

## **Plasticidade neural: as bases neurobiológicas do aprendizado**

**Profa. Dra. Débora de Mello Gonçalves Sant´Ana**

Professora e pesquisadora da Universidade Estadual de Maringá (UEM).  
Farmacêutica, Pedagoga, Mestre e Doutora em Biologia Celular, pela UEM.

*Podemos mudar quem somos, através do que vemos, ouvimos, falamos e fazemos. O importante é treinar as atividades certas do nosso cérebro. Esse processo de aprendizagem é inerente não só à infância, mas também a idade adulta e mesmo ao envelhecimento. Andreasen, 2003.*

O cérebro reúne um conjunto de estruturas determinantes para a interação de cada indivíduo com o mundo em que vive. Sua organização difere ao longo do desenvolvimento, crescimento e envelhecimento e reflete as experiências vivenciadas por cada um. Ferrari, Toyoda e Faleiros (2001) apontam que as relações entre os eventos ambientais e o repertório de respostas comportamentais são produto da história filogenética, ontogenética e cultural de cada indivíduo e resultam em alterações na forma, tamanho e funções do sistema nervoso. Portanto, trata-se de uma estrutura adaptável, passível de sofrer mudanças e transformações e por isso recebe o adjetivo “plástico”. Este termo visa enaltecer sua alta capacidade de adaptação e resposta a estímulos, e, destoa de ideias antigas de que o cérebro seria imutável.

Neste contexto encontramos vários termos que buscam explicar esta capacidade de transformação, por exemplo: plasticidade *neural*, plasticidade *neuronal* e plasticidade *cerebral*. O termo *plasticidade neuronal* refere-se mais especificamente a alterações celulares, envolvendo os neurônios. Já *plasticidade cerebral* indica reorganizações de funções e estruturas cerebrais, localizados, portanto, no maior órgão do sistema nervoso, o cérebro. Por fim, entende-se que o termo mais abrangente seja *plasticidade neural*, que descreve alterações ao nível do sistema nervoso, que pode englobar uma ou ambas as anteriormente descritas. Neste texto, utilizaremos o termo *plasticidade neural* para todos os processos adaptativos, sejam teciduais, funcionais ou estruturais.

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

Como nosso interesse está no aprendizado, uma das funções cognitivas do ser humano, nosso olhar se volta para o cérebro e a plasticidade que acontece neste local. Todavia, temos que ter em mente que processos plásticos ocorrem também em outros locais como a medula espinal, nervos e até mesmo no Sistema Nervoso Entérico (SNE), o chamado segundo cérebro, ou cérebro do Intestino.

Vamos inicialmente pensar no cérebro visto ao nível microscópico, o que chamamos de tecido nervoso. Em cortes muito finos, normalmente após técnicas de coloração, e com ampliação de 400 a 1000 vezes, é possível ver que o cérebro é constituído de dois tipos de células especiais, as células da neuroglia e os neurônios. As células da neuroglia (conhecida como células da glia) representam o maior número de células do cérebro, porém, os neurônios parecem ser essenciais nas funções cognitivas que conhecemos. Consideramos aqui como funções cognitivas aquelas funções cerebrais básicas que possibilitam que recebamos e processemos os diferentes estímulos e as respostas aos mesmos (Maia, 2011). De acordo com este autor, seriam: pensamento, elaboração de raciocínio e da emoção, características estas marcantes do ser humano.

Quando pensamos em neurônios sempre nos vem à mente uma célula repleta de prolongamentos e bastante “ramificada”, ou seja, uma célula que se comunica com muitas outras por meio das sinapses. É a partir destas sinapses que todas as funções cerebrais ocorrem, desde o planejamento e coordenação de atividades motoras, até as cognitivas. Neurônios são células bastante especializadas e são formados no início da vida embrionária. Aproximadamente até o final do primeiro trimestre de vida embrionária o embrião já possui cerca de 80% dos neurônios que terá durante sua vida toda. Nesta fase possuem uma forma diferente do que a encontrada ao longo do desenvolvimento e vida adulta, sendo ainda pouco ramificados e menores. A partir de então, durante o desenvolvimento, passam por crescimento e ramificações, num processo chamado de maturação neural, que ocorre devido a uma forma de plasticidade.

