutural e funcional, permitindo novas conexões sinápticas a partir da experiência e do comportamento do indivíduo. Segundo Muller (2011),

“por meio da neuroplasticidade, ocorrem novas conexões neurais redistribuindo a rede de transmissão de informações sensoriais e motoras ligadas à interpretação e planejamento motor, estabelecendo-se, assim, uma nova rota de transmissão de informações sensoriais que podem influenciar no resultado final de nossa capacidade cognitiva” (*artigo Bases cognitivas na construção de nossas realidades*).

Os estudos relacionados à neurogênese - processo que possibilita a formação de novos neurônios – em cérebros adultos sempre foi um tema polêmico e contestado pela comunidade científica. No final do século XIX, as atenções voltaram-se para descobertas importantes sobre o funcionamento e a anatomia cerebral, tais como a identificação da natureza única do neurônio, polaridade da célula nervosa e a possibilidade do aumento da capacidade

cerebral por meio de estímulos, que formaram as bases histológicas do conhecimento atual sobre o sistema nervoso. Santiago Ramón Y Cajal, considerado o pai da Neurociência moderna, em sua obra *Textura del Sistema Nervioso del hombre y de los vertebrados* (1897-1899), preconizava que a mutabilidade comportamental e a aquisição de novas habilidades possuíam base anatômica no cérebro:

“o trabalho de um pianista (...) é inacessível para o homem leigo, já que a aquisição de novas habilidades requer muitos anos de prática mental e física. Para entender plenamente este complexo fenômeno é necessário admitir, além do reforço de vias orgânicas pré-estabelecidas, a formação de novas vias por ramificação e crescimento progressivo da arborização dendrítica e dos terminais nervosos” (RAMÓN Y CAJAL apud PASCUAL-LEONE *et al.*, 2006).

Apesar de significativas contribuições de reconhecidos neurocientistas como Camillo Golgi, Albert von Koelliker, Alexander Hamilton, Ezra Allen, acreditava-se que a estrutura cerebral permanecia fixa e apenas o cérebro em desenvolvimento possuía capacidade de formar e incorporar novos neurônios. A biologia tradicional entendia que o cérebro em desenvolvimento possuía apenas uma capacidade transitória de reorganização plástica e que o cérebro adulto não teria esta característica, estando assim os adultos e os anciãos condenados a resignar-se diante de eventuais incapacidades decorrentes do envelhecimento e de danos cerebrais.

Esse fato era devido à falta de identificação de perfis neuronais característicos de estágios do desenvolvimento no cérebro adulto, além de que a estabilidade da anatomia cerebral não condizia com um processo formativo. Isso contribuiu para o descrédito da ocorrência de neurogênese no cérebro adulto.

Na primeira metade do século XX, a idéia de que a neurogênese seria possível no cérebro pós-natal começou a ser revista. Schaper apud Gross (2000) observou a existência de células indiferenciadas que estavam distribuídas no cérebro, e que estas poderiam se diferenciar tanto em neurônios como em glia. No início dos anos 60 até meados dos anos 80,

Joseph Altman, Shirley Bayer, Michael Kaplan, Michael Merzenich e outros pesquisadores publicaram trabalhos e artigos científicos que relatavam a existência e formação de novos neurônios em animais adultos, conforme detectado em seus experimentos e pesquisas. Entretanto, os estudos e relatos constatando a possibilidade da neurogênese não eram bem aceitos, possivelmente devido à inadequação dos métodos científicos utilizados até então.

Somente no final da “Década do Cérebro”, em 1999, o fato de que o cérebro pode criar novos neurônios, mesmo na idade adulta foi redescoberto por Elizabeth Gould, professora de Psicologia que atua na Universidade de Princeton – EUA, em que após uma década de estudos obteve evidências incontestáveis de surgimento de novos neurônios em animais adultos no giro dentado do cérebro, localizado região do hipocampo (lóbulos temporais).

Descobriu-se, também, que a plasticidade não é apenas relativa a fatores externos, mas constitui-se como uma característica própria do sistema cerebral. Segundo Relvas (2010), há pelo menos quatro padrões que justificam a neuroplasticidade. O primeiro ocorre ao longo da vida dos neurônios para impulsionar o desenvolvimento cerebral. O segundo é apontado como uma resposta à experiência, na qual o indivíduo por meio de novas aprendizagens suscita a modificação do dinamismo morfológico e funcional dos neurônios, expandido as conexões neurais. Há também a neuroplasticidade após uma lesão, em que as áreas relacionadas podem assumir em parte ou totalmente as funções da área lesada. Estudos comprovam que a reabilitação do cérebro lesado pode promover reconexão de circuitos neuronais lesados. Quanto menor for a área lesionada, maior a tendência de uma recuperação autônoma, enquanto uma grande lesão poderá ocasionar uma perda permanente da função. Também existem lesões potencialmente recuperáveis, mas, para tanto, necessitam de objetivos precisos de tratamento, mantendo níveis adequados de estímulos (KOLB, WHISHAW, 2002; KANDEL, SCHWARTZ, 2003 apud SILVA & KLEINHANS, 2006). O potencial para a recuperação funcional após uma lesão depende de inúmeros fatores, como idade do indivíduo, local e

tempo da lesão e a sua natureza (RATEY, 2002 apud SILVA & KLEINHANS, 2006). Por fim, e não menos importante, a neurogênese, em que novos neurônios são formados, favorecendo a formação de novas sinapses.

Nos últimos anos, “a neurociência descobriu que o cérebro humano muda durante toda a vida” (RELVAS, 2010, p. 33) e apesar de sofrer o processo de envelhecimento, que reduz as conexões neurais, a plasticidade cerebral persiste ao longo da vida causando a reorganização neural sempre que “alguma forma de energia proveniente do ambiente de algum modo incidir sobre o sistema nervoso, deixando nele alguma marca e modificando-o de alguma maneira” (LENT, 2001, p. 135).

É importante salientar que a plasticidade ocorre de forma individualizada, e a geração de novos neurônios pode ser regulada por fatores ambientais, comportamentais e fisiológicos. Substâncias que agem no sistema nervoso, exercícios físicos, exposição a novos ambientes, atividades que envolvam aprendizado e memória estimulam a proliferação de novos neurônios. Depressão, stress, processos inflamatórios, distúrbios do sono, consumo de drogas ou álcool são os principais fatores que inibem o surgimento de novas células neurais.

O conhecimento do cérebro evidenciou que ele é muito mais maleável do que até então se pensava e que pode modificar-se por meio das experiências, das percepções, das ações e comportamentos. Isso permite que o cérebro esteja em constante adaptação e aprendizagem ao longo a vida. As descobertas em neuroplasticidade estão abrindo caminhos para proporcionar o desenvolvimento cognitivo e para tratamentos de sequelas cerebrais. Exercitar o cérebro é tão importante quanto exercitar seu corpo. De acordo com Relvas (2010), “experiências revelam que situações desafiadoras e ambientes “complexos”, agradáveis e divertidos fornecem capacidade extra de que o cérebro precisa para reconfigurar-se” (p. 33). Realizar atividades mentais ricas e variadas é importante para manter todos os circuitos ativos e saudáveis, prontos para o uso.

2.2 Aspectos neurobiológicos da aprendizagem

Aprendizagem é o processo pelo qual as competências, habilidade, conhecimentos, comportamentos e valores são adquiridos ou modificados como resultado de estudo, experiência, formação, raciocínio e observação. Constitui-se na modificação do cérebro com a experiência, de forma que ele reage de maneira diferente analisando e comparando a atual experiência com a anterior por meio da memória. As conexões entre neurônios se modificam, umas tornam-se mais fortes, outras mais fracas dependendo do uso, e essa mudança associada à experiência é justamente a base do aprendizado (HERCULANO-HOUZEL, 2009).

Shepherd (1994); Mussak (1999); Koizumi (2004) *apud* Flor & Carvalho (2012) descrevem aprendizagem como o processo pelo qual “o cérebro reage aos estímulos do ambiente, ativando sinapses, tornando-as mais intensas. Como consequência, estas constituem-se em circuitos que processam informações com capacidade de armazenamento molecular” (p. 222). A aprendizagem é uma mistura de atenção, concentração, interesses, estímulos intrínsecos (neurotransmissores e hormônios) e extrínsecos (informações do ambiente) que permeiam a mente e o cérebro humano (RELVAS, 2010).

Nesse contexto, a memória torna-se essencial para que o processo de aprendizagem possa se consolidar. Intrinsecamente ligadas e complementares, pode-se dizer que não há aprendizagem sem memória e uma atividade cerebral minimamente estruturada. Sem memória, os processos de aprendizagem estariam sempre se iniciando, colocando “em xeque” todo o processo de adaptação humano, pois é a partir de aprendizagens retidas que se processam novas aprendizagens. “De certo modo, a memória pode ser vista como o conjunto de processos neurobiológicos e neuropsicológicos que permitem a aprendizagem” (LENT, 2001, p. 594).

Segundo o mesmo autor, a aprendizagem é o processo de aquisição de novas informações que serão retidas na memória por meio de conexões

neurais, e a memória, é o processo de arquivamento seletivo dessas informações, pelo qual é possível evocá-las consciente ou inconscientemente. Se com a aprendizagem “adquire-se conhecimento sobre o mundo” (Kandell, 2000, p.1227 apud Amaral, 2007), a memória é o processo em que essa informação é codificada, armazenada e posteriormente evocada.

Há vários tipos e subtipos de memória. Quanto à natureza, pode-se considerar a memória implícita ou não-declarativa, que refere-se aos hábitos, procedimentos e regras, não descritas por palavras e evocadas automaticamente (ex.: andar de bicicleta) e memória explícita ou declarativa, reconhecida como a aquisição de conhecimentos lembrados e utilizados conscientemente.

Segundo Cosenza & Guerra (2011), em relação à memória explícita, considera-se que haja duas formas de armazenamento, uma transitória e outra permanente. A primeira é denominada memória operacional ou de trabalho, e é encarregada de armazenar acontecimentos recentes, além de atuar na regulação cotidiana do comportamento. A segunda é chamada de longa duração, responsável pelo registro de lembranças permanentes.

Atuando junto à memória operacional, a memória sensorial tem a duração de alguns segundos e ativa os sistemas sensoriais relacionados a ela, descartando ou mantendo as informações de acordo com a relevância. Indicada a relevância, a informação será mantida por um tempo maior, por meio de um sistema de repetição, utilizando recursos verbais ou visuais, podendo permitir o aparecimento de um registro permanente (COSENZA & GUERRA, 2011).

Os mecanismos neurais da memória não são completamente conhecidos. Por mais estudos e pesquisas que foram realizadas até agora, ainda não há definições irrefutáveis de como o cérebro adquire, armazena e evoque as informações, ou seja, memorize. O consenso entre os pesquisadores é que não existe nenhuma área cerebral individual dedicada a armazenar toda a informação que é adquirida. Todas as áreas cerebrais estão

envolvidas no processo de aprendizagem, e a estrutura cerebral somente estabelece algum funcionamento quando trabalha em conjunto com sistemas que se interconectam, recebem e respondem aos estímulos, para realizar um potencial de atividades elétricas e químicas.

Para compreender os processos mentais que envolvem a aprendizagem, é necessário conhecer os mecanismos neurobiológicos que atuam no cérebro relacionados à cognição. Conforme afirma Relvas (2012), são três as partes fundamentais relacionadas à aprendizagem: o sistema límbico, o hipotálamo e o córtex cerebral.

O sistema límbico é um grupo de estruturas localizadas na borda medial de cada hemisfério cerebral e do diencefalo. Suas estruturas cerebrais circundam a porção superior do tronco encefálico, incluindo partes do rinencefalo, tais como o giro do cíngulo, hipocampo, giro para-hipocampal, giro dentado, a área septal e a amígdala. No diencefalo, as principais estruturas límbicas são o hipotálamo e o os núcleos anteriores do tálamo. O fórnice e outros feixes de fibras interligam as regiões do sistema límbico (MARIEB & JOEHN, 2009). O sistema límbico participa do sistema endócrino e é responsável por controlar as emoções e as funções de aprendizado e memória, estando envolvido nos processos de retenção e consolidação de informações novas e possivelmente também em seu armazenamento temporário e transferência para áreas neocorticais de associação para armazenamento permanente (MACHADO, 2000).

