

Teoria do Sistema Funcional

Leandro Kruszielski

A Teoria do Sistema Funcional



Alexander Romanovitch Luria

Alexander Romanovich Luria foi um russo que viveu no século passado (1902-1977) e é considerado o pai da Neuropsicologia moderna, sendo inclusive o criador deste termo. Trabalhou junto com Lev Semionovich Vygotsky e Alexei Leontiev na construção de uma Psicologia com uma fundamentação filosófica marxista-dialética.

Luria conseguiu observar dialeticamente o movimento histórico das neurociências: enquanto o localizacionismo de Gall, Wernicke e Broca poderiam ser entendidos como uma tese, a antítese estava no unitarismo de Hughlings Jackson e Flourens. O próximo movimento esperado seria a síntese. Se, por um lado, cada área do cérebro era descrita como responsável por uma função mental específica e, por outro, o cérebro em sua totalidade era tido como responsável por todas as funções, Luria propõe sinteticamente que os dois modelos, de certa forma, estavam certos e errados ao mesmo tempo. Cada área cerebral seria responsável, sim, por uma especificidade mas também estas áreas atuavam conjuntamente, na forma de um sistema dinâmico e integrado, utilizando

todo o sistema nervoso. Luria lança a idéia de Sistema Funcional¹.

Embora a idéia original de Sistema Funcional seja de outro conterrâneo seu, Pyotr Kuzmich Anokhin (1898-1974), Luria conseguiu ampliá-la, aplicando-a ao Sistema Nervoso Central humano. Para isto realizou a revisão de três conceitos: função, localização e sintoma, que veremos a seguir.

Para Luria, a função cerebral não pode ser entendida como a função de uma área em particular, assim como a função respiratória não é "propriedade" apenas do pulmão, mas de todo o sistema respiratório. A função passa a ser entendida como um sistema funcional completo e complexo, sem reduzir uma atividade cognitiva complexa a uma ou poucos agrupamentos neuronais específicos.

Também agora a localização perde o sentido se estiver limitada a busca áreas específicas para funções específicas. O objetivo da localização para Luria é determinar quais as regiões do cérebro estão trabalhando conjuntamente para construir uma atividade mental complexa e qual é a contribuição de cada uma destas áreas ao sistema funcional completo.

Quanto ao sintoma, não se trata agora de um distúrbio de alguma área um função determinada. A idéia do sistema funcional é buscar a identificação do fator básico que está por trás do sintoma observado. O que causa o sintoma é mais importante que o sintoma em si.

Vejamos, por exemplo, a dislexia. Se pensarmos apenas no sintoma corremos o

¹ Não por acaso a história das neurociências contada por Luria adquire tonalidades dialéticas. Luria, assim como Vygotsky, estavam empenhados em construir uma psicologia marxista e, para tal, utilizavam a teoria materialista histórico-dialética como fundamento filosófico. O mesmo ocorre quando Vygotsky procura resolver a "crise da psicologia" em sua obra.

risco de cair na tautologia, ou seja, dizer a mesma coisa com termos diferentes. “A criança não lê porque é disléxica. E é disléxica porque não lê.” Assim, não se sai do lugar e, muito menos, se resolve o problema. A proposta do sistema funcional é buscar onde está a falha no sistema funcional, qual a rota neuronal utilizada e porque ela não está sendo eficiente. Não se trata de associar uma área específica ou mesmo uma única função. Uma atividade mental complexa como é a leitura só poderá ser verdadeiramente compreendida em toda a sua complexidade.²

Por mais que as funções mais primárias ainda possa ser localizadas, as funções mentais geralmente envolvem regiões que, mesmo que sejam diferente e estejam distantes entre si, atuam em conjunto. Ou em concerto, como o próprio Luria se referia. Tal qual uma orquestra em que cada músico faria seu papel específico na obra a ser executada sem que nenhum atuaria sozinho, sempre precisaria do auxílio de todos. Assim como nem todas as áreas cerebrais atuam ao mesmo tempo, da mesma forma nem todos os músicos tocam sempre ao mesmo tempo. Existem momentos corretos para cada músico (e cada grupo neuronal) entrar em ação e fazer a sua parte. Isto garante a harmonia e a totalidade da ação cerebral e da música orquestrada.