Nos adultos, a maioria dos neurônios perde a capacidade de se dividir e formar novas células, porém, em algumas poucas regiões cerebrais essa propriedade, chamada neurogênese, se mantém (Lent, 2008; Snyder et al, 2011). A neurogênese humana já está bem descrita especialmente numa área cerebral chamada hipocampo, o que contribui com as complexas funções de aprendizado e memória dos seres humanos (Uziel, 2008). Já a capacidade de formar novos prolongamentos e ramificações, alterando grandemente seu formato, direcionamento, tamanho e número de sinapses em resposta às influências ambientais não é perdida (Lazarov; Marr, 2013). Portanto, as mudanças podem envolver

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

alterações morfológicas, mas também metabólicas e neuroquímicas, potencializando as sinapses (Ferrari; Toyoda; Falleiros, 2001).

Mas, neurônios sozinhos não são capazes de desempenhar funções, dependem de conjuntos, os chamados circuitos neuronais. Estes circuitos envolvem um número variável de neurônios localizados a diferentes distâncias, mas, que quando ativados resultam em uma função, que pode ser um movimento, uma sensação, um pensamento, uma memória, uma imagem, etc. Este circuito neuronal é, portanto, a unidade funcional do sistema nervoso, e também do cérebro (Lent, 2008). Os circuitos neurais são verdadeiros sistemas neuronais e são modelados de acordo com as demandas e experiências. A formação de circuitos na vida embrionária e fetal ocorre a partir de programações genéticas e estímulos bioquímicos do próprio meio interno e, posteriormente de estímulos externos que o feto pode perceber já durante os últimos meses da gestação. Durante a formação dos circuitos neurais ocorre a eliminação de numerosos neurônios já que são gerados números excessivos na vida embrionária. Nesta fase da maturação neural além do crescimento e ramificação dos neurônios ocorre a seleção, ou seja, aqueles que não estejam envolvidos em vias neurais passam a ser eliminados, morrendo por um processo chamado de apoptose.

Começamos a nos questionar se durante o nosso desenvolvimento e crescimento quantos de nossos neurônios participaram de circuitos neuronais e sobrevieram, e, quantos foram eliminados? Na sequencia buscamos uma relação entre este número e possíveis diferenças nas habilidades cognitivas humanas. A determinação do número de neurônios traz discussões amplas há muito tempo e, atualmente, o número estimado de neurônios para os seres humanos adultos está em torno de 88 bilhões!! (Lent, 2008).

Todavia, o número absoluto de neurônios não é determinante. Já o número de neurônios corticais parece ser importante, especialmente na diferenciação de nossas funções cognitivas quando comparadas com outras espécies animais da escala zoológica. O córtex cerebral é a camada externa do cérebro, que circunda todas as projeções e reentrâncias denominados giros e sulcos. No córtex estão os neurônios responsáveis pelas principais funções cognitivas superiores. Os humanos têm a maior densidade de neurônios no córtex do que os demais mamíferos (Roth; Dicke, 2005).

Mas, e em relação à comparação entre seres humanos? Neste sentido, Dias (2010) apresenta o termo reserva cognitiva como sendo as “economias neuronais” formadas por circuitos em redundâncias e neurônios com funções divididas com outros, nos adultos. Continua afirmando que o principal fator determinante para a formação desta reserva e

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

sobrevivência de um maior número de neurônios parece ser o nível de desenvolvimento intelectual. Conclui afirmando que a reserva cognitiva é formada a partir da realização contínua de tarefas intelectualmente desafiadoras e que pode ser importante no processo de reabilitação em casos de lesões como Acidentes Vasculares Cerebrais (AVCs).

Na espécie humana, o sistema nervoso é considerado bastante imaturo ao nascimento, já que os bebês são dependentes da mãe por um período relativamente longo, no entanto, há indicativos de que já existe capacidade inicial de aprendizado (Domingues, 2007). Portanto, desde o nascimento o cérebro do bebê está ávido por estímulos que serão determinantes para a sua organização interna e formação de capacidades motoras e cognitivas. O período em que se verificam maiores mudanças no desenvolvimento cerebral, é na infância, quando a criança passa a ter novas experiências. Assim:

“...depois de ocorridas essas mudanças plásticas, a arquitetura do cérebro geralmente se torna mais difícil de modificar no futuro, ou porque os axônios e as sinapses adicionais não estão mais disponíveis, ou porque as vias bioquímicas que modificam a força sináptica mudam com o passar do tempo” (Aamodt; Wang, 2013, p. 76).