O giro do cíngulo se localiza na porção mediana do cérebro acima do corpo caloso e é responsável pela comunicação entre o sistema límbico e o córtex cerebral. Está relacionado à evocação de memórias e aprendizagem, atuando nas funções cognitivas, como a atenção, memória visual e memória de trabalho. Essa estrutura recebe informações do núcleo anterior do tálamo e do neocórtex (córtex pré-frontal), assim como das áreas somatosensoriais do córtex cerebral.

O hipocampo é formado pelo próprio hipocampo, pelo giro parahipocampal e pelo giro dentado que se curvam em torno do sulco do hipocampo. Essas estruturas localizadas no lobo temporal possuem funções relacionadas comportamento e à memória, sendo responsáveis pela memória recente e pela construção de novas memórias, além da navegação espacial.

A área septal está situada à frente do tálamo, por cima do hipotálamo. Estimulações da área septal causam alterações da pressão arterial e do ritmo respiratório, mostrando o seu papel na regulação de atividades viscerais. A área septal é um dos centros do prazer no cérebro e também se relaciona à raiva e ao controle neurovegetativo. (MACHADO, 2000).

As amígdalas são grupos de neurônios localizados nos dois hemisférios dos lobos temporais, muito próximo ao hipocampo. É um importante centro regulador do comportamento sexual, dos sentimentos (como a paixão e o amor), da agressividade e identifica quando há perigo, medo e ansiedade. Este conjunto nuclear é responsável pelas memórias emocionais.

O hipotálamo é uma pequena estrutura localizada na base do cérebro e controla as funções relacionadas à sobrevivência e aos comportamentos motivados, tais como a homeostase, frequência cardíaca, pressão arterial, impulso sexual, ingestão de alimento e água, além de atuar sobre o sistema endócrino (controlando as funções da hipófise⁵), o sistema nervoso autônomo (sistema simpático e parassimpático⁶) e o sistema motivacional (por meio de suas conexões com outras estruturas que constituem o sistema límbico). Realiza importantes conexões com o sistema límbico por

⁵ A hipófise também denominada glândula pituitária, está localizada abaixo do hipotálamo e ligada ao hipotálamo pela haste pedúnculo hipofisário ou infundíbulo. A hipófise é considerada uma glândula mestra, pois secreta hormônios que controlam o funcionamento de outras glândulas, sendo grande parte de suas funções reguladas pelo hipotálamo. (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Hip%C3%B3fise>).

⁶ O sistema nervoso simpático estimula ações que permitem ao organismo responder a situações de estresse, como a reação de lutar, fugir ou uma discussão. Essas ações são: a aceleração dos batimentos cardíacos, aumento da pressão arterial, o aumento da adrenalina, a concentração de açúcar no sangue e pela ativação do metabolismo geral do corpo e processam-se de forma automática, independentemente da nossa vontade. O sistema nervoso parassimpático é responsável por estimular ações que permitem ao organismo responder a situações de calma. Essas ações são: a desaceleração dos batimentos cardíacos, diminuição da pressão arterial, a diminuição da adrenalina e a diminuição do açúcar no sangue. (<http://pt.wikipedia.org>).

meio do corpo mamilar⁷ e com o hipocampo através do fórnice, além de efetuar troca de informações com a área pré-frontal relacionadas ao comportamento emocional.

As funções mais conhecidas do tálamo se relacionam à sensibilidade, motricidade, comportamento emocional e ativação do córtex cerebral, filtrando as mensagens que se dirigem às partes conscientes do cérebro. Ele processa informações sensoriais (tato, paladar, visão e audição, sensações de dor, quente ou frio e a pressão do ambiente) provenientes das regiões extremas do sistema nervoso e as dirige para o córtex cerebral (BRANDÃO, 2004). Participa, juntamente com o tronco encefálico, do sistema reticular, que está envolvido em ações como os ciclos de sono, o despertar e a filtragem de estímulos sensoriais, a fim de distinguir os estímulos relevantes dos estímulos irrelevantes.



Representação do Sistema Límbico e das partes que o compõe.

https://www.google.com.br/search?q=sistema+l%C3%ADmbico&biw=1440&bih=799&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ei=WESHU9LICcKZyATUxlDgBQ&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgrc=zwfr51yjlx7uXM%253A%3BgVZ6ijKUgXAGM%3Bhttp%253A%252F%252Famulhereoperineo.files.wordpress.com%252F2012%252F01%252Fsistema_limbico1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fneuroinformacao.blogspot.com%252F2012%252F08%252Fo-sistema-limbico.html%3B384%3B288

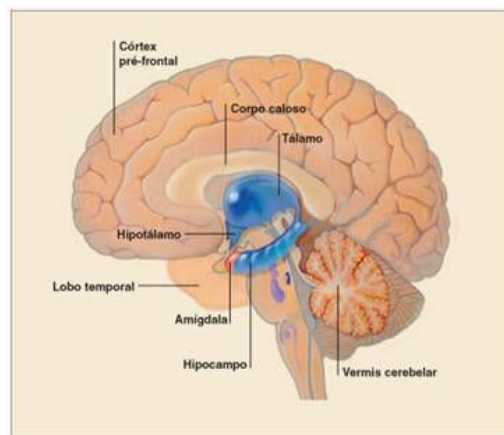
De acordo com Machado (2000),

“embora a participação do sistema límbico, em especial do hipocampo e da amígdala, no processo de consolidação da

⁷ Age como um relé transmitindo impulsos provenientes da amígdala cerebelosa e do hipocampo, através do trato mamiló-talâmico, para o tálamo. Tem duas funções importantes que estão integradas na evocação de memórias episódicas (lembrar de eventos), sendo importante na formação e evocação de memórias espaciais (como localizar um objeto ou/e um lugar). Memórias ligadas a emoções fortes e envolvendo atividades tradicionalmente úteis a sobrevivência (como encontrar comida, outros indivíduos ou possíveis parceiros sexuais) são mais facilmente armazenadas. (http://pt.wikipedia.org/wiki/Corpo_mamilar).

memória recente e sua transformação em memória remota seja hoje geralmente aceita, não se sabe exatamente como isto se faz. A hipótese mais tradicional é a apresentada acima, ou seja, a memória recente é armazenada temporariamente no hipocampo e na amígdala, sendo depois transferida para o neocórtex para armazenamento permanente. Outra hipótese é que a memória recente já de início estaria no neocórtex, onde seria gradualmente consolidada e transformada em memória remota por ação do hipocampo e da amígdala, agindo através de suas conexões com o neocórtex” (p. 284).

O córtex cerebral, essencial a todas as funções do organismo, possui uma área chamada de lobo frontal, onde destaca-se o córtex pré-frontal que configura uma área bastante relevante ao sistema límbico. Está classicamente dividido em três áreas funcionais e anatômicas: a área dorsolateral, a área orbitofrontal e a área cingulada anterior, que juntas atuam para permitir que o córtex pré-frontal exerça as Funções Executivas. Estas são definidas como “conjunto de habilidades e capacidades que nos permitem executar as ações necessárias para atingir um objetivo” (CONSENZA & GUERRA, 2011, p. 87). Por meio de intensas conexões com o tálamo e amígdala, o córtex pré-frontal responde pelo raciocínio, tomada de decisões, atenção e motivação.



Principais partes que atuam nas emoções

http://www.google.com.br/imgres?imgurl=&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww2.uol.com.br%2Fvyaestelar%2Fansiedade_feminina.htm&h=0&w=0&tbnid=cL5L7_dza9Km8M&zoom=1&tbnh=211&tbnw=224&docid=IskRhMqwjXLBjM&tbn=isch&ei=tESHU6juGYuMyASy6IDABQ&ved=0CAUQsCUoAQ

Do ponto de vista neurobiológico, a aprendizagem se traduz pela formação, conexão e consolidação das ligações existentes entre as estruturas cerebrais e também como resultado da facilitação da passagem de informações ao longo das sinapses (CONSENZA & GUERRA, 2011). A experiência proporciona a aquisição de conhecimentos e de informações que provocam alterações anatômicas em diversos locais do encéfalo e modificam a intensidade das conexões entre as células, tornando-as mais ou menos intensas. São justamente essas modificações trazidas com a experiência que formam a base do aprendizado.

CAPÍTULO III

APRENDIZAGEM E OS FATORES EMOCIONAIS

3.1 A importância da emoção

As emoções constituem um aspecto complexo do ser humano e são objetos de diversas interpretações que se organizam nas mais variadas perspectivas. De maneira geral, são conceituadas como reações psicofisiológicas, que representam de modo eficaz as adaptações face às mudanças ambientais, contextuais ou situacionais. Segundo Bock (2002) apud Oliveira A. (2008), o que caracteriza a emoção são as reações intensas e breves do organismo em resposta a um acontecimento inesperado ou a um acontecimento aguardado.

Vaz Serra (1999) apud Martins & Melo (2001) realça que as emoções são extremamente importantes numa perspectiva psicológica, biológica e social. Sob o ponto de vista psicológico, as emoções provocam alteração nos comportamentos do indivíduo, modificando características intelectuais, dentre as quais estão a percepção, a atenção, o pensamento, a memória, a capacidade de concentração, a consciência crítica ou as fantasias. No contexto social desempenham um papel significativo na motivação humana, podendo influenciar aspectos variados que vão desde a personalidade, às relações sociais, além de relacionar-se à vida sexual, profissional ou à própria maneira de viver. Numa perspectiva biológica induzem modificações corporais que incluem as expressões faciais, a frequência cardíaca, os músculos, a voz, o sistema endócrino, dentre outras alterações, com vista a estabelecer um meio interno equilibrado em prol de um comportamento mais efetivo.

As emoções são consideradas reações instintivas e preparam o organismo para responder de forma adequada ao estímulo, facilitando a identificação e promovendo reação rápida à situação. Elas são a forma que a natureza encontrou para proporcionar aos organismos comportamentos ágeis e

eficazes orientados para a sua sobrevivência. Produzida de forma inconsciente, Damásio (2000) apud Dagheri (2009), observa que

“(...) os mecanismos básicos subjacentes à emoção não requerem consciência, ainda que acabem por usá-la: a cascata de processos que acarretam uma manifestação emocional pode ser iniciada sem que se tenha consciência do indutor da emoção e muito menos das etapas intermediárias que conduziram a ela” (p. 64).

De acordo com Damásio (2004), existem emoções primárias e secundárias e sentimentos associados às emoções. As emoções primárias são inatas e estão ligadas ao instinto e à sobrevivência, sendo controladas pelo sistema límbico. Não existe uma classificação precisa para emoções e sentimentos, mas alegria, tristeza, medo e raiva são considerados pela psicologia como primordiais. As emoções secundárias baseiam-se na aprendizagem e compreendem estados afetivos de estrutura e conteúdo mais complexos que as primárias, pois se constituem em elementos sensoriais. Conforme explicita Abreu (2005) apud Martins (2013),

“As emoções secundárias tornam-se então uma categoria de emoções usadas pelo indivíduo para se proteger das primárias que muitas vezes são vergonhosas, ameaçadoras, embaraçosas ou dolorosas por natureza. Por exemplo: uma pessoa pode estar se sentindo deprimida, mas sua depressão pode estar encobrindo um sentimento primário de raiva. Aparecem frequentemente quando ocorrem as tentativas (fracassadas) de controle ou julgamento das emoções primárias – ou seja, quando se procura evitar ou negar aquilo que se está sentido” (p. 73).

Ainda é comum que emoções e sentimentos sejam confundidos e tratados como iguais, porém existem diferenças evidentes e irrefutáveis que os distinguem. Damásio (1996) afirma que “há uma diferenciação entre emoção e sentimento, não devendo ser utilizados como sinônimos: todas as emoções originam sentimentos, se o indivíduo estiver desperto e atento, mas nem todos os sentimentos provêm de emoções” (p.172).