Fenômenos psicológicos como percepção, memória, imagem corporal ou atenção podem ser considerados produtos do processamento de diversas áreas cerebrais que, trabalhando em concerto, proporcionam a função requerida, sendo que cada zona cerebral individual contribui com um fator específico ao processo. Delimitar áreas específicas do cérebro como sendo responsáveis por funções cognitivas específicas (tal como realizava a concepção localizacionista) é um erro. Da mesma maneira, outra atitude errônea é admitir que as formas complexas de atividade mental estão relacionadas ao

funcionamento de todo o cérebro, como entendia a concepção unitarista.

No modelo de sistema funcional, existe a presença de uma tarefa constante, que é invariável, mas é desempenhada por mecanismos diferentes, que são variáveis. Voltando ao exemplo da leitura, o objetivo (ler) e o resultado (a leitura em si) são invariáveis. No entanto, os mecanismos são variáveis, pois a leitura pode ocorrer, por exemplo, por uma rota fonológica ou por uma rota semântica, utilizando zonas cerebrais diferentes. O resultado é o mesmo, mas o processo mudou. Isto apenas pode ser entendido se tomarmos a concepção de sistema funcional como modelo.

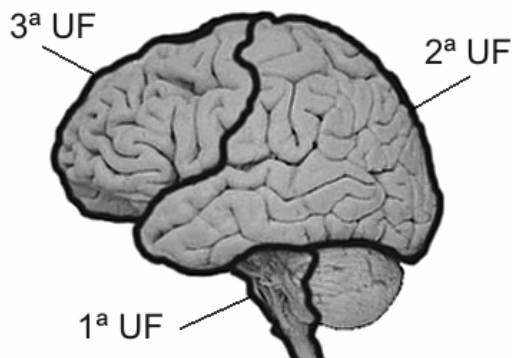
As Unidades Funcionais

Luria pensou o Sistema Nervoso Central como estruturado hierarquicamente de uma forma vertical. As estruturas inferiores serviriam de base para as atividades das estruturas superiores. O funcionamento adequado das estruturas superiores, portanto, dependeria do funcionamento das estruturas inferiores. Quanto mais acima na hierarquia, mais as estruturas seriam novas na filogênese e na ontogênese³, mais seriam elaboradas e seria, até mesmo, mais frágeis.

A divisão dentro desta hierarquia foi em três grandes unidades funcionais. A primeira unidade funcional foi descrita como a responsável pela vigília e pelo tônus cortical. A segunda unidade funcional era a encarregada de receber, processar e armazenar as informações que chegavam do mundo externo e interno. E a terceira unidade funcional regularia e verificaria as estratégias comportamentais e a própria atividade mental.

² Esta visão sistêmica ainda hoje é pouco compreendida. Não é raro encontrarmos pais, familiares e até mesmo profissionais da área da educação querendo encontrar “a área cerebral afetada” que estaria causando uma dificuldade de aprendizagem.

³ A filogênese se refere à história evolutiva da espécie, no nosso caso, a espécie humana. Como foi que as estruturas anatômicas evoluíram e se transformaram durante milhares de anos... Já a ontogênese está relacionada com a história individual, do organismo. Ou seja, como se dá o desenvolvimento de um ser desde a sua concepção até seus momentos finais.



Primeira, segunda e terceira unidades funcionais

Vejamos a primeira unidade funcional. Esta unidade depende principalmente de uma estrutura chamada tronco cerebral (também conhecido como tronco encefálico). O tronco se situa entre a medula e o cérebro propriamente dito. Na parte de trás do tronco há uma rede de neurônios chamada de formação reticular. Este nome se origina exatamente do formato de rede que esta região possui, diferente do agrupamento linear por feixes, conforme se percebe na maior parte do sistema nervoso. Além de possuir uma configuração estrutural diferente, a formação reticular também não obedece à lei do tudo-ou-nada, conforme a maioria dos neurônios. Se um determinado potencial de ação, uma determinada carga elétrica, chega até o terminal sináptico, assim ela é transmitida. Isto garante intensidades diferentes na transmissão sináptica: estímulos fracos, moderados e fortes são transmitidos de acordo com sua intensidade.