A adolescência é também um período dinâmico, o qual apresenta novos interesses e comportamentos bem como também a busca de relacionamentos fora do âmbito familiar. Com isto o cérebro de um adolescente passa também por uma reorganização, atingindo o número de sinapses dos adultos à medida que chega a puberdade. Porém, ao comparar as sinapses realizadas na infância e na adolescência, estas segundo Aamondt e Wang (2013, p. 112), apresentam “[...] um quarto menos de energia do que no início da infância”. Mas, as eliminações de sinapses, as quais são consideradas acontecimentos naturais, não terminam neste período.

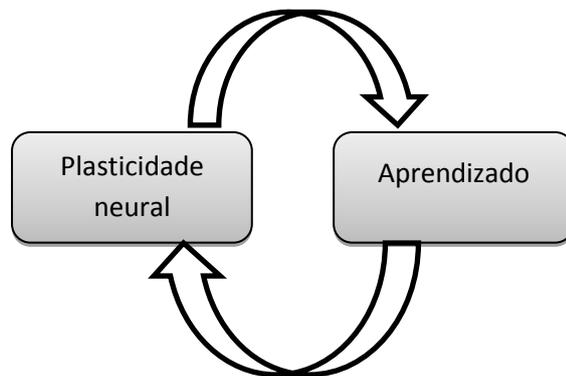
Apesar de não ser o foco deste texto, é preciso apontar que a plasticidade neural pode ter ritmos diferentes em distintas áreas cerebrais, que variam especialmente com a idade. Aos períodos em que predomina a plasticidade em uma área cerebral denomina-se períodos críticos (ou janelas de oportunidade). Domingues (2007) aponta como sendo um período em que ocorrem alterações no cérebro relativa uma função, aumentando sua potencialidade de desenvolvimento e aprendizado daquela(s) habilidade(s).

Com o passar dos anos, na fase adulta a capacidade de conexões sinápticas declina, sendo que neste período é normal a perda de sinapses devido a não utilização das informações armazenadas. Porém a aprendizagem ainda pode ocorrer no período adulto, até a chegada da terceira idade. Damasceno (2009) afirma que com o passar da idade

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

verifica-se atrofia cerebral e dilatação dos sulcos e ventrículos, causados pela perda de neurônios. Porém, ressalta que ao mesmo tempo ocorrem processos regenerativos com aumento dos dendritos dos neurônios remanescente promovendo a reorganização funcional mesmo na velhice, ou seja, plasticidade neural. As aprendizagens adquiridas são armazenadas no cérebro, por meio de neurônios e sinapses, porém podem ocorrer perdas neuronais através de fenômenos naturais, ou questões ambientais (como acidentes, etc). No entanto a aprendizagem nunca irá para, pois com estímulos externos e contatos com ambientes diferentes, sempre haverá algo novo o qual se estimulado e lembrado, será armazenado e os neurônios ativados.

Sobre a relação entre a neuroplasticidade e o aprendizado Borella e Sacchelli (2009) após revisarem a literatura científica concluíram que esta é aprendizado-dependente e não simplesmente uso-dependente. Portanto a plasticidade ocorre por meio do aprendizado assim como o aprendizado estimula a plasticidade.