Sentimento é designado como uma disposição mental e classificados como estados afetivos estáveis e duráveis, mas sem

acompanhamentos somáticos. Representam ações conscientes, constituindo juízos de valor sobre as emoções. Damásio (1996) informa que os sentimentos têm a última palavra no que se refere à maneira como o resto do cérebro se ocupa de suas tarefas, em especial a cognição:

“Não vejo as emoções e os sentimentos como entidades impalpáveis e diáfanas, como tantos insistem em classificá-los. O tema é concreto, e sua relação com sistemas específicos no corpo e no cérebro não é menos notável do que a da visão ou da linguagem. (...) As emoções, assim como os sentimentos e os desejos, são manifestações da vida afetiva. Na linguagem comum costuma-se substituir emoção por afetividade, tratando os termos como sinônimos. Todavia, não o são. A afetividade é um conceito mais abrangente no qual se inserem várias manifestações” (p. 195).

As emoções cumprem papéis de grande importância e são fundamentais para nossa sobrevivência. Dentre suas principais funções constam a preparação e motivação para as ações; avaliação dos estímulos do ambiente de maneira rápida e eficiente; auxílio no controle das relações sociais e facilitação do reconhecimento de expressões típicas que indicam as intenções do indivíduo.

Além dessas funções, a emoção pode influenciar de maneira definitiva no equilíbrio das tomadas de decisão. Damásio (1996) considera a emoção, a razão e o cérebro como fatores indispensáveis para a avaliação dos riscos, conflitos e benefícios que envolvem uma decisão. Em suas pesquisas, o neurocientista pôde concluir que em pessoas com lesões cerebrais no lóbulo pré-frontal, considerado fundamental para o raciocínio, “há uma importante redução da atividade emocional, e que isso pode ser uma causa igualmente importante de comportamento irracional” (DAMÁSIO, 1996 apud AGÜERA, 2008, p. 85). Damásio (1996) ainda afirma que

“(…) o raciocínio, sem emoções, deixa de ser raciocínio. Os pacientes perdem a capacidade de escolher o plano de ação mais favorável, apesar de manterem intactas as capacidades mentais analíticas. Não basta saber analisar; é preciso saber sintetizar e escolher, ou seja, tomar decisões” (DAMÁSIO, 1996 apud AGÜERA, 2008, p. 85).

Uma abordagem negativa dos aspectos e influência das emoções buscou racionalizá-la e mostrá-la como uma faculdade mental de ordem inferior, uma espécie de escravidão ou algo ruim e indesejável que precisava ser minimizado ou anulado a fim de que o indivíduo pensasse racionalmente, tal como preconizava o filósofo René Descartes (1596-1650). Esse pensamento impediu que os aspectos emocionais positivos pudessem contribuir para a expansão do conhecimento e da aprendizagem. Hoje, sabe-se que a racionalidade não pode ser entendida separada da emoção (DAMÁSIO, 1996 apud AGÜERA, 2008, p. 84) e que essas estruturas trabalhando em conjunto promovem respostas ideais aos estímulos produzidos.

3.2 Os aspectos emocionais na aprendizagem

Ao sistema límbico se atribui o controle das emoções e processos motivacionais (Cosenza & Guerra, 2011), que atuam na aprendizagem e memória. O desenvolvimento desse sistema permitiu que vivências e experiências fossem armazenadas e que a capacidade de aprendizagem pudesse oportunizar aos seres humanos irem além das reações automáticas predeterminadas pelos instintos, além de aprimorar respostas e adaptá-las às condições do meio (AGÜERA, 2008).

Formado pelo giro do cíngulo, hipocampo, a área septal e a amígdala, dentre outras estruturas, o sistema límbico interfere diretamente na captação, armazenamento e evocação das memórias, fundamentais para a aprendizagem. Nesse processo é indispensável a “consolidação das memórias, no qual ocorrem alterações biológicas nas ligações entre neurônios, por meio das quais o registro se vinculará a outros já existentes tornando-se mais permanente” (COSENZA E GUERRA, 2011, p. 63).

Sarmiento *et al.* (2007) apud Adão (2013) explica que “fatores emocionais estão intimamente relacionados com memória de longo prazo e conseqüentemente, com a aprendizagem” (p. 29.417). O atrelamento das emoções com a fixação das memórias e com a aprendizagem é legítimo

porque as áreas cerebrais envolvidas na memória também fazem parte do sistema límbico, que está diretamente relacionado com as emoções.

Nesse contexto, é possível afirmar que não há aprendizagem sem memória, e que as emoções participam ativamente do registro e consolidação destas. Aprendizagem constitui-se como um processo de mudança comportamental obtido por meio da experiência, resultado da interação entre estruturas mentais e o meio ambiente que cerca o indivíduo. Weiss (2004) apud Sousa (2009) destaca a ideia básica de aprendizagem como sendo

“(...) um processo de construção que se dá na interação permanente do sujeito com o meio que o cerca. Meio esse expresso inicialmente pela família, depois pelo acréscimo da escola, ambos permeados pela sociedade em que estão. Essa construção se dá sob a forma de estruturas complexas” (p. 26).

Nesse contexto, pode-se inferir que as estruturas complexas citadas por Weiss se referem a uma interação intrínseca advinda de fatores biológicos, mentais e sociais que propiciam a organização e compreensão do conhecimento adquirido. O processo cognitivo é complexo e implica em um conjunto de estruturas que recebem, filtram, organizam, modelam e retêm os dados provenientes do meio. Abrange os processos subjacentes e implícitos à elaboração do conhecimento que incluem a percepção, atenção e memória, modulados pela emoção e motivação.

Estudiosos, filósofos e pensadores, tais como Platão (428-347 a.C.), Descartes (1596-1650) e Kant (1724-1804), acreditavam que apenas as operações mentais racionais, discursivas e lógicas poderiam fornecer respostas confiáveis para se chegar ao conhecimento. Por influência destes pensamentos dicotômicos provenientes da filosofia, os processos cognitivos e emocionais foram estudados de maneira separada.

Jean Piaget (1896-1980) foi um dos primeiros estudiosos a questionar a separação entre cognição e as emoções e considerou que essa separação impedia o verdadeiro estudo de suas relações, pois o ser humano

compartilha desta ligação para orientar suas ações e seu processo de aprendizagem. Piaget afirma que cognição e emoção são diferentes em natureza, porém inseparáveis em todas as ações humanas (DURAN *et al.*, 2004).

Atualmente, a neurociência tem mostrado que os processos cognitivos e emocionais estão profundamente entrelaçados no funcionamento cerebral. António Damásio (1996), neurocientista que estuda o cérebro e as emoções humanas, assegura que “apesar de as emoções não serem atos racionais, são elas que, através dos sentimentos, desencadeiam o processo cognitivo” (p. 91). Damásio (1996) apud Duran *et al.* (2004) mostra, em seus trabalhos, que pessoas que possuem deficiência na região do cérebro responsável pelas emoções apresentam dificuldades de aprendizagem, concluindo, portanto, que as emoções são fundamentais no processo de aprendizagem.

As emoções são a base da experiência e podem tornar a aprendizagem e as vivências permanentemente gravadas na memória. Segundo Agüera (2008),

“os conhecimentos declarativos, frios e desprovidos de emoções associadas são difíceis de memorizar e são esquecidos facilmente poucos dias ou poucos meses depois se não forem refrescados. As vivências que vierem acompanhadas de fortes emoções serão as que melhor recuperaremos no futuro. Os conhecimentos que adquirimos, acompanhados de uma forte emoção estão indelevelmente gravados na nossa memória” (p. 80).

Assim, provocar desafios e atividades que ofereçam oportunidades para a reflexão e descobertas em meio a situações que estimulem as emoções são fundamentais para propiciar a aprendizagem do indivíduo. Isso modificará suas estruturas neuronais e sinápticas a fim de assegurar a assimilação de conhecimentos, pois a “cada nova experiência do indivíduo, redes de neurônios são rearranjadas, outras tantas sinapses são reforçadas e múltiplas possibilidades de respostas ao ambiente tornam-se possíveis” (RELVAS, 2012, p. 121).

O cérebro sempre procura estabelecer vínculos com conteúdos já conhecidos e memorizados. Havendo uma situação idêntica ou análoga à vivência presente, o cérebro realizará uma avaliação rápida comparando-a com os resultados anteriores (guardados na memória de longo prazo) e verificará se é necessário introduzir mudanças diante dos atos futuros ou se deve permanecer com a resposta já gravada. De acordo com Cosenza & Guerra (2011), terá mais chance de ser significativa aquilo que tenha ligação com o que já é conhecido, que atenda a expectativas ou que seja estimulante e agradável.

3.2.1 A atenção e percepção na aprendizagem

Os seres humanos são dotados de mecanismos que os permitem perceber e selecionar a informação que os despertem e que possa ser julgada importante. “O cérebro está permanentemente preparado para aprender os estímulos que são significativos e aprender as lições que daí possa decorrer” (COSENZA & GUERRA, 2011). Esses mecanismos ou funções cognitivas denominadas atenção e percepção, em consonância com a memória, constituem alguns dos fatores essenciais para a aprendizagem. De fato, só prestamos atenção ao que nos interessa e só percebemos ao que prestamos atenção.

“A grande porta de entrada do aprendizado se chama atenção” (HERCULANO-HOUZEL, 2009a). A atenção constitui-se como um critério de seletividade em que o cérebro focaliza o que é mais importante ou mais interessante em um dado momento. Segundo Lent (2001),

“prestar atenção é focalizar a consciência, concentrando os processos mentais em uma única tarefa principal e colocando as demais em segundo plano. (...) essa ação focalizadora só se torna possível porque conseguimos sensibilizar seletivamente um conjunto de regiões cerebrais que executam a tarefa principal, inibindo as demais” (p. 579).

O cérebro possuiu uma imitação natural quanto à quantidade de dados que pode absorver a cada estímulo interno ou externo. Assim, a atenção caracteriza-se como um filtro que o cérebro utiliza para decidir qual informação será processada de maneira especial, de maneira dedicada a cada instante (HERCULANO-HOUZEL, 2009a). É importante salientar que mesmo “ao tentar dividir a atenção, o cérebro processará melhor uma informação de cada vez” (AGÜERA, 2008, p. 47), tornando-a, portanto, indivisível. Herculano-Houzel (2009a), ressalta que

“mesmo quando a gente acha que está prestando atenção em várias coisas ao mesmo tempo, nós apenas alternamos rapidamente a atenção em uma e outra coisa. Por exemplo, ouvir música e ler ao mesmo tempo: ou bem entende o que ouve ou bem entende o que lê. As duas coisas ao mesmo tempo é impossível” (*DVD Neurociências na Educação: Neurociência do Aprendizado*).

Portanto, com todos os dados e informações disponíveis ao mesmo tempo, apenas uma sobrevive ao filtro e todas as outras são eliminadas. As informações eliminadas são excluídas do acesso à memória de trabalho e não participarão das informações que poderão ser armazenadas. A memória de trabalho baseia seu funcionamento nos neurônios do córtex pré-frontal que atuam mantendo vivas as representações mentais que ultrapassaram o filtro da atenção e tornaram-se conscientes, como por exemplo, um número de telefone ou uma fórmula matemática. Além disso, torna possível a evocação de eventos que foram registrados na memória (AGÜERA, 2008; HERCULANO-HOUZEL, 2009a).

A memória de trabalho está intrinsecamente ligada à atenção, pois somente o que está compreendido no foco será associado, relacionado, processado e registrado com dedicação e exclusividade. A atenção permite o processamento da informação com detalhes necessários ao que se pretende registrar e aprender. Assim, para que haja retenção de conteúdos, o indivíduo deve focar sua atenção a fim de permitir que os dados e informações possam ter acesso à memória de trabalho e, assim, possibilitar que o cérebro tenha

alcance a outros sistemas mais duradouros de memória, armazenando as informações novas.

Uma informação relevante, para se tornar consciente, deve transcender o filtro da atenção. Nesse contexto, a percepção apresenta-se como o meio pelo qual se adquire consciência e conhecimento de um objeto ou situação. A atenção é uma condição essencial para que haja percepção e a esta configura-se como a seleção de estímulos por meio da atenção. Para Cosenza & Guerra (2011),

“admite-se que a primeira impressão em nossa consciência se faz por meio de uma memória sensorial imediata, que tem a duração de alguns segundos e corresponde apenas à ativação dos sistemas sensoriais relacionados a ela. Se a informação for considerada relevante, poderá ser mantida; do contrário, será descartada” (p. 52).