A compreensão disto é importante para que entendamos as funções do tronco cerebral. A primeira delas é a regulação do ciclo sono-vigília. É esta área cerebral que determina o quanto estamos despertos ou o quanto estamos dormindo. E todos os estados atencionais entre o sono e a vigília. É por isso que não conseguimos acordar ou dormir de uma vez só. A condução a estes estágios é gradual, tal qual a transmissão nervosa do sistema reticular. Apenas conseguimos nos despertar e adormecer lentamente, tentar apressar o processo pode trazer conseqüências indesejáveis. Pois não se trata de nada mais do que a estimulação e a desestimulação que o tronco cerebral (em

especial a formação reticular) realiza sobre o córtex cerebral.⁴

Luria nomeia o fenômeno como regulação do tônus cortical. Para atuar adequadamente o córtex precisa estar em um estado ótimo de tonificação, ou seja, deve estar preparado para executar suas funções. E quem “liga” e “desliga” e dá toda a gradação de tonicidade ao córtex é justamente a primeira unidade funcional. Para executar uma tarefa mais longa, o tronco prepara o cérebro para isto. Para tarefas mais curtas, idem.

Há um feixe de neurônios que conecta a primeira unidade funcional com a terceira, chamado de Sistema Reticular Ascendente. Este sistema leva impulsos para o córtex pré-frontal, ou seja, para o topo da hierarquia neural: por isto ascendente. Há também um grupo de feixe neuronal que faz o caminho inverso, do córtex pré-frontal para o tronco, o Sistema Reticular Descendente. É a partir deles que conseguimos regular uma certa intenção para nos mantermos despertos, atentos ou adormecidos.

Lesões na terceira unidade funcional podem levar à dificuldades atencionais, na desregulação do ciclo sono-vigília ou até mesmo o coma, dependendo da localização e extensão desta lesão.

Já a segunda unidade funcional, que tem a função de receber, analisar e armazenar as informações, é composta pela parte posterior do córtex cerebral. Entre o lobo frontal e o parietal há um sulco cerebral, chamado de sulco central. É justamente este elemento anatômico que divide o cérebro em sua parte anterior e posterior. A segunda unidade funcional, esta portanto na parte posterior, abarca os lobos occipital, temporal e parietal.

⁴ É possível acordar ou adormecer de uma vez só, instantaneamente? Não, justamente pelo sistema reticular não trabalhar com a lei do tudo-ou-nada. É por isso que conseguimos adormecer lentamente e acordar lentamente, nunca de supetão. Se os neurônios desta região fossem diferentes, quem sabe se o nosso comportamento de sono e vigília não seria muito diferente?

Entre as funções processadas estão a visão, a percepção tátil-cinestésica, a audição, a orientação espacial e a linguagem receptiva. É na segunda unidade funcional que ocorre a sensação e a percepção a partir dos sentidos. Cabe a ela receber e analisar as informações que chegam os órgãos sensoriais, interpretando-as e atribuindo significado. A memória também está relacionada com esta unidade funcional.

E a terceira unidade funcional, finalmente, tem o papel de programar, regular e verificar a atividade mental. É constituída pelo córtex cerebral situado na região anterior do cérebro, a saber, o lobo frontal. A motricidade, a intencionalidade, o planejamento e a linguagem expressiva encontram-se entre as funções mentais envolvidas. É possível afirmar, genericamente, que a terceira unidade funcional é responsável pelas funções executivas.

Esta unidade é a última a surgir tanto na filogênese e como na ontogênese. O ser humano é a espécie que, proporcionalmente ao tamanho do corpo, possui o lobo frontal mais desenvolvido. Tanto em relação ao seu tamanho físico quanto na relação entre a qualidade das ligações neuronais nesta região. E a terceira unidade funcional é também a última região do Sistema Nervoso a completar sua mielinização, consolidando fortemente em torno dos 6 anos de idade, aos 12 e concluindo apenas no início da idade adulta.⁵

Por mais que estudemos as unidades funcionais e mesmo as funções mentais isoladamente, sempre é necessário que fique claro que todas elas atuam sempre em conjunto. Uma função mental nunca é o resultado de apenas uma unidade funcional, mas das três. A percepção, por exemplo. É necessário que a primeira unidade forneça o tônus cortical necessário, a segunda realize a análise e a síntese das informações que chega e a terceira execute os movimentos de busca

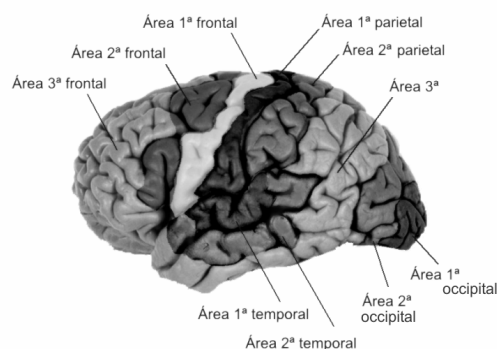
⁵ Se a primeira unidade funcional prepara o cérebro para agir, deixando-o atento, o papel da segunda unidade funcional é justamente informá-lo e o da terceira unidade é fazê-lo agir, torná-lo ativo!

controlados que conferem à percepção o seu caráter ativo.