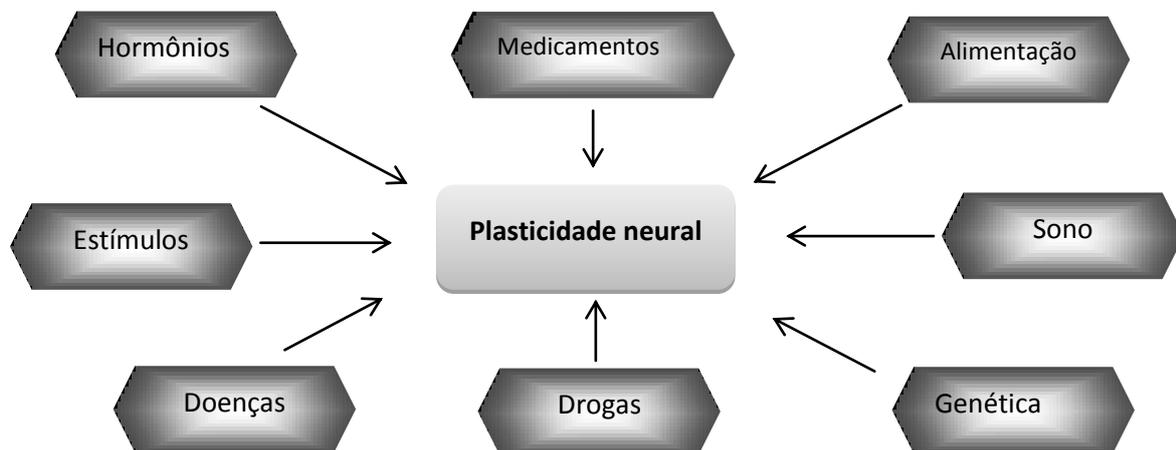


Como os estados mentais são obtidos a partir de diferentes padrões de atividades neurais, a aprendizagem é alcançada por meio de conexões neurais, podendo ser fortalecida ou não, de acordo com a qualidade da intervenção pedagógica (Relvas, 2012). Portanto, a interação com o meio é essencial para a plasticidade, todavia, outros estímulos também tem a capacidade de afetá-la, dentre elas, o uso de substâncias psicoativas, hormônios, medicamentos antiinflamatórios, dieta, fatores genéticos, doenças mentais e lesões cerebrais (Kolb, Gibb, Robson, 2003).

Dentre os hormônios que influenciam a plasticidade estão aqueles envolvidos com a resposta ao estresse, que em excesso podem influenciar negativamente, levando a perdas cognitivas e depressão (Snyder et al, 2011). Os hormônios gonadais também influenciam a estrutura cerebral. Como exemplo, no caso das mulheres, estudos sugerem que a variação hormonal durante o ciclo menstrual induz a ativação de diferentes áreas corticais para a efetivação da linguagem (Fernandez et al, 2011). Ainda sobre os efeitos plásticos dos

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

hormônios sobre a estrutura e função cerebral devemos ressaltar os hormônios gonadais. Atualmente, na abordagem da neurociência, considera-se o processo de diferenciação do cérebro masculino e feminino algo natural iniciado na vida pré-natal pela ação do hormônio testosterona (Domingues, 2007; Lara; Romão, 2013). Estas autoras, bem como os demais estudiosos da neurociência ressaltam que a “influência hormonal na diferenciação e expressão sexual é importante, mas o processo de socialização do indivíduo é reconhecidamente fundamental para a construção da sua sexualidade e terá implicações na expressão sexual” (Lara; Romão, 2013, p.1). Portanto, sem a intenção de reduzir este assunto tão complexo, mas sim de oferecer a percepção de que diferentes fatores influenciam a plasticidade neural apresentamos estas relações hormonais com a formação cerebral.



A plasticidade também é importante na definição ou redefinição de comportamentos. Cada indivíduo tem um padrão característico de comportamento que reflete sua história pessoal de reforço, e, um sistema nervoso único resultante de sua história de interação com o ambiente externo. Portanto, caracterizando uma individualidade neural e comportamental. Esta individualidade contribui para compreendermos respostas distintas aos mesmos estímulos como, por exemplo, nos exercícios de reabilitação ou em atividades desenvolvidas em salas de aula.

Muito tem se falado dos exercícios cerebrais, chamados de “ginástica cerebral”, “neuróbica” ou “malhação cerebral”. Estudos demonstram que o estímulo diferenciado do cérebro realmente contribui para a plasticidade, como por exemplo, os apontados na sequência. Merece destaque o treinamento musical que contribui para a melhora cognitiva

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

em geral por meio de processos neuroplásticos por estimular diferentes vias como a decodificação visual da informação, a atividade motora, a memorização de longos trechos de música e aperfeiçoamento auditivo (Relvas, 2009; Rodrigues; Loureiro; Caramelli, 2010). Ainda envolve emocionalmente os participantes contribuindo para o desenvolvimento de ritmo, percepção auditiva, coordenação motora e controle emocional. Por isso, o convívio com a música, sua prática e audição são elementos essenciais na aprendizagem, reabilitação e manutenção da saúde cerebral e mental.