A percepção é a via de contato do cérebro com o mundo externo, que capacita o indivíduo para organizar e interpretar os estímulos sensoriais e habilita-o para atribuir significado à experiência presente fundamentando-se em vivências passadas. Considerada a base da tomada de consciência, constitui-se em processos de detecção, entrada, elaboração, análise e integração dos estímulos dos quais participam o Sistema Nervoso Central e Periférico (AGÜERA, 2008). De acordo com Lent (2001), “percepção é a capacidade de associar informações sensoriais à memória e cognição, de modo a formar conceitos sobre o mundo e sobre nós mesmos e orientar nosso comportamento” (p. 557).

A percepção se inicia por meio do sistema sensorial, que é formado por um conjunto de órgãos dotados de células especializadas capazes de captar estímulos internos e externos (LENT, 2001). Os receptores do sistema sensorial detectam e recebem o estímulo produzido pela sensação e em seguida o conduzem por meio de impulsos nervosos ao cérebro, onde será processado. Esses dados serão estruturados e organizados a fim de que produza uma informação com representação significativa para o indivíduo. Normalmente, vários sentidos atuam juntos na percepção dos objetos e é possível identificar essa proposição quando, por exemplo, se experimenta um

alimento que parece insípido. O gosto da comida depende do funcionamento conjunto dos receptores do sabor e do aroma. Se houver algum problema olfativo, provavelmente não será possível que se sinta o gosto também.

O sistema sensorial apresenta tipos de percepções evidenciando-se como mais importantes a percepção visual, caracterizada pela percepção das formas, relações espaciais, cores, intensidade luminosa e movimentos; a percepção auditiva, que se baseia na análise de timbres, alturas e frequências, além da percepção rítmica, relacionada com a percepção temporal; percepção olfativa, extremamente importante, não somente para o paladar, mas também porque devido à sua ligação com o sistema límbico, permite ao indivíduo que o odor seja capaz de despertar emoções; percepção gustativa, responsável pelo sabor; percepção tátil, que permite reconhecer a presença, forma, tamanho e temperatura dos objetos em contato com o corpo e percepção temporal, que analisa durações e ordem temporais, produção de ritmos e simultaneidade. Este tipo de percepção é importante na música, e está relacionada à percepção auditiva.

À medida que novas informações são adquiridas, a percepção em relação a um determinado objeto continua se alterando e remodelando às experiências já assimiladas. Contudo, é importante ressaltar que as percepções não são registros diretos ou uma reprodução exata da realidade (RELVAS, 2012a). “Na verdade é a construção de uma nova realidade na mente do indivíduo por meio de procedimentos psicobiológicos automáticos e inconscientes, cujo funcionamento está condicionado pelo contexto” (AGÜERA, 2008, p. 23).

Sem dúvida a atenção e a percepção exercem funções cognitivas indispensáveis à aprendizagem, no qual a atenção representa um mecanismo de seleção por meio do qual a consciência se concentra em específicos estímulos sensoriais (percepção) a fim de processá-los com eficácia. Um ambiente rico em variedade, capaz de despertar a curiosidade pelo novo, conduz quase automaticamente ao aprendizado. “Todavia, por quais estímulos nos decidimos é algo que depende também de fatores internos, e

principalmente do significado que atribuímos a um evento” (LEAL, 2006, p. 54 apud DAGASPERI, 2009, p. 6).

3.2.2 Influência do Sistema de Recompensa e da motivação na aprendizagem

O sistema de recompensa cerebral representa um conjunto de estruturas especializadas em detectar quando algo interessante ou desejável acontece, permitindo uma sensação física de prazer e satisfação. Herculano-Houzel (2005) apud Rossa (2012) argumenta que o sistema de recompensa pode ter servido originalmente como uma maneira de garantir que comportamentos elementares para sobrevivência e reprodução dos mamíferos fossem repetidos e lembrados. Com a evolução, o sistema de recompensa possibilitou a busca de satisfações de ordem cognitiva, visando o prazer com a obtenção de conhecimento intelectual.

O sistema é formado por componentes centrais - núcleo acumbente, área tegmentar ventral e córtex pré-frontal, possuindo intrínseco envolvimento anatômico e funcional com o sistema límbico (localiza-se no interior desse sistema), além de relacionar-se aos principais centros responsáveis pela memória, que são a amígdala e hipocampo (HERCULANO-HOUZEL, 2009 apud ROSSA, 2012).

O circuito de recompensa cerebral se inicia na área tegmentar ventral, aonde as informações chegam por meio de estímulos sensoriais (percepção) e pelo córtex pré-frontal, e este sinaliza para a área tegmentar que algo interessante ou positivo acabou de acontecer ou possui grandes chances de acontecer. É, então, liberado pela área tegmentar, um neurotransmissor chamado Dopamina sobre o núcleo acumbente⁸ (HERCULANO-HOUZEL,

⁸ Núcleo accumbens é uma estrutura cerebral ligada à sensação do prazer. É pertencente ao sistema mesolímbico dopaminérgico. Localiza-se próximo ao hipocampo. (http://pt.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAcleo_accumbens).

2009a), que modifica a atividade dos núcleos da base⁹, regiões responsáveis pela continuidade de um determinado comportamento.

A Dopamina é um neuromodulador, isto é, uma substância que afeta a atividade elétrica dos neurônios receptores. Quanto mais os neurônios do núcleo acumbente recebem dopamina, maior é sua ativação e, conseqüentemente, maior é a sensação de bem-estar e satisfação que o cérebro associará como resultado do comportamento reconhecido como satisfatório. Dentre outras atribuições, esta substância exerce um papel importante no comportamento, cognição, motivação, sono, humor, atenção e aprendizagem (HERCULANO-HOUZEL, 2009a). Os seres humanos aprendem a repetir comportamentos a fim de maximizar recompensas, e a dopamina contribui fornecendo o sinal que gera o estímulo para propiciar a base ação/comportamento.

Segundo Rossa (2012), “ativar o sistema de recompensa significa mapear o meio ambiente para encontrar satisfação em qualquer situação ou atividade que forneça prazer”. O cérebro constantemente associa ação e sensação, aprendendo a avaliar potenciais situações de satisfação baseados na projeção de prazeres futuros. A isso, Herculano-Houzel (2009a) denomina Motivação. A neurocientista menciona que com base nas experiências anteriores do que já deu certo, o cérebro é capaz de criar expectativas sobre o que pode vir a dar certo. Nesses casos, o sistema de recompensa é ativado por antecipação e a motivação seria esse prazer antecipado. Uma lembrança de algo que deu certo no passado pode motivar a repetição do comportamento no futuro.

A motivação é a base para o sucesso em qualquer projeto idealizado pelo ser humano. Pode ser entendida como conjunto de variáveis que ativam a conduta e a orientam em determinado sentido para poder alcançar um objetivo. Refere-se às forças que agem sobre um organismo (forças extrínsecas), ou

⁹ Os gânglios da base ou núcleos da base são constituídos por um conjunto de núcleos no cérebro com diferentes estruturas e atividades que atuam como uma unidade funcional. Emitem e recebem projeções entre si e com o córtex cerebral, tálamo e tronco cerebral, e são responsáveis por diversas funções como: coordenação motora, comportamentos de rotina (bruxismo), emoções e cognição. (http://pt.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAcleos_da_base).

dentro dele (forças intrínsecas), para iniciar e direcionar o comportamento. Para Weil (1994) apud Sousa (2009, p. 3-4),

“a motivação tem raízes nos desejos e nas necessidades de cada ser humano. Quando os objetivos da aprendizagem confundem-se com a satisfação destas necessidades, então teremos as melhores condições imagináveis para a assimilação de novos conhecimentos ou aquisição de novos hábitos” (p.114).

Assim, é possível considerar a motivação como o fator propulsor da aprendizagem. O indivíduo motivado consegue perceber a necessidade de se aprender algo, além de compreender a sua utilidade e finalidade. A motivação permite que ele possa ser co-participante de seu processo de aprendizagem, pois entende que esta irá satisfazer suas necessidades, sejam elas atuais ou futuras. Sem motivação não há aprendizagem. Para Piletti, (2004) apud Macedo (2012), “pode ocorrer aprendizagem sem professor, sem livro, sem escola e sem outros recursos. Mas mesmo que existam todos esses recursos favoráveis, se não houver motivação não haverá aprendizagem” (p. 63).

A motivação mobiliza o indivíduo para que se exponha à oportunidade de aprender, e esta, quando bem sucedida, pode levar a um círculo virtuoso, onde motivação leva a mais prática que leva à motivação, que leva a mais prática e assim por diante, conforme explica Herculano-Houzel (2009a). Ainda segundo a neurocientista,

“a motivação leva e facilita a prática. No segundo em que a ativação do sistema de recompensa libera sobre o cérebro as substâncias que promovem diretamente os mecanismos moleculares do aprendizado, modificações acontecem nas sinapses, facilitando o processo do aprendizado no cérebro” (*DVD Neurociências na Educação: Contribuições para a aprendizagem*).

Dessa forma, é importante que os educadores promovam estímulos eficazes a fim de que se possa integrar e associar os conteúdos propostos em atividades dinâmicas, bem elaboradas e organizadas, visando atingir os

objetivos de maneira agradável e prazerosa. O educador que deixa de instigar seus aprendizes à dúvida e à curiosidade inibe o potencial de inteligência e afetividade no processo de assimilação de conhecimento (RELVAS, 2012, p. 56).

CAPÍTULO IV

NEUROCIÊNCIA E SUA ATUAÇÃO NO CONTEXTO EDUCACIONAL

4.1 A redefinição do papel das organizações de ensino e dos métodos pedagógicos

A história da Educação no Brasil inicia-se no período colonial, apenas como um processo sistematizado de transmissão de conhecimentos, onde os esforços educacionais eram dirigidos aos indígenas, submetidos à catequese promovida pelos missionários jesuítas que pretendiam difundir a crença cristã entre os nativos. Durante quase 300 anos o panorama brasileiro de ensino não mudaria muito e não haveria progressos em relação à implantação de um sistema educacional, até que o advento da mudança da Família Real em 1808 para terras brasileiras proporcionasse uma melhora na educação em relação à situação anterior. Ainda assim, a educação ocuparia apenas uma importância secundária. Somente partir de 1930, início da Era Vargas, surgiram as reformas educacionais mais modernas, com a instituição de decretos e da Constituição de 1934, que favoreciam e incentivavam reformas no ensino. Entretanto, somente após vários anos de lutas e conquistas, a educação finalmente alcançou destaque: a Constituição Brasileira de 1988 estabeleceu e privilegiou diversas ações regulamentadoras relativas à educação, instituindo a universalização do ensino e a erradicação do analfabetismo.

Em meio a esse contexto histórico, o papel desempenhado pela escola e pela universidade foi continuamente se alterando e se transformando, a fim de acompanhar os avanços e necessidades da sociedade, mudanças essas que foram significativas para o país, principalmente no que diz respeito ao funcionamento e acesso da população brasileira ao ensino. As organizações

educacionais – escolas e universidades – emergiram como instituições responsáveis por assegurar que o conhecimento científico e filosófico fossem repassados e transformados em fazeres e saberes a fim de promover a emancipação intelectual do aprendiz, estimulando o domínio de conteúdos que, posteriormente, seriam imbuídos de significação.

Constituídas por espaços de desenvolvimento e aprendizagem que envolvem as experiências contempladas no processo de ensinar, as organizações educacionais são imprescindíveis para a formação e para o alicerce do indivíduo, como o estabelecimento de padrões relacionais, aspectos culturais, cognitivos, afetivos, sociais, históricos e econômicos, os quais estão inseridos em suas relações. O acesso do indivíduo à escola e à universidade pode criar possibilidades a fim de que ele possa produzir conhecimento, além de adquirir consciência crítica e responsável, inserindo-se nas questões políticas, econômicas, culturais e sociais do ambiente em que vive.

Apesar do caráter formador das organizações de ensino, as múltiplas práticas pedagógicas existentes ainda apontam para uma conduta tradicionalista. Permanece enraizado o pensamento do paradigma conservador na educação básica e superior brasileira, de forma que para se adquirir conhecimento é necessário medir, quantificar e atrelá-lo à ideia de ordem, de caráter estável e funcional.