Áreas corticais na segunda unidade funcional

Na teoria do Sistema Funcional, Luria além de descrever as três unidades funcionais e as suas atuações em concerto de forma hierárquica⁶, também descreve o funcionamento das áreas corticais da segunda e terceira unidades funcionais.

Para o autor são basicamente três os grupos em que se dividem os neurônios no córtex, de acordo com sua morfologia e função, compreendendo as áreas primárias, secundárias e terciárias.



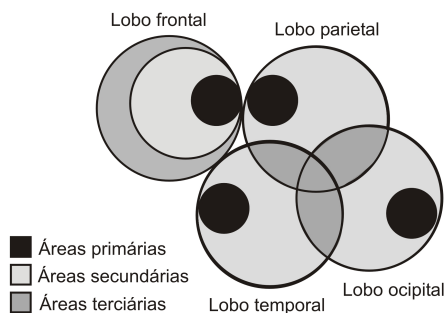
Localização das áreas primárias, secundárias e terciárias no córtex cerebral

Na segunda unidade funcional as áreas primárias, também conhecidas como áreas de projeção, são grupos de neurônios que respondem somente à propriedade muito específicas do estímulos. Nas áreas visuais primárias, por exemplo, existem agrupamentos neuronais próprios para processar informações apenas de cor, de forma ou de movimento. No caso das áreas auditivas primárias, há grupos específicos para cada frequência sonora!

⁶ Quando afirmamos que o Sistema Funcional de Luria é hierárquico, esta afirmação não apenas se refere às unidades funcionais, mas também à ordem existente entre a conexão de camadas de neurônios presentes nestas unidades funcionais. Como alerta, vale lembrar que devemos cuidar para não confundir a primeira, segunda e terceira unidade funcional com as áreas primárias, secundárias e terciárias do córtex cerebral.

Nas áreas primárias a informação ainda é desconstruída e não chega a formar uma imagem (quer seja ela uma imagem visual, auditiva ou somestésica). Por isto as áreas primárias são responsáveis apenas pela sensação. A percepção, que podemos entender como a formação de uma imagem, só começa a aparecer nas áreas corticais secundárias, também chamadas de gnósticas. *Gnosia* em grego significa conhecimento, é justamente isto que as áreas secundárias propiciam. Ao formar uma imagem, conseguimos reconhecê-la (como sendo o formato de cortador de unha ao toque das mãos, a voz da mãe pelo telefone ou a visão de uma bicicleta antiga que passa em frente à janela).

Já as áreas terciárias são chamadas de áreas de superposição, ou de integração, pois relacionam as informações de fontes diferentes, possibilitando que os lobos corticais posteriores atuem em concerto. As percepções auditivas se integram com as visuais e táteis, como quando, depois de ouvir o barulho de uma moeda caindo, vemos a moeda e pegamos nas mãos, sentido-a. A integração das áreas terciárias permitem um nível maior de abstração e simbolismo, relacionando a linguagem com todas as informações que estão sendo processadas.



Representação esquemática das áreas corticais

Por isso a passagem das áreas primárias para as terciárias é a transição da síntese direta para o nível de processos simbólicos mais complexos, atividade cerebral esta que gostamos de pensar como tipicamente humana. Se nas áreas primárias ocorre a sensação e nas secundárias a percepção, nas áreas terciárias podemos afirmar que ocorre a cognição.

Luria apresenta três leis que governam a estrutura de funcionamento das regiões corticais individuais. A primeira, chamada

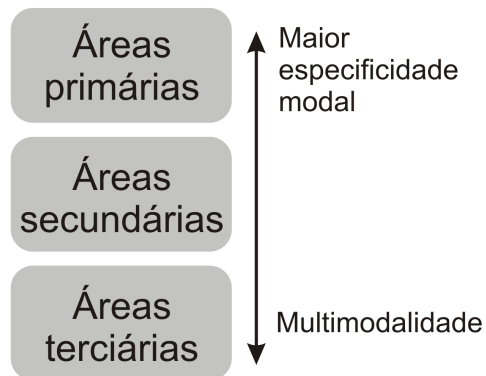
de **lei da estrutura hierárquica** das zonas corticais. Esta lei afirma que há uma síntese progressivamente mais complexa das informações que chegam. As áreas terciárias organizam a atividade das secundárias, que organizam a atividade das primárias. Um trabalho de síntese cada vez mais complexo. O trabalho de síntese ocorre primeiro em uma mesma modalidade sensorial (nas áreas secundárias) e depois por uma multimodalidade (nas áreas terciárias) deixando o processo mais rico e complexo.