O treinamento cognitivo também pode resultar em mudanças neuronais significativas que podem ser verificadas até mesmo em exames de imagem mostrando que mesmo idosos inclusive aqueles com comprometimento cognitivo mantem a capacidade de plasticidade. Neste caso, acredita-se que o cérebro organize novos circuitos neuronais visando substituir eventuais perdas celulares (Belleville et al, 2011). Muitos livros tem sido publicado visando oferecer aos leitores atitudes e estímulos simples que mudem a rotina, alterem as vias neurais mais usadas e de algum modo contribuam para a plasticidade neural (Katz; Rubin, 2000; Herculano-Houzel, 2007; ).

É inegável o fato de que novos estímulos e desafios contribuem para a neuroplasticidade. Mas, não é completamente consensual a relação entre o estímulo intelectual como o treinamento de memória e a melhora das funções cognitivas e inteligência. Slagter (2012) apresenta autores que inferem que atividades desafiadoras e significantes contribuem para melhoria no aprendizado por meio do desenvolvimento cognitivo, outros, no entanto, que esta melhora seria resultado de maior motivação.

Independente da compreensão da forma exata, podemos verificar que o treinamento cognitivo é uma forma de promover a neuroplasticidade e o aprendizado e deve ser traduzido como um estilo de vida em que o cérebro é ativo. Vivemos cercados de desafios, novidades, estímulos que usem os diferentes sentidos especiais, certamente contribuem para uma melhor capacidade intelectual. Mas, o que aponto como treinamento cognitivo não é a repetição enfadonha de estímulos de memória como decorar cartões, frases e sequencias numéricas. Na verdade esta “ginástica cerebral” envolve a busca de desafios como aprendizado de novos idiomas, atividades motoras, palavras, entre outras. Este tema tornou-se comum nas livrarias, oportunizando que o cidadão conheça mais sobre este aspecto da neurociência.

Vigotski (1930) apud Silva (2012) sumariza este assunto como:

“Damo-nos cada vez mais conta da manifesta diversidade e do carácter inconcluso das funções cerebrais. É muito mais correto admitir que o cérebro

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

encerra enormes possibilidades para o aparecimento de novos sistemas. Essa é a principal premissa. (Vigotski, 1930 apud Silva, 2012, s/p).

Por outro lado, este “modismo” em busca de um melhor desenvolvimento cerebral, de certo modo, tem promovido o que Ortega (2009) chama de “Autoajuda cerebral” oferecendo respostas mirabolantes e irrealis bem como reforçando a ideia que o autor resume como a “redução da pessoa humana ao cérebro” contribuindo para a “crença de que o cérebro é a parte do corpo necessária para sermos nós mesmos, no qual se encontra a essência do ser humano, ou seja, a identidade pessoal entendida como identidade cerebral” (Ortega, 2009, p.3). Neste sentido, se percebe em muitas áreas uma “*certa rejeição daquilo que se refere ao estudo do cérebro como sendo mecanicista e reducionista, o que é uma interpretação apressada e pouco substancial*” (Silva, 2012, p. 254). Esta autora ressalta que apesar das preocupações e de interpretações equivocadas que possam ser feitas da obra de Vigotski o cérebro e seu funcionamento integrou e deve continuar integrando os fundamentos da psicologia historicocultural, em sua melhor tradição. Sobre a área educacional Silva (2012) complementa que:

“... a escola, permeável e permeando a sociedade, tem sede de saber sobre o cérebro, muitas vezes para continuar justificando seus fracassos através da culpabilização dos alunos, mas outras vezes por querer saber mais desse mundo misterioso que envolve o ensino e a aprendizagem” (Silva, 2012, p. 254).

O risco apresentado pela autora, infelizmente tem sido observado em nosso cotidiano, especialmente com os processos de medicalização vistos diariamente. É lamentável que o conhecimento das características cerebrais que deveria ser libertadora e asseguradora de infinitas possibilidades dentro das diferenças individuais do sujeito tornem-se deterministas e instrumentos de rótulos. Portanto, a abordagem da relação entre neurociência e educação bem como a relação específica entre plasticidade neural e aprendizado deve ser feita ciente da importância de uma abordagem séria e com embasamento científico, sob o risco de cair no modismo ou reducionismo apontados anteriormente. Esta é a linha que temos procurado seguir ao longo de todo este texto, bem como na abordagem educacional apresentada abaixo.