O método pedagógico conservador se originou de uma visão reducionista incumbida de propagar os modelos educacionais e foi projetada no meio da escola tradicional. Nasceu no século XVIII e se baseou no paradigma newtoniano-cartesiano, que era a ciência difundida na época. Essa visão cartesiana marcou intensamente a educação tradicional, conforme afirma Behrens (2005) apud Ferreira *et al.* (2010), “o século XX caracterizou-se por uma sociedade de produção de massa. Alicerçada nos pressupostos do pensamento newtoniano-cartesiano, a ciência contaminou a Educação com um pensamento racional, fragmentado e reducionista” (p. 18).

A abordagem pedagógica tradicional volta-se para a repetição mecânica e para o adestramento intelectual, priorizando a transmissão de informações às vezes sem nenhum significado para o aluno. Segundo Mizukami (1986) apud Ferreira *et al.* (2010):

“o ensino, em todas as suas formas, nessa abordagem, é centrado no professor. Esse tipo de ensino volta-se para o que está externo ao aluno: o programa, as disciplinas, o professor. O aluno apenas executa prescrições que lhe são fixadas por autoridades exteriores” (p. 8).

Além do método tradicional, existem pelo menos três principais correntes pedagógicas atualmente no Brasil: a Waldorf, Montessoriana e Construtivista.

A linha Waldorf foi criada em 1919 pelo alemão Rudolf Steiner e preconiza que o ensino teórico é sempre acompanhado pelo prático, com enfoque nas atividades corporais, artísticas e artesanais, de acordo com a idade dos estudantes. O foco principal da Pedagogia Waldorf é o de desenvolver seres humanos capazes de, por eles próprios, dar sentido e direção às suas vidas.

Para o método Montessoriano, o ensino deve ser ativo valorizando a educação pelos sentidos e pelo movimento a fim de estimular a concentração e as percepções sensório-motoras. Os alunos desenvolvem senso de responsabilidade pelo próprio aprendizado e descobrem como adquirir autoconfiança. Os alunos são expostos a trabalhos, jogos e atividades lúdicas, que os aproximem da ciência, da arte e da música.

O construtivismo de Jean Piaget propõe que o aluno participe ativamente do próprio aprendizado, mediante a experimentação, a pesquisa em grupo, o estímulo a dúvida e o desenvolvimento do raciocínio, entre outros procedimentos. A partir de sua ação, vai estabelecendo as propriedades dos objetos e construindo as características do mundo. Existem várias escolas utilizando este método. O construtivismo, além de linha pedagógica, é uma teoria psicológica que busca explicar como se modificam as estratégias de

conhecimento do indivíduo no decorrer de sua vida. A grande maioria das escolas brasileiras, incluindo as da rede pública, recorre hoje à teoria do construtivismo e às ideias dos teóricos pós-piagetianos¹⁰ para organizar a didática e as aulas.

Embora haja estratégias pedagógicas apresentadas como alternativas ao método tradicional, de certa forma, este ainda impera nas salas de aula das escolas e das universidades, manifestando-se em questões importantes como relação entre professor-aluno e o comportamento do aprendiz na sala de aula. Os conteúdos acadêmicos são repassados por meio de aulas expositivas, com ênfase na repetição e memorização utilizando exercícios de fixação. O estudante é avaliado por meio de provas, e não há lugar para o aluno atuar, agir ou reagir de forma individual. Não existem atividades práticas que permitam aos alunos inquirir, criar e construir.

Realizar modificações na estrutura educacional não é tarefa fácil nem simples. Nesse contexto, surge a necessidade de transformações que incluem a inserção de mudanças na visão das metodologias e tecnologias que são comumente utilizadas, e o atendimento das exigências acerca da elaboração de novos currículos a partir do modelo que institui uma ampla reestruturação na infraestrutura da escola contemporânea. Isso se constitui como uma demanda desafiadora que requer propostas pedagógicas fundamentadas numa interpretação crítica e cautelosa das relações existentes entre educação, sociedade e mercado de trabalho (FERREIRA *et al.*, 2010).

Além desses fatores, a capacitação dos educadores torna-se essencial para que seja possível a concretização dessa realidade. Segundo Behrens (2000), o educador deverá transcender seu papel transmissor de conhecimentos para se tornar um investigador, pesquisador do conhecimento crítico e reflexivo. O docente precisará inovar em uma “prática educativa transformadora e participativa, centrada na transformação da informação em

¹⁰ A Argentina Emilia Ferreiro, aluna de Jean Piaget, expandiu as ideias de seu mestre para o campo da escrita e da leitura. Concluiu que a criança descobre as regras da língua escrita (ler da esquerda para a direita, entender que as letras reproduzem a fala) antes mesmo de ir à escola. Grande parte das crianças se alfabetiza sozinha, desde que imersa num ambiente alfabetizante. (http://www1.folha.uol.com.br/folha/educacao/guia_para_pais-metodos.shtml).

conhecimento, refletindo na aprendizagem crítica e ativa de conteúdos vivos, significativos e atualizados” (FERREIRA *et al.*, 2010, p. 52).

De acordo com Moraes (1997) apud Ferreira *et al.* (2010), cabe aos gestores, educadores e professores desfazer obstáculos que impedem que a criatividade e a dinâmica afetas à sala de aula sejam restringidas ao quadro-negro e ao livro-texto. Em relação ao desafio para a transformação da realidade, a autora afirma:

“Estamos querendo abandonar uma escola burocrática, hierárquica, organizada por especialidades, subespecialidades, sistemas rígidos de controle em funções dos comportamentos que se pretende incentivar e manter, dissociada do contexto, da realidade, para construir uma escola aberta, com mecanismos de participação e descentralização flexíveis, com regras de controle discutidas pela comunidade e decisões tomadas por grupos interdisciplinares próximos dos alunos” (p. 68).

Muito se tem discutido quanto às perspectivas para a Educação no século XXI, e essas apreciações abordam críticas, análises e reflexões sobre um novo fazer pedagógico nas escolas e nas universidades. A nova prática pedagógica exige um diálogo constante entre a realidade vivida e a realidade passada, abolindo os conhecimentos prontos e acabados. Procura viabilizar a reflexão, o debate, o questionamento da realidade facilitando a compreensão e interpretação dos fatos.

Nesse sentido, nos últimos 20 anos, os estudos neurocientíficos têm procurado modificar e contribuir para uma nova visão educacional e ações pedagógicas, fornecendo modernos instrumentos de análise e reflexão (RELVAS, 2012). A Neuropedagogia surge como um ramo da neurociência que estuda a relação entre os métodos de ensino e o cérebro humano, e intenciona entender a forma como o cérebro recebe, seleciona, processa e memoriza dados e informações que chegam por meio do ambiente, para, a partir desses critérios, adaptar as técnicas educacionais à melhor forma de aprendizagem. Para Relvas (2012), a Neuropedagogia utiliza ferramentas e recursos pedagógicos apropriados para atender às necessidades individuais e coletivas

no processo de aprender e atua na aplicação de estratégias pedagógicas em sala de aula, cuja eficiência científica é comprovada pela literatura.

“Elaborar ações educativas com base no conhecimento da neurociência é dispor de ferramentas capazes de analisar o percurso da aprendizagem” (OLIVEIRA, 2014, p. 15). A neurociência aplicada à prática educativa busca demonstrar que o conhecimento e o aprendizado são dinâmicos e que estímulos externos aumentam a capacidade cognitiva, tornando-se essenciais ao processo de ensino. Além disso, salienta que a assimilação de conhecimentos ocorre como um ato individual e personalizado, em que o indivíduo possui seu próprio tempo para desenvolver suas capacidades e habilidades. Relvas (2012) explica que

“as atividades pedagógicas apresentadas em sala de aula devem promover especificamente o aprofundamento dos conceitos e o desenvolvimento de pensamentos mais abrangentes e complexos do cérebro, a fim de saber aplicar e provocar diferentes estímulos no momento certo no processo do acompanhamento nos métodos pedagógicos” (p. 58).

É necessário dotar de significado os conhecimentos científicos a serem introduzidos ao aluno (LOPES, 1997; FOUREZ, 2002 apud PALHETA *et al.*, 2012). O ato de aprender constitui-se em uma transformação intrínseca por meio de reflexões que se revelam na forma de atitudes e comportamentos. O aluno precisa encontrar significado e coerência no que estuda; do contrário, o cérebro apenas descartará a informação, tendo-a como inútil (RELVAS, 2012). Isso é possível acrescentando-se no ambiente de aprendizagem e nas práticas pedagógicas situações em que o aluno se sinta motivado e desafiado a participar, ousar e partilhar das atividades propostas. “A aprendizagem é alcançada por meio de estimulação das conexões neurais, podendo ser fortalecidas ou não, dependendo da qualidade da intervenção pedagógica” (RELVAS, 2012, p. 130).

Compreender os fatores neurobiológicos que influenciam a aprendizagem pode revelar novos caminhos a fim de otimizar os recursos pedagógicos existentes, tornando-os mais eficazes. Para Quézia Bombonato

(2012), Psicopedagoga que redigiu o prefácio do livro *Que cérebro é esse que chegou à escola?*, publicado por Marta Relvas em 2012, compreender o funcionamento neurológico

“promove o desenvolvimento e potencial cognitivo do indivíduo, agregando melhores condições de compreensão e direcionamento para a atuação pedagógica competente e uma ação didática capaz de promover o desenvolvimento neurocognitivo a partir de uma compreensão dos estímulos neuronais e dos recursos sensoriais (...)” (p. 12).

Embora haja certo entusiasmo em relação aos benefícios que a neurociência pode proporcionar, é importante esclarecer que ela não impõe uma nova pedagogia e nem propõe soluções definitivas para a educação. Apenas pretende “colaborar com as práticas pedagógicas que já se realizam com sucesso e sugerir ideias para intervenções, demonstrando que as estratégias pedagógicas que respeitam a forma como o cérebro funciona tendem a ser mais eficientes” (COSENZA & GUERRA, 2011, p. 143). A neurociência jamais substituirá a pedagogia (FOZ, 2012). O professor permanece como instrumento fundamental para mediar os recursos pedagógicos e sua melhor aplicação em cada contexto.

4.2 A neurociência e a atuação docente

O professor pode ser considerado como um dos principais agentes do processo educacional, assumindo o papel de transformador de conhecimentos, além de orientador, mediador, motivador e gestor da aprendizagem. Seu auxílio é fundamental para que haja a compreensão da realidade e o manuseio de conceitos e informações que formarão as bases do cidadão responsável e consciente de seus atos. Para Santos (1995) apud Sousa L. (2009) formar um cidadão consciente significa “saber o que mundo é, e como ele se define e funciona, de modo a reconhecer o lugar de cada país no conjunto do planeta e de cada pessoa no conjunto da sociedade humana, capazes de atuar no presente e de ajudar a construir o futuro” (p. 17).

É comum esperar dos docentes, especialmente dos que atuam nas universidades, um conhecimento aprofundado no campo científico de sua área, alicerçado nos rigores da ciência e um exercício profissional que legitime esse saber. Para que o docente esteja apto a lecionar, basta apenas que possua uma estrutura científica de pós-graduação (*lato sensu* e/ou *stricto sensu*), excluindo a necessidade de qualquer conhecimento pedagógico para atuar em sala de aula.

Assim, os educadores ensinam como também foram ensinados, garantindo, pela sua prática, uma transmissão razoável de conhecimentos com dinâmica e socialização possivelmente idêntica àquela de que eles próprios foram objeto (CORTESÃO, 2000 apud CUNHA, 2004). Isso expressa a visão que aponta para um paradigma tradicional de ensino-aprendizagem, resultando frequentemente em uma atuação maçante, apática e desestimulante.

Atualmente, devido às contínuas mudanças sociais, econômicas, políticas e culturais, vêm sendo exigidas mudanças cada vez maiores e mais importantes no processo educacional, principalmente no que diz respeito à prática docente. Saber não mais se refere à capacidade de se lembrar de informações ou repeti-las, mas instituem-se como a capacidade de encontrar e usar as informações corretas e aplicando-as nos diversos contextos (OLIVEIRA, 2014). Isso implica na inevitabilidade de uma reforma educacional, configurando a renovação de atitudes e definições que devem contemplar ações de investimento em uma aprendizagem significativa e ensino contextualizado.