Interessante notar que este caminho das áreas primárias para as terciárias é típico na organização funcional da criança pequena, realizando uma rota ascendente, também conhecida como de-baixo-para-cima. O contrário ocorre com o adulto: um processo descendente, ou de-cima-para-baixo. As áreas terciárias começam organizando e coordenando as secundárias e estas assim realizam também com as primárias. Ou seja, o caminho neuronal é diferente no adulto e na criança sendo esta uma das razões para que lesões com a mesma localização tenha efeitos tão diversos dependendo da idade em que ocorrem.⁷

A segunda lei é a **lei da especificidade decrescente** das zonas corticais hierarquicamente organizadas. Os neurônios das áreas primárias possuem uma especificidade modal muito grande que vai diminuindo nas áreas secundárias até se tornar multimodal nas áreas terciárias. Isto significa os neurônios que estão presentes nas áreas primárias só executam atividades muito específicas e

⁷ Já percebeu como a maneira que um adulto lê um texto é muito diferente da maneira como uma criança recém alfabetizada o faz? O adulto frequentemente "adivinha" o conteúdo de determinada palavra antes de lê-la e, não é raro também que aconteça, acaba muitas vezes "lendo" palavras que não estão presentes no texto. Uma criança limita-se ao que está escrito. Isto porque uma das rotas de leitura usualmente utilizadas por adultos é descendente (das áreas terciárias para as primárias) enquanto para a criança é ascendente (das áreas primárias para as terciárias). Por isso o adulto frequentemente imagina o conteúdo das palavras que lê com as áreas terciárias e as áreas primárias apenas confirmam (ou refutam) o que foi imaginado.

não processam informações diferentes para o que não foram designados: um neurônio responsável pela sensação do polegar do pé, por exemplo, dificilmente processará uma sensação da orelha. Já um neurônio das áreas terciárias, não só processa informações origens diferentes, como de modais diferentes: consegue integrar estímulos auditivos com visuais, por exemplo.



Desse modo, as áreas secundárias e terciárias, com seus neurônios multisensoriais e associativos realizam um papel organizador e integrador no funcionamento das áreas mais específicas, ou seja, as áreas primárias. Isto, em última instância, dá sentido e senso de unidade às informações recebidas na segunda unidade funcional.

Como terceira lei, temos a **lei da lateralização progressiva das funções**. Sabemos que os hemisférios cerebrais realizam um processamento diferente entre si. Algumas regiões no entanto, funcionam da mesma forma em ambos os hemisférios. É o caso das áreas primárias, que possuem um papel idêntico tanto no hemisfério esquerdo quanto no hemisfério direito. Mas se nos voltarmos para as áreas secundárias e terciárias perceberemos que estas já realizam papéis diferentes de cada lado do cérebro. Nas áreas terciárias há uma maior lateralização, ou seja, uma especificidade hemisférica melhor definida.

Geralmente o hemisfério esquerdo é chamado de dominante e o hemisfério direito de contra-dominante (ou subdominante), justamente pela linguagem

ser específica do hemisfério dominante.⁸ Isto garante a assimetria cerebral, ou seja, que os hemisférios sejam diferentes e, por isto, desempenhem funções diversificadas, mas complementares.