Relvas (2012), ao considerar o conhecimento científico produzido pela neurociência associado ao materialismo histórico que evidencia o desenvolvimento humano não apenas pela genética, mas, também pelo social aponta que a escola deve ser geradora de estímulos que pesquisas relatam resultar em aumento de córtex cerebral. Este desenvolvimento cerebral durante o aprendizado, segundo a autora, estaria relacionado ao que Vigotsky

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

chamou de zona de desenvolvimento proximal. Ainda sobre o papel da escola na plasticidade cerebral aponta que:

“Considerando-se o fato das funções psicológicas serem produto da atividade cerebral, faz-se imprescindível que se compreendam a flexibilidade e mutabilidade do cérebro como sendo um sistema plástico que se modifica no decorrer da história humana, bem como em seu desenvolvimento ontogenético. Essas mudanças ocorrem basicamente pelas diferenças nos padrões de relacionamento estabelecidos entre os homens no curso de sua história, não permitindo, portanto, a dissociação da natureza humana diante das suas relações sociais” (Relvas, 2012, p.129)

Muniz, Silva e Coutinho (2013) afirmam que o conhecimento da neurociência quando aplicado à área da educação e utilizado como base para a pesquisa educacional leva a uma nova abordagem, a qual denomina Neuroeducação.

Acredito que é preciso que os professores e gestores educacionais compreendam as bases do funcionamento e plasticidade neural para oferecer estímulos adequados qualitativa e quantitativamente aos estudantes. O professor precisa revitalizar práticas cotidianas na sala de aula, despertando potencialidades e melhorando as já existentes (Flor; Carvalho, 2011; Relvas, 2012). Acredito, assim como Maia e Thompson (2011) que quando temos a consciência do processo de formação, desenvolvimento e amadurecimento cerebral, o que os autores denominam metacognição, temos recursos valiosos na reabilitação cognitiva e nas adaptações pedagógicas para alunos com necessidades educacionais especiais.

Um dos aspectos importantes é o funcionamento associativo do cérebro, ou seja, toda nova informação é inicialmente comparada com as que já temos anteriormente armazenadas nas diferentes formas de memória (visual, auditiva, motora, etc). A nova conexão neural a ser formada por meio do novo aprendizado ocorrerá ancorada a circuitos já existentes. O novo conhecimento estará, portanto, associado a outro pré-existente. Silva (2012) aponta que a esta formação de memória Vigotski denominou mnemotécnica, ou memorização baseada em sinais, já que um objeto ou informação anteriormente neutro passa a ter a função de signo, assim, no que chama de memorização cultural a conexão se dá através de um sinal qualquer como mediação.

Assim, podemos dizer que o cérebro busca sentido durante o aprendizado, ou seja, a cada novo desafio interpretado como estímulo neural, procura-se associar com a vida cotidiana, as experiências pregressas e atuais, e, assim registrá-lo de forma que possa ser recuperado quando necessário. Toda vez que compreendemos claramente o porquê da informação e facilmente identificamos onde pode ser utilizada temos maior chance de memorizá-la e torná-la parte efetiva da rede neural que se reflete em nossas funções cognitivas. A informação mal compreendida e mal armazenada pode gerar uma forma de

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

confusão mental e, por isso, o educador torna-se responsável por apontar pistas e estabelecer pontes para a construção do conhecimento do educando (Relvas, 2009). Lima (2009) considera que a plasticidade possibilita que o cérebro funcione de forma “interdisciplinar”, já que para novos aprendizados as áreas já desenvolvidas (as memórias já formadas) podem ser “aproveitadas”. Neste contexto, para que haja aprendizado é preciso ter sentido e o professor deve estar sempre atento a esta questão.

Há grande vinculação entre cognição, afetividade, emoções e motricidade. O sistema límbico, parte do cérebro cujas conexões sinápticas iniciam nossas emoções participa do processo de aprendizagem do ser humano, inclusive na escola (Lima, 2009). Considera-se que o novo aprendizado envolva a formação de nova memória que por sua vez depende de áreas cerebrais (como o hipocampo) ligados ao sistema límbico, ou seja, modulado pela emoção. A partir deste conhecimento deve-se ter em mente que toda ação de ensino deve considerar as emoções tanto de quem ensina quanto de quem aprende pois sua interação serão constitutivas nos processos cerebrais envolvidos na aprendizagem (Relvas, 2012; Lima, 2009). Esta autora exemplifica com situações do cotidiano escolar em que o estudante pode sentir-se ameaçado ou amedrontado, o que pode gerar ansiedade e inquietude. Pode ainda gerar uma memória de experiência negativa com uma matéria específica ou de forma generalizada em estar na escola podendo resultar em indisciplina, animosidade, fracasso e evasão escolar. Domingues (2007) afirma ainda que a emoção é decisiva para a criação de parâmetros, e, conseqüentemente aprendizado, já que o cérebro funciona como um todo e envolve desde a individual percepção e o resgate emocional e informativo do registro anterior de memória para que possam organizar novos circuitos.