Essa proposta baseada no desenvolvimento de capacidades e habilidades do aprendiz impulsiona o docente de forma definitiva para o desafio de “práticas educativas transformadoras e participativas, centrada na transformação da informação em conhecimento, refletindo na aprendizagem crítica e ativa de conteúdos vivos, significativos e atualizados” (FERREIRA *et al.*, 2010, p. 52).

Nessa perspectiva, a formação do educador torna-se questão central quando se expõe a necessidade de uma reforma educacional. Não é possível que surjam transformações significativas se primeiramente não houver uma real modificação e atualização na maneira como o educador pretende transmitir os conhecimentos. Para isso, é preciso que o professor tenha formação e capacitação adequadas a fim de que possa desenvolver seu trabalho de forma consciente, autônoma e diferenciada. Somente o educador que entende as exigências de um ensino contextualizado pode proporcionar aos alunos em diferentes estágios do desenvolvimento cognitivo, a independência e liberdade que impelem a efetiva transferência da aprendizagem, não apenas para aprender a fazer, mas principalmente para aprender a aprender (FERREIRA *et al.*, 2010).

Sob essa concepção, a neurociência pode concretizar-se como uma atitude afirmativa em relação às práticas de ensino, visto que oferecer aos docentes uma maneira de entender os processos de assimilação e compreensão de conteúdos baseando-se em como o cérebro aprende e se desenvolve no processo cognitivo. Quando o educador conhece as interfaces da aprendizagem respaldada por estudos da anatomia e fisiologia cerebral, compreende melhor como os indivíduos aprendem e se desenvolvem, adquirindo competência para proporcionar ao aluno o aumento do potencial de seu funcionamento cerebral.

A neurociência surge como um novo caminho interessante e desafiador para o docente. Apesar dos educadores contribuírem de forma ativa para a organização cerebral do aprendiz, e, portanto, dos comportamentos que ele apresentará durante a vida, não conhecem o funcionamento cerebral (COSENZA & GUERRA, 2011). Maluf (2011) afirma que

“não é admissível, em pleno século XXI, quando o mundo transpira um notável desenvolvimento das Neurociências, que a Pedagogia esteja praticamente fora dos currículos da graduação e que isso aconteça também nos cursos de especialização que preparam nossos professores (...) Ora: com o que nossos alunos e professores aprendem, senão com seus cérebros?”

Embora “não haja aplicações diretas e imediatas da neurociência no contexto escolar, pois esta contribui apenas com parte do contexto em que ocorre a aprendizagem” (COSENZA & GUERRA, 2011, p. 143), o trabalho do educador pode ser mais significativo e eficiente quando ele insere em suas práticas pedagógicas conhecimentos sobre a afetividade, a emoção, a motivação e a atenção, por exemplo. São conceitos, que quando aplicados de forma adequada, podem facilitar e produzir aprendizagens eficazes. Cabe ao professor verificar quais dinâmicas podem ser adaptadas a este novo conhecimento de forma que a aprendizagem ocorra com mais significado (RELVAS, 2012).

Nessa perspectiva, a formação dos professores sob uma ótica neurocientífica pode em muito contribuir para a qualidade do ensino em sala de aula. Segundo Cosenza & Guerra (2011),

“no Brasil, a maior parte dos educadores que trabalham nas organizações de ensino tem uma formação fundamentalmente humanística, essencial para compreensão da educação, mas insuficiente para o atendimento das demandas de aprendizagem para a vida em sociedade neste milênio” (p. 145).

Assim, proporcionar “o conhecimento de como o cérebro funciona e aprende é um instrumento importante para otimizar os resultados do trabalho docente” (...) (MALUF, 2011). E ainda que esses conhecimentos não possam ser encarados como “receituários pedagógicos”, podem fornecer indícios importantes de como ensinar e aprender.

4.3 Aplicação de estudos neurocientíficos em sala de aula

A Neuroeducação constitui-se como um campo interdisciplinar que combina a neurociência, psicologia e educação para criar melhores métodos de ensino e currículos (SABBATINI, 2009). Procura “explicar, modelar e descrever os mecanismos neurais que sustentam os atos perceptivos, cognitivos ou motores, disponibilizando os fundamentos necessários à orientação de aprendizagem”. (SCHÄFFER, 2014).

Do ponto de vista psicológico, a neuroeducação procura explicar os comportamentos da aprendizagem, atentando-se para o papel desempenhado pela mente. Para os educadores, essas informações baseadas no funcionamento cerebral poderiam ser utilizadas para melhorar suas práticas em sala de aula (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2008 apud ZARO *et al.*, 2010). Segundo Hardiman e Denckla (2009) apud ZARO *et al.* (2010) a neuroeducação integra neurocientistas que estudam a aprendizagem e educadores que pretendem fazer uso de pesquisas desta natureza.

As descobertas neurocientíficas têm favorecido o aumento de pesquisas com resultados positivos em relação à aprendizagem e aos processos cognitivos. Cosenza & Guerra (2011) elucidam que

“os avanços das neurociências possibilitam uma abordagem mais científica do processo ensino-aprendizagem, fundamentada na compreensão dos processos cognitivos envolvidos. Entretanto, devemos ser cautelosos, ainda que otimistas em relação às contribuições recíprocas entre neurociências e educação” (p 143).

Para Tokuhamas-Espinosa (2008) apud Zaro *et al.*, (2010), é necessária a busca de um método comum que traduza os resultados das pesquisas realizadas pela comunidade científica a fim de que sejam implementadas no planejamento de estratégias pedagógicas aplicáveis. Ainda segundo a autora, os educadores que tencionam integrar-se à multidisciplinaridade que é característica da neuroeducação, precisam se flexibilizar quanto às próprias formas de pensar e agir e em relação às suas práticas pedagógicas, uma vez que essa nova abordagem demanda equilíbrio entre as ações de ensino. Não há sobreposição entre “velha” e “nova” pedagogia, mas uma complementação entre as formas de conduzir o processo de aprendizagem.

Em 2011, o Doutor em Ciências da Educação pela Universidade de Málaga, Mário Medeiros da Silva, e a Graduanda do Curso de Pedagogia da Universidade de Pernambuco, Edileuza de Lima Bezerra, realizaram uma pesquisa de campo em que se propuseram a verificar quais seriam as efetivas

contribuições das Neurociências no ensino-aprendizagem, mostrando como essas contribuições poderiam ser utilizadas em associação com a teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel (2002) e com a Psicogênese da Língua Escrita de Ferreiro & Teberosky (1979).

A pesquisa se passa em uma sala de aula do 1º Ciclo de Educação básica no município de Cachoeirinha-PE, em que são aplicadas sugestões apontadas pela Neurociência como eficazes no processo de ensino-aprendizagem a fim de analisar e comparar resultados. Após três dias de observação, os pesquisadores puderam concluir que a prática pedagógica utilizada poderia não atingir a aprendizagem efetiva dos alunos, pois estes demonstraram falta de motivação e desinteresse pelos conteúdos apresentados. À professora era necessário dinamismo e organização das informações, além de ter que propiciar espaço à reflexão e estabelecer conexão das atividades propostas com o tema que seria abordado posteriormente.

Em seguimento à pesquisa, foram aplicadas atividades que favoreceram relacionamentos, vínculos emocionais e contextualizações temáticas, e constatou-se o envolvimento e participação de todos os alunos nos procedimentos propostos durante as aulas. Dessa forma, pôde-se constatar que aliar a Neurociência à educação de forma consciente e responsável pode favorecer o âmbito escolar no sentido desenvolver novas habilidades, motivações e interesses dos alunos.

À luz da neuroeducação, o docente precisa ser inovador e criativo e, principalmente, parceiro de seus alunos no processo de aprendizagem. O foco do ensinar deve passar da reprodução de conhecimento para o "aprender a aprender", abrindo caminhos de busca e investigação para a produção do seu conhecimento e do seu aluno (BEHRENS, 2000). O ambiente educacional deve fazer com que o aluno não seja apenas um espectador, mas participe ativamente do processo de aquisição de conhecimento, sendo também responsável por sua aprendizagem.

Marilee Sprenger, educadora que se dedica à neuroeducação há mais de vinte anos, autora de diversos livros e artigos e que tem ensinado os alunos da pré-escola até a pós-graduação, publicou em seu livro *Memória: como ensinar para o aluno lembrar (2008)*, sete passos baseados em conteúdo neurocientíficos aplicados em sala de aula, que descrevem métodos para se propiciar um ensino de qualidade, no qual deve-se atingir, refletir, recodificar, reforçar, treinar, rever e recuperar as ações pedagógicas.

O primeiro passo é atingir o aluno. As salas de aula devem ser centralizadas no aprendiz e não no professor. A aprendizagem deve ser feita pela descoberta, pela indagação, baseada em problemas e projetos. É importante considerar a estimulação sensorial, atenção, a emoção e a motivação para atrair o aluno e mantê-lo focado.

É vital dar tempo aos alunos para ponderar sobre o conteúdo com que está aprendendo. Isso caracteriza a segunda etapa do processo. O tempo de espera desempenha um papel fundamental no processo de retenção das informações. Oferecer aos alunos alguns segundos para responder pode proporcionar reflexão suficiente para acessar o conhecimento prévio, avaliar o que foi dito e formular uma resposta adequada.

A recodificação é a maneira que o cérebro encontra para organizar as informações recebidas. Por meio dela, o aluno consegue se apropriar dos conteúdos transmitidos utilizando a memória de trabalho e acessando a memória de longo prazo que lhe permite fazer conexões ao conhecimento anterior. O aluno pode extrair o que é significativo e reproduzi-los em sua própria linguagem, tornando o conhecimento mais fácil de lembrar posteriormente.

O quarto passo refere-se ao reforço, no qual há uma recompensa verbal ou simbólica para o desempenho. Por meio de *feedbacks*, o professor pode identificar se as percepções dos alunos correspondem as suas expectativas, antes que concepções errôneas se transformem em memórias de longo prazo, que são difíceis de alterar.

O treino é essencial para que haja a consolidação das informações na memória permanente. Quanto mais prática, mais aperfeiçoamento e habilidade haverá para a realização da tarefa. O cérebro constrói uma rota por meio de sinapses para acessar determinada informação e passa a empregar menos neurônios para isso, oportunizando que novas conexões sejam realizadas com os neurônios sobressalentes (RELVAS, 2012). Treinar de diferentes maneiras envolve níveis mais elevados de pensamento, incluindo aplicação, análise e criação.

A revisão é uma reconsideração da aprendizagem e garante a oportunidade de recuperar a informação e manejá-la na memória de trabalho. Sem a revisão, informações importantes podem ser perdidas. Propiciar revisões espaçadas e graduais durante todo o processo de aprendizagem permite que as redes neuronais de longo prazo sejam fortalecidas.

Recuperação é a capacidade de trazer à mente ou memória de trabalho um evento ou conhecimento anterior guardados na memória de longo prazo, a fim de solucionar problemas. O processo de recuperação pode ser desencadeado por técnicas de reconhecimento e por lembranças. É importante salientar que o estresse deve ser tratado, uma vez que pode impedir a capacidade para acessar memórias.

Outra abordagem interessante pode ser encontrada no livro *Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiência e escola*, produzido pelo Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos em 2007, em que os pesquisadores descrevem uma efetiva aprendizagem em quatro passos. O primeiro ponto afirma a necessidade de que as escolas e as salas de aula sejam centradas no aprendiz; depois é preciso proporcionar um ambiente de sala de aula centrado no conhecimento, prestando atenção ao que é ensinado, por que é ensinado e como se revela a competência ou habilidade. O terceiro ponto trata das avaliações formativas e sugere que sejam contínuas e idealizadas para tornar visível o raciocínio dos alunos tanto para eles próprios quanto para os professores, uma vez que as avaliações poderão ajudar na monitoração do progresso da aprendizagem. A quarta condição apoia-se no

contexto em que a aprendizagem acontece. A conexão com o cotidiano e com o mundo exterior são essenciais para a estimulação sensorial dos alunos (p. 43-45).