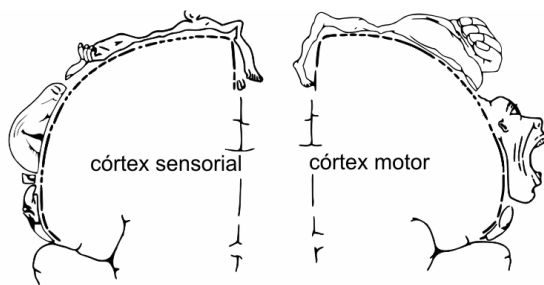
Seguindo estas três leis, todo córtex posterior é organizado em seus lobos. No lobo occipital as áreas primárias recebem a informação visual do nervo óptico. A cor, a forma e movimento são processados de modo isolado por neurônios específicos, criando a sensação visual. Cada ponto do campo visual equivale a um ponto na retina que, por sua vez, será processado por um grupo distinto de neurônios. Estas informações passam para o córtex secundário que consegue integrar, por exemplo, cor e forma, criando uma imagem visual, uma percepção. Estas informações agora são passadas para as áreas terciárias, que são áreas comuns de todos os lobos cerebrais e a imagem ganha contornos mais elaborados integrando-se com a audição e a percepção tátil. Inclui-se aí também o papel da própria linguagem e da orientação espacial.

No lobo temporal as áreas primárias são especializadas em ouvir frequências sonoras muito específicas, criando uma sensação auditiva. A área secundária une tais informações e consegue criar uma imagem auditiva, que pode ser uma palavra, um acorde musical, o timbre de uma voz ou algum instrumento musical ou o som característico de algum objeto, como o de um caminhão. As áreas terciárias integram aos outros sistemas.

No lobo parietal as áreas primárias cada neurônios processam áreas corporais distintas. A representação corporal que ocorre nas áreas primária parietais é denominada Homúnculo de Penfield, em homenagem a Wilder Penfield (1891-1976), médico americano que descobriu a função desta região cerebral. Em formato de um pequeno homem (por isso a designação

⁸ Geralmente se afirma que para os destros o hemisfério esquerdo é o dominante e o hemisfério direito é o dominante para os canhotos. Isto é quase verdade. O hemisfério esquerdo é o dominante para 95% dos que possuem preferência manual para a mão direita e para 70% dos que preferem a mão esquerda.

“homúnculo”), esta representação possui algumas áreas aumentadas como as mãos e os lábios. Isto significa que há muitos mais neurônios na área primária responsáveis em receber a estimulação destas regiões corporais do que de outras, como as costas, por exemplo. As áreas secundárias integram as informações que provêm das áreas primárias, criando uma imagem tátil e novamente as áreas terciárias criam uma cognição complexa a partir destes estímulos e de outros estímulos sensoriais.



Homúnculo de Penfield sensorial e motor

Áreas corticais na terceira unidade funcional

Na terceira unidade funcional, o lobo frontal, também estão presentes as áreas primárias, secundárias e terciárias.

Mas neste caso o caminho é inverso: as áreas pré-frontais, cujos neurônios pertencem às áreas terciárias, são os responsáveis pelo planejamento e pela intencionalidade. Qualquer intencionalidade

de movimento, por exemplo, inicia-se pelas áreas terciárias (que também são pouco específicas, podendo atuar em qualquer nível de intenção, não apenas do movimento).

Enquanto isto, as áreas primárias são responsáveis pelo movimento direto de partes específicas do corpo. Assim como existe um homúnculo de Penfield sensitivo nas áreas primárias parietais, existe um homúnculo de Penfield motor nas áreas primárias frontais. Cada grupo de neurônios é responsável pelo movimento de apenas uma parte limitada do corpo. Como na sensibilidade, existem variações em torno do número de neurônios envolvidos em cada área, algumas regiões, como as mãos, possuem muitas células nervosas responsáveis pelos movimentos pois a motricidade nesta área é bastante complexa.

As áreas secundárias frontais estão entre a intenção e o movimento bruto: são elas que conseguem coordenar os movimentos, deixando-os mais graciosos e harmonizados.

Assim, a rota na terceira unidade funcional parte das áreas terciárias (intenção) para as secundárias (coordenação) para, finalmente, as primárias (movimento) que realizam o comportamento desejado.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. M.; SANTOS, F. H.; BUENO, O. F. A. **Neuropsicologia Hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004
- FUENTES, D.; MALLOY-DINIZ, L. F.; CAMARGO, C. H. P. (Orgs.) **Neuropsicologia: Teoria e Prática**. Porto Alegre: Artmed, 2008
- GAZZANIGA, M. S.; HEATHERTON, T. F. **Ciência Psicológica: Mente, Cérebro e Comportamento**. Porto Alegre: Artmed, 2005
- KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSEL, T. M. **Fundamentos da Neurociência do Comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997
- LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**. São Paulo: Atheneu, 2001
- LURIA, A. R. **Fundamentos de Neuropsicologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: EDUSP, 1981.