Muitos outros fatores influenciam a plasticidade neural e conseqüentemente o aprendizado, como, a influência dos ritmos biológicos sobre o aprendizado. O conhecimento da cronobiologia oferece aos professores e gestores a identificação de diferenças individuais quanto aos ritmos circadianos. Portanto, processos como a atenção predominam em algumas horas do dia e a sonolência em outras. Como o aprendizado depende da atenção, nem todos os estudantes terão biologicamente o cérebro preparado para aprender nos mesmos horários. Apesar da maioria dos sujeitos serem capazes de adaptações, alguns, definitivamente matutinos ou vespertinos podem sofrer com mal adaptação que resulta em sonolência, menor aprendizado, agitação e fracasso escolar (Louzada; Menna Barreto, 2007). Deve-se incluir dentro da compreensão de individualidade também o aspecto rítmico.

Ao concluirmos este texto fica a percepção de que o cérebro é realmente um órgão muito complexo e seu funcionamento, a mente ainda mais. Esta complexidade pode ser expressa nas palavras de Nicoletti (2011) de que ao mesmo tempo em que o cérebro é

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

nossa essência, nossos comportamentos e características individuais, também nos torna parte de um coletivo.

Portanto, somos seres únicos e especiais, resultado de nossos genes mas principalmente das oportunidades, impressões, vivências, dores, violências e aprendizados. Mas, apesar de únicos, não estamos prontos, muito pelo contrário, estamos em constante transformação. Aceitar esta condição é investir em melhores condições de função cerebral e mental que resultem em longevidade e qualidade de vida. Também é gerar ações e mecanismos para contribuir com o desenvolvimento completo dos seres humanos sob nossa tutela em uma sala de aula. Devemos nos conscientizar que não podemos definir o futuro ou a essência de um ser humano apenas por poucas e limitadas avaliações que muitas vezes demonstram mais o fracasso de um sistema educacional do que de um ser humano. Portanto que sirva de estímulo aos leitores para estudar e se aprofundar de forma responsável sobre a relação entre a neurociência e a educação.

## REFERÊNCIAS

AAMONDT, S.; WANG, S. **Bem vindo ao cérebro de seu filho**. São Paulo: Cutrix, 2013.

ANDREASEN, N. C. Admirável cérebro novo: vencendo a doença mental na era do genoma. Porto Alegre: Artmed, 2005.

BELLEVILLE, S.; CLÉMENT, F.; MELLAH, S.; GILBERT, B.; FONTAINE, F.; GAUTHIER, S. Training-related brain plasticity in subjects at risk of developing Alzheimer's disease. **Brain Advance access published**, 2011.

BORELLA, M.P.; SACCHELLI, T. Os efeitos da prática de atividades motoras sobre a neuroplasticidade. **Rev. Neurocienc.**, v.17, n.2, 161-9, 2009.

DAMASCENO, B. P. Inteligência, aprendizagem e memória na velhice. In. VALLE, L.E.L.R.; ZAREBSKI, G.; VALLE, E.L.R. **Neurociências na melhor idade**. Ribeirão Preto: Novo Conceito Editora, 2009.

DIAS, A.M. Reserva cognitiva: o novo conceito de plasticidade neural associada às funções superiores. **Neurociências**, v.6, n.1, 2010.

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

DOMINGUES, M.A. **Desenvolvimento em aprendizagem. O que o cérebro tem a ver com isso?** Canoas: Editora da ULBRA, 2007.

FERNANDEZ, G. WEIS, S.; STOFFELL-WAGNER, B.; TENDOLKAR, I.; REUBER, M.; BEYENBURG, S.; KLAVER, P.; FELL, J.; GREIFF, A.; RUHLMANN; REUL, J.; ELGER, C.E. Menstrual cycle-dependent neural plasticity in the adult human brain is hormone, task, and region specific. **The Journal of Neuroscience**, v. 23, n.9, 3790-3795.