Tracey Tokuhama-Espinosa, Ph.D. em Educação, descreveu em sua tese de doutorado, defendida em 2008, a respeito da disciplina emergente da mente, cérebro, ciência e educação (a intersecção entre a neurociência, educação e psicologia). A pesquisadora enumera catorze princípios usados como porta de entrada para a Neuroeducação e que podem facilitar o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula: estudantes aprendem melhor quando motivados; stress impacta negativamente; ansiedade bloqueia as oportunidades; estados depressivos impedem aprendizagem; o tom de voz de outras pessoas é rapidamente julgado no cérebro como ameaçador ou não; as faces das pessoas são julgadas quase que instantaneamente; feedback é importante; emoções desempenham papel-chave; movimento pode potencializar o aprendizado; humor pode auxiliar aprendizado; nutrição influencia aprendizado; sono impacta a consolidação de memória; estilos de aprendizado devem ser estruturados de acordo com as funcionalidades do cérebro; a diferenciação nas práticas de sala de aula são justificadas pelas diferentes inteligências dos alunos (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2008 apud ZARO *et al.*, 2010).

Seja em escolas ou universidades, a aplicação de práticas neurocientíficas em sala de aula ainda geram discussões e dúvidas a respeito de sua real eficiência pedagógica. Na interface entre educação e neurociência emergem desafios como a divulgação adequada de seus benefícios e de sua utilização para os professores e educadores de um modo geral (COSENZA & GUERRA, 2011). A pesquisa neuroeducativa comporta um vasto campo de investigação que ainda necessita da “integração entre pedagogos, neurocientistas e psicólogos a fim de sintonizar metodologias de pesquisa e epistemologias para a concreta produção de conhecimentos” (ZARO *et al.*, 2010).

Apesar de vários fatores contribuírem para a suscitação de dúvidas recorrentes quanto ao emprego eficiente da neuroeducação, por meio dos estudos existentes é possível criar e modificar metodologias e currículos em que se encontra a possibilidade de resultados positivos em sala de aula, tais como os apresentados pelos pesquisadores Sprenger, Tokuhama-Espinosa e Mário Medeiros em suas atuações.

4.3.1 Possibilidades de um novo fazer pedagógico aplicado à sala de aula do Ensino Superior

As organizações de ensino voltadas para a educação superior têm assumido o papel de agente transformador da sociedade, atuando na construção de uma consciência voltada para a prática da democracia. Nessa perspectiva, essas instituições mostram-se como um espaço aberto às discussões que viabilizam o desenvolvimento de uma consciência crítica a fim de promover o pleno exercício de direitos sociais, políticos e econômicos, além de fomentar a produção do “saber-fazer” e não apenas o seguimento de caminhos trilhados por outros.

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases, as universidades são

“instituições pluridisciplinares de formação dos quadros profissionais de nível superior, de pesquisa, de extensão, de domínio e cultivo do saber humano, que se caracterizam por produção intelectual institucionalizada mediante o estudo sistemático dos temas e problemas mais relevantes, tanto do ponto de vista científico e cultural quanto regional e nacional (...)” (art. 52, I, LDB 9394/96).

De acordo com o texto, é possível entender a universidade como um espaço dedicado à formação e produção de conhecimento, reconhecida como instituição que desempenha uma importante função social e política, voltando-se para a análise e reflexão, e fundamentando-se na autonomia do conhecimento.

Entretanto, no Brasil, ainda prevalece a educação pautada na ênfase no processo de ensino, em que o professor figura como o agente principal do processo de ensino-aprendizagem, centrando-se na transmissão de conhecimentos. (MASETTO, 2003 apud BASÍLIO, 2010). É notório que não existe o envolvimento necessário de muitos educadores em relação à qualquer prática pedagógica que proponha inovação, preferindo mantê-las conservadoras e autoritárias. Evidencia-se uma resistência, até natural, em abandonar métodos ultrapassados, nos quais o ensino e a aprendizagem baseavam-se no processo de acúmulo de informações. Nesse sentido, a visão de ensino resume-se ao simples ato de transmitir o conhecimento por meio de aulas centradas no professor (BASÍLIO, 2010).

Denominada por Freire (1987) de “educação bancária”, esse método privilegia a memorização e repetição do conteúdo pelo aluno, que absorve os conceitos por meio de aulas expositivas. Essa prática de ensino modela o aprendiz como depósito de conhecimentos que posteriormente serão cobrados utilizando-se de avaliações meramente somativas. “Nessa visão, não há criatividade, não há transformação, não há saber” (FREIRE, 1987, p. 66, apud BASÍLIO, 2010).

É importante salientar que os conhecimentos pedagógicos se constituíram distantes do âmbito universitário e apenas tardiamente alcançaram aplicação no Ensino Superior. Em geral, a pedagogia focou-se no desenvolvimento intelectual e afetivo da criança, construindo uma imagem social muitas vezes distorcida da sua amplitude e complexidade (CUNHA, 2004). Outra condição que desqualifica a pedagogia universitária refere-se a uma herança instrumental, em que é entendida como um conjunto de normas e prescrições com o fim de atuar na resolução de problemas. Além disso, a formação dos professores universitários é baseada apenas domínio do conhecimento de sua especialidade e das formas acadêmicas de sua produção, ignorando qualquer outra formação que o ensine a ensinar. Para Lucarelli (2000) apud Cunha (2004), a pedagogia universitária deveria ser vista como um “espaço de conexão de conhecimentos, subjetividades e cultura,

exigindo um conteúdo científico, tecnológico ou artístico altamente especializado e orientado para a formação de uma profissão” (p.36).

Embora ainda não haja uma atitude emancipatória real no meio acadêmico quanto às práticas de ensino, é incontestável o crescente avanço dos meios de comunicação e o intenso fluxo de informações cada vez maior, onde novas capacidades são exigidas para atender às demandas atuais do mercado de trabalho. Isso exige mudanças no processo educacional, especialmente no que diz respeito à pedagogia aplicada na Educação Superior, pois são nas universidades que os novos profissionais buscarão o conhecimento necessário à sua formação e qualificação. Na universidade acontece o processo de formação inicial do profissional, e do próprio professor de ensino superior, que é o responsável para dar ao futuro docente um suporte teórico e empírico voltado para o desenvolvimento prático educativo (NUNES & CABRAL, 2005).

Neste cenário educacional, as universidades desempenham o desafiante papel de construir o conhecimento voltado para a inserção do indivíduo na sociedade, desenvolvendo sua percepção analítica e reflexiva da realidade que o cerca e preparando-o para exercer conscientemente seus direitos e obrigações. A aplicação dos métodos pedagógicos no Ensino Superior deve voltar-se para um processo de busca, de construção científica e crítica ao conhecimento produzido, além de proporcionar a abertura e condições suficientes para a disseminação e inserção de questões sociais necessárias à construção e prática do conhecimento de forma efetiva.

É notório que comportamentos, hábitos e práticas não mudam com a mesma velocidade em que ocorrem as transformações sociais. Entretanto, com a adequada preparação dos docentes universitários é possível introduzir um novo fazer pedagógico aplicado à sala de aula do ensino superior. No que tange à influência do empirismo neurocientífico, Bartoszeck (2009) apud Santos & Andrade (2011), faz referência a algumas estratégias que podem ser utilizadas a fim de favorecer a relação entre a aprendizagem e o cérebro.

Dentre as principais, o autor cita a importância da aplicação das emoções nas atividades cotidianas que reflitam contextos reais; a introdução de aulas práticas e resolução de situações-problema com envolvimento ativo dos alunos, atentar para as “janelas de aprendizagem”, que são períodos sensíveis em que o cérebro está mais propenso a aprender e o emprego de música, dramatizações e artes visuais.

A neurociência pode trazer para a sala de aula um novo fôlego incorporando maneiras de ensinar que trazem significado à informação que se pretende repassar. Otimizar o funcionamento cerebral permite a sedimentação da memória de forma mais eficaz e conseqüentemente a possibilidade de uma aprendizagem mais efetiva.

CONCLUSÃO

Neste estudo destacou-se a importância do cérebro no processo de ensino-aprendizagem e as contribuições que a Neurociência vem buscando proporcionar não somente na medicina, mas em diversos campos, propondo uma interdisciplinaridade entre descobertas e conhecimentos científicos.

Buscou-se identificar, conhecer e analisar os caminhos hoje apontados pela Neurociência como favoráveis à aprendizagem e à educação, além de investigar de que forma os métodos pedagógicos já conhecidos, quando aplicados adequadamente, podem contribuir para a obtenção, retenção e utilização eficiente de conhecimentos.

Ao docente, como principal agente facilitador do processo de aprendizagem, compete proporcionar por meio de práticas pedagógicas estimulantes e desafiadoras, o desenvolvimento psicológico e cognitivo do aluno. Hoje, o saber não se confina mais apenas à capacidade de recordar informações e reproduzi-las, mas de aplicá-las da maneira mais adequada possível. Isso implica em uma conduta inovadora por parte do docente, que pode se basear em estudos neurocientíficos, em que já houve comprovação, para fundamentar suas práticas pedagógicas que contemplem ações de investimento em uma aprendizagem significativa e ensino contextualizado.

A Neurociência aplicada à Educação pode concretizar-se como uma atitude afirmativa em relação às práticas de ensino, proporcionando estratégias criativas a fim de favorecer os processos de assimilação e compreensão de conteúdos em sala de aula. Identificar como o cérebro se comporta no processo de aprendizagem e como utiliza os conhecimentos adquiridos pode auxiliar no desenvolvimento de práticas pedagógicas que facilitem o processo cognitivo. A neurociência propõe que o uso de estratégias adequadas em um processo de ensino dinâmico e prazeroso poderá, de fato, favorecer os métodos de ensino conhecidos, transformando a maneira como o indivíduo assimila, observa e acessa a realidade.

BIBLIOGRAFIA

ABREU, A. S. **A arte de argumentar: Gerenciando razão e emoção**. 8ª ed. São Paulo: Ateliê, 2005.

AGÜERA, L. G. **Além da Inteligência Emocional: As cinco dimensões da mente**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

ALARCÃO, I. **Escola reflexiva e nova racionalidade**. Porto alegre: Artmed: 2001.

BASÍLIO, Vanessa Hidd. **A prática pedagógica no ensino superior: O desafio de tornar-se professor**. 2010. 125 p. Dissertação de Mestrado (Educação). UFPI, Piauí.

BEHRENS, Maria Aparecida. **Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente**. In: MORAN, José Manuel. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. Campinas/SP: Papirus, 2000.

BRANDÃO, M. L. **As bases biológicas do comportamento: Introdução à Neurociência**. São Paulo: EPU, 2004.

BRANSFORD, J. D., BROWN, A. N., COCKING, R. R. **Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiência e escola**. São Paulo: Senac, 2007.

CAMBI, F. **Historia da Pedagogia**. São Paulo: Unesp, 2001

COSENZA, R. M., GUERRA, L. B. **Neurociência e Educação: Como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CROSSMAN, A. R., NEARY, D. **Neuroanatomia ilustrada**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

DAMÁSIO, A. **Em busca de Espinosa: Prazer e dor na ciência dos sentimentos**. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

DAMÁSIO, A. **O erro de Descartes: emoção, razão e cérebro humano**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

GOLEMAN, D. **Inteligência Emocional: A teoria revolucionária que redefine o que é ser inteligente**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

GOLEMAN, D. **O cérebro e a inteligência emocional**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012a.

FLOR, D., CARVALHO, T. A. P. **Neurociência para Educador: Coletânea de subsídios para “alfabetização neurocientífica”**. São Paulo: Artmed, 2011.

HERCULANO-HOUZEL, S. **DVD Neurociências na Educação: Contribuições para a aprendizagem**. São Paulo: Nitta's Digital Vídeo, 2009.

HERCULANO-HOUZEL, S. **DVD Neurociências na Educação: Neurociência do aprendizado**. São Paulo: Nitta's Digital Vídeo, 2009a.

JENSEN, E. **Enriqueça o cérebro: Como maximizar o potencial de aprendizagem de todos os alunos**. Porto alegre: Artmed, 2011.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**. São Paulo: Atheneu, 2001.

MACHADO, A. **Neuroanatomia Funcional**. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 2000.

MARIEB, E. N., HOEHN, K. **Anatomia e Fisiologia**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

MARTINS, J. H. **Neuroanatomia: Texto e Atlas**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

OLIVARES, I. C. **Neuroaprendizagem e Inteligência Emocional**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

OLIVEIRA, Gilberto Gonçalves. **Neurociências e os processos educativos: Um saber necessário na formação de professores**. 2011. 147 p. Dissertação de Mestrado (Educação). UNIUBE, Uberaba/MG.

RELVAS, M. P. **Neurociência e Educação: Potencialidades dos gêneros humanos na sala de aula**. Rio de Janeiro: Wak, 2010.

RELVAS, M. P. **Neurociência na prática pedagógica**. Rio de Janeiro: Wak, 2012.

RELVAS, M. P. **Que cérebro é esse que chegou à escola? As bases neurocientíficas da aprendizagem (org)**. Rio de Janeiro: Wak, 2012a.

SPRENGER, M. **Memória: Como ensinar para o aluno lembrar**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

WEBGRAFIA

ADÃO, A. N. **A ligação entre memória, emoção e aprendizagem.** In: Congresso Nacional de Educação, 11, 2013, Paraná. Disponível em <http://educere.bruc.com.br/ANAIS2013/pdf/9302_6965.pdf> Acesso em 15/05/2014.

AMARAL, V. L. **Como se aprende: O papel do cérebro.** Rio Grande do Norte: Revista do Programa Universidade à Distância UNIDIS/UFRN, 2007, vol. 7, p. 1-20. Disponível em <http://www.iesp-rn.com.br/ftpiesp/Disciplinas%20PROISEP/M%F3dulo%203/7-PSICOLOGIA_DA_EDUCA%C7%C3O_II/Texto%203.pdf> Acesso em 03/05/2014.

COSTA, V. C., AGUIAR, C. L., SANTOS, L. S. **Neurociências e educação: Uma iniciativa do projeto plural.** Ribeirão Preto/SP: Revista Távola Online, 2011, p. 1-12. Disponível em <http://nucleotavola.com.br/revista/wp-content/uploads/kalins-pdf/singles/neurociencias-e-educacao-uma-iniciativa-do-projeto-plural.pdf>> Acesso em 15/04/2014.

CUNHA, M. I. **Diferentes Olhares Sobre as Práticas Pedagógicas no Ensino Superior: a docência e sua formação.** Porto Alegre: Revista Educação, 2004, n. 3, p. 525 – 536. Disponível em <<file:///C:/Users/thaize.tbr/Downloads/397-1466-2-PB.pdf>> Acesso em 23/05/2014.

DEGASPERI, M. **Atenção e emoção: elementos essenciais para a retenção na aprendizagem de língua estrangeira.** Porto Alegre: Revista Letrônica, 2009, vol.2, n.1, p.19. Disponível em <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/letronica/article/viewArticle/5411>> Acesso em 10/05/2014.

DURAN, K. M., VENÂNCIO, L. R., RIBEIRO, L. S. **Influência das Emoções na Cognição.** In: 1º Semestre, 2004, São Paulo. Disponível em

<http://www.ic.unicamp.br/~wainer/cursos/906/trabalhos/Trabalho_E1.pdf>

Acesso em 26/05/2014.

FERREIRA, J. L., CARPIM, L., BEHRENS, M. A. **Do paradigma tradicional ao paradigma da complexidade: Um novo caminhar na educação profissional.** Rio de Janeiro: Revista Eletrônica Senac, 2010, vol. 36, n.1. Disponível em <<http://www.senac.br/BTS/361/artigo5.pdf>> Acesso em 20/05/2014.

FOZ, A. **Janelas de oportunidades.** Porto Alegre: Revista Educação, 2012, vol. 184. Disponível em

<<https://groups.google.com/forum/#!topic/debateprimeirainfancia/R20gUt6vAel>>

Acesso em 23/05/2014.

GOIÂNIA (GO). Universidade Estadual de Goiás. Monografia produzida para o curso de especialização em Psicopedagogia. In: **Aprender – não aprender: Os múltiplos fatores que interferem nesse processo.** Goiás, 2009.

Disponível em <http://www.slmb.ueg.br/paidos/artigos/1_aprender_ao_aprender.pdf> Acesso em 25/05/2014.

GROSS, C. G. **Neurogenesis in the Adult Brain: Death of a Dogma.** Revista Nature, 2000, vol. 1, p. 67-73. Disponível em <<http://www.readcube.com/articles/10.1038/35036235>> Acesso em 26/05/2014.

LOPES, R. B. **As Emoções.** Revista Eletrônica Psicologado, set. 2011, Seção Psicologia Geral. Disponível em <<http://psicologado.com/psicologia-geral/introducao/as-emocoas#ixzz337ln1fVy>> Acesso em 15/05/2014.

MACEDO, E. B. G. **A formação de professores: uma proposta de pesquisa a partir da reflexão sobre a prática docente.** In: Congresso de Educação UEG/UnU Iporá , 2, 2012, Goiás. Disponível em <http://www.cdn.ueg.br/arquivos/ipora/conteudoN/976/CE_2012_35.pdf> Acesso em 12/05/2014.

MALUF, M. I. **Adquirir conhecimentos das Neurociências é essencial aos professores que atuam nas escolas inclusivas.** Direcional Educador, vol. 81,

out. 2011, Seção Entrevistas. Disponível em <<http://www.direcionaleducador.com.br/edicao-81-out/11/entrevista-maria-irene-maluf>> Acesso em 02/05/2014.

MARTINS, M. C. A., MELO, J. M. C. D. **Emoção... Emoções... Que implicações para a saúde e qualidade de vida?** Portugal: Revista Eletrônica Spectrum, 2001, p. 125-148. Disponível em <<http://www.ipv.pt/millenium/millenium34/10.pdf>> Acesso em 18/05/2014.

MARTINS, M. G. T. **Sentimento e emoções no comportamento humano.** Paraíba: Artigos Slideshare, 2013. Disponível em <<http://pt.slideshare.net/mgtmartins>> Acesso em 20/05/2014.

MULLER, R. **Bases cognitivas na construção de nossas realidades.** Sociedade Brasileira de Neurociências, mês/ano?, Seção artigos neurocientíficos. Disponível em <<http://www.sbneurociencia.com.br/drrobertomuller/artigo2.htm>> Acesso em 15/05/2014.

NORONHA, F. **Contribuições da Neurociência para a formação de professores.** Web Artigos, mar. 2008, Seção Educação. Disponível em <<http://www.webartigos.com/artigos/contribuicoes-da-neurociencia-para-a-formacao-de-professores/4590/>> Acesso em 13/05/2014.

NUNES, J. D., CABRAL, C. L. O. **A prática pedagógica dos professores do ensino superior: Algumas considerações.** Piauí: UFPI, ano?. Disponível em <http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/VI.encontro.2010/GT_02_03_2010.pdf> Acesso em 02/05/2014.

OLIVEIRA, A. C. F. **Psicologia: Vida afetiva.** Rio Grande do Norte: Revista de Curso Técnico em Operações Comerciais – Governo Federal, 2008, vol. 8, p. 1-12. Disponível em <http://ftp.comprasnet.se.gov.br/sead/licitacoes/Pregoes2011/PE091/Anexos/Comercio_modulo_I/psicologia/psicologia_08.pdf> Acesso em 23/05/2014.

ORTEGA, F. **História da Neuroscese**. Rio de Janeiro: Revista História, Ciências, Saúde, 2009, vol.16, n. 3, p.621-640. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v16n3/03.pdf>> Acesso em 03/04/2014.

PASCUAL-LEONE, A., FREGNI, F., MERABET, L. B. **The Plastic Human Brain Cortex - A plasticidade do córtex cerebral humano**. Boston/MA: Annual Review of Neuroscience, 2006, Vol. 28, p. 377-401. Disponível em <<http://www.estimulacao.com.br/artigos/lafm.pdf>> Acesso em 21/04/2014.

PALHETA, A. M. S. *et al.* **Neurociência na escola: Uma abordagem diferenciada**. Disponível em <http://formularios.extension.edu.uy/ExtensoExpositor2013/archivos/649_resumen1486.pdf> Acesso em 20/05/2014.

RATO, J. R., CALDAS, A. C. **Neurociência e Educação: Realidade ou Ficção?** Portugal: Actas do VII Simpósio Nacional de Investigação em Psicologia, 2010, p.626-644. Disponível em <<http://repositoriocientifico.uatlantica.pt/jspui/bitstream/10884/652/1/Artigo%20Neuroci%C3%A4ncias%20e%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20JRR%20ACC%202010.pdf>> Acesso em: 16/04/2014.

RODRIGUES, S. D., CIASCA, S. M. **Aspectos da relação cérebro-comportamento: histórico e considerações neuropsicológicas**. São Paulo: Revista Eletrônica Psicopedagogia, 2010, vol. 27, n. 82, p. 117-126. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S0103-84862010000100012&script=sci_arttext> Acesso em 01/04/2014.

ROSSA, A. A. **O Sistema de Recompensa do Cérebro humano**. Rio Grande do Sul: Revista Textual, 2011, vol. 2, n. 16, p. 4-11. Disponível em <http://www.sinpro-rs.org.br/textual/out2012/pdfs/O_Sistema_de_recompensa.pdf> Acesso em 22/05/2014.

SABBATINI, R. **Uma ponte entre a neurociência e a educação**. Revista Eletrônica Noosfera, out. 2009, Seção Ciência e

sociedade, Educação, Neurociência. Disponível em
<<http://noosfera.org.br/?p=54>> Acesso em 28/05/2014.

SANTOS, D. R, ANDRADE, S. **Contribuições da Neurociência**. Argentina: Revista Eletrônica Psicopedagogia On Line, set. 2011, Seção Artigos. Disponível em
<<http://www.psicopedagogia.com.br/artigos/artigo.asp?entrID=1395>> Acesso em 29/05/2014.

SCHÄFFER, R. **No cérebro acontece a aprendizagem**. Rio de Janeiro, mai. 2014, Seção Psicopedagogia e Neurociência. Disponível em
<<http://rejaneschaffer.blogspot.com.br/2014/05/no-cerebro-acontece-aprendizagem.html> > Acesso em 23/05/2014.

SILVA, M. F. M. C., KLEINHANS, A. C. S. **Processos cognitivos e plasticidade cerebral na Síndrome de Down**. Marília/SP: Revista Eletrônica Brasileira de Educação Especial, 2006, vol.12, n.1, p. 123-138. Disponível em
<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-65382006000100009&script=sci_arttext> Acesso em 23/05/2014.

SILVA, M. M., BEZERRA, E. L. **Contribuições das neurociências ao processo de ensino-aprendizagem**. In: Colóquio Internacional, 5, 2011, Sergipe. Disponível em
<<http://www.educonufs.com.br/vcoloquio/cdcoloquio/cdroom/eixo%2014/PDF/Microsoft%20Word%20-%20CONTRIBUICOES%20DAS%20NEUROCIENCIAS.pdf>> Acesso em 16/05/2014.

SOUSA, L. **A importância do professor na educação**. Ebah, dez. 2009, Seção artigos publicados. Disponível em
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfyYAB/a-importancia-professor-na-educacao>> Acesso em 29/05/2014.

TOMAZ, C., GIULIANO, L. G. **A razão das emoções: um ensaio sobre “O erro de Descartes”**. Brasília: Revista Estudos de Psicologia, 1997, p. 407-411.

Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/epsic/v2n2/a13v02n2>> Acesso em 07/05/2014.

VIANA, A. **Instituto Virtual da Glia**. Rio de Janeiro: Revista Bio ICB – Divulgação Científica, 2011. Disponível em <<http://www.icb.ufrj.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=313&sid=427>> Acesso em 25/04/2014.

ZARO, M. A. *et al.* **Emergência da Neuroeducação: a hora e a vez da neurociência para agregar valor à pesquisa educacional**. Rio de Janeiro: Revista Ciências e Cognição, 2010, vol. 15, p. 199-2010. Disponível em <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/viewFile/276/171>> Acesso em 09/04/2014.