FERRARI, E.A.M.; TOYODA, M.S.S.; FALEIROS, L. Plasticidade neural: relações com o comportamento e abordagens experimentais. **Psicologia: teoria e pesquisa**. V.17, n.2, pp 187-194, 2001.

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

HERCULANO-HOUSSEL, S. Fique de bem com seu cérebro. São Paulo: Sextante, 2007.

KATS, L.C.; RUBIN, M. **Mantenha seu cérebro vivo**. São Paulo: Sextante, 2000.

KOLB, B.; GIBB, R.; ROBINSON, T.E. Brain Plasticity and Behavior. **Current directions in psychological science**. V.12, n.1, 2003.

LARA, Lucia Alves Da Silva; ROMAO, Adriana Peterson Mariano Salata. A diferenciação do cérebro masculino e feminino. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet.**, Rio de Janeiro , v. 35, n. 2, Feb. 2013.

LAZAROV, O.; MARR, R.A. Of mice and men: neurogenesis, cognition, and Alzheimer’s disease. Front Aging Neurosci. August 2013, V. 5, article 43, doi: 10.3389/fnagi.2013.00043.

LENT, R. Neuroplasticidade. In: LENT, R. **Neurociência. Da mente e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LIMA, E.S. **Neurociência e aprendizagem**. São Paulo: Editora Interlia, 2009.

LENT, R.; UZIEL, D.; FURTADO, D.A. Neurônios. In: CARVALHO, H.F.; COLLARES-BUZATO, C.B. **Células. Uma abordagem multidisciplinar**. São Paulo: Manole, 2005.

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

LOUZADA, F.; MENNA-BARRETO, L. **O sono na sala de aula. Tempo escolar e tempo biológico.** Rio de Janeiro: Vieira e Lent, 2007.

MAIA, H. Funções cognitivas e aprendizado escolar. **In:** MAIA, H. (org), **Neurociências e desenvolvimento cognitivo**, Rio de Janeiro: Wak Editora, 2011.

MAIA, H.; THOMSOM, R. Cérebro e aprendizagem. **In:** MAIA, H. (org), **Neurociências e desenvolvimento cognitivo**, Rio de Janeiro: Wak Editora, 2011.

MUNIZ, M.; SILVA, L.C.; COUTINHO, A.R. Análise de planos de disciplinas relacionadas às neurociências, neuropsicologia e neuroeducação nos cursos de Pedagogia (2013). **Trilhas Pedagógicas**, v. 3, n. 3, Ago. 2013, p. 103-118.

NICOLELIS, M. **Muito além do nosso eu.** São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

ORTEGA, F. Neurosciences, neuroculture and cerebral self-help. *Interface - Comunic., Saude, Educ.*, v.13, n.31, p.247-60, out./dez. 2009.

ORTEGA, F. O sujeito cerebral e o movimento de neurodiversidade. **Mana.** 14(2): 477-509, 2008.

RELVAS, M.P. **Fundamentos Biológicos da Educação.** Despertando inteligências e afetividade no processo de aprendizagem. 4ª ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2009.

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

RODRIGUES, A.C.; LOUREIRO, M.A.; CARAMELLI, P. Musical training. Neuroplasticity and cognition. **Dement neuropsychol**, V.4., N.4, 277-286, 2010.

ROTH, G.; DICKE, U. Evolution of the brain and intelligence. **TRENDS in Cognitive Sciences** Vol.9 No.5, 2005.

Slagter, H. Conventional working memory training may not improve intelligence. **Trends in Cognitive Sciences**, , Vol. 16, No. 12, 2012.

SILVA, C.L. **Concepção histórico-cultural do cérebro na obra de Vigotski.** Tese apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do

Texto no prelo para publicação nos Anais do I Colóquio Nacional Cérebro e Mente, realizado pelo curso de Filosofia da PUC – PR campus Maringá.

título de Doutora em Educação Área de concentração: Psicologia e Educação, 2012.

SNYDER, J.S.; SOUMIER, A.; PICKEL, J. CAMERON, H.A. Adult hippocampal neurogenesis buffers stress responses and depressive behavior. **Nature**, v.476, 2011.

UZIEL, D. O desenvolvimento do cérebro e do comportamento. In: LENT, R. **neurociência. Da mente e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.