

# A implementação de processos de leitura no cérebro humano: desvelando a compreensão leitora

*The implementation of reading processes in the brain: unveiling reading comprehension*

Lêda Maria Braga Tomitch

Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – Santa Catarina – Brasil



**Resumo:** O objetivo desse trabalho é fazer um apanhado geral da literatura no que se refere à implementação dos processos cognitivos da leitura no cérebro humano, tentando mostrar a arquitetura neural que dá suporte ao processamento da compreensão leitora. O estudo procura discutir os achados em termos dos níveis de compreensão leitora investigados: decodificação, compreensão literal e compreensão inferencial.

**Palavras-chave:** Compreensão leitora; Neuroimagem; Cérebro

**Abstract:** The objective of this study is to give an overview of the neuroimaging research results in the area of reading comprehension and to try to show the neural architecture that supports discourse processing, signaling to the implementation of the component processes of reading in the brain. The study tries to relate and discuss the latest neuroimaging research findings in terms of each of the component processes of reading comprehension: decoding, literal comprehension and inferential comprehension.

**Keywords:** Reading comprehension; Neuroimaging; Brain

## Introdução

Com o advento das novas tecnologias, o processo de leitura, tradicionalmente visto como uma ‘atividade privada’, e, portanto, ‘não aberta à observação direta’ (DAVIES, 1995), tem se revelado, principalmente na última década, com as ferramentas que permitem a coleta de dados cerebrais durante a execução de uma tarefa cognitiva. Ferramentas tais como a eletroencefalografia (ERP – Event Related Potentials), a tomografia por emissão de pósitrons (PET – Positron Emission Tomography) e a ressonância magnética funcional (fMRI – functional Magnetic Resonance Imaging) têm permitido aos pesquisadores observar o processo de compreensão leitora mais de perto e a ter acesso a imagens do cérebro humano em atividade, enquanto o leitor executa uma tarefa de leitura. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é fazer um apanhado geral da literatura no que se refere à implementação de processos cognitivos de leitura no cérebro humano, procurando discutir os achados em termos dos níveis de compreensão leitora investigados- decodificação, compreensão literal e compreensão inferencial (GAGNÉ et al., 1993). Para atingir seus objetivos, o presente trabalho está organizado da seguinte forma: inicialmente será feita

uma contextualização, trazendo um breve histórico das abordagens metodológicas que buscam dados cerebrais; em seguida serão apresentados os principais achados dos estudos na área da neurociência, no que se refere às bases cerebrais da leitura; e por último algumas considerações finais serão tecidas acerca dos avanços decorridos das novas ferramentas tecnológicas no campo de pesquisa em leitura.

## Abordagens metodológicas que buscam dados cerebrais

Passava da meia-noite e o hospital dormia. Aqui ou ali um paciente gritava ou chorava. Ninguém viu Rob retirar os objetos de Qasim do pequeno quarto. Quando estava carregando a mesa de madeira encontrou um enfermeiro, mas a falta de funcionários deu ao homem coragem para desviar a vista e passar apressado pelo hakim, temendo que o encarregasse de mais trabalho do que já tinha para fazer. Na sala, Rob colocou uma tábua sob duas pernas da mesa, inclinando-a, e no chão, no lado mais baixo, colocou uma bacia. Precisava de muita luz e percorreu o hospital roubando quatro lampiões e uma dúzia de velas que colocou em volta da mesa como se fosse um altar. Então, apanhou

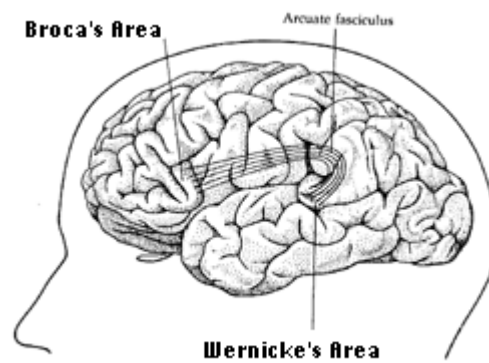
Qasim na sala dos mortos e o deitou na mesa. Mesmo durante a agonia de Qasim, Rob sabia que ia violar o mandamento. Porém, agora que o momento tinha chegado, mal podia respirar. Não era um egípcio antigo embalsamador que podia chamar um desprezível para abrir o corpo e arcar com a culpa. O ato e o pecado, se fosse pecado, seriam só seus. Escolheu um bisturi curvo com tenta na ponta e fez a incisão, abrindo o abdome do esterno até a virilha. A carne se abriu estalando e começou a porejar sangue. ... Trecho do livro *O Físico (The Physician)*, de Noah Gordon (1988, p. 369-370).

O romance épico de Noah Gordon se passa na antiga Pérsia, no século onze, na época medieval, o que torna a busca por conhecimentos médicos pelo protagonista ainda mais árdua e perigosa. Não só não havia ferramentas que possibilitavam a investigação em seres vivos das inúmeras doenças que assolavam a humanidade naquele momento, como os fortes princípios religiosos em vigor vedavam o exame *post-mortem*, incluindo a dissecação, sob pena de o infrator ter que pagar o ato com a própria morte. Dessa forma, o nosso protagonista não vê outra saída, a não ser arriscar-se na calada da noite, numa salinha escura, vasculhando o corpo de um paciente recém-falecido no hospital em que trabalha, em busca de respostas que poderiam auxiliar em diagnósticos futuros, e assim, possivelmente, evitar óbitos.

Paul Broca (1824-1880) e Carl Wernicke (1848-1904) não tiveram que enfrentar a possibilidade de uma pena de morte em suas buscas por conhecimento, mas também não puderam contar com ferramentas que iam muito além de bisturis, serras e similares. E apesar de exames *post-mortem* serem a metodologia usual na época, nem sempre havia a concordância da família e, além disso, nem todo cérebro de doador ou de indigente serviria para as suas pesquisas, uma vez que o histórico detalhado do paciente era de fundamental importância para a tirada de conclusões acerca da relação linguagem e cérebro humano, por exemplo. Dessa maneira, o procedimento usual nas pesquisas era utilizar o cérebro de doadores que foram seus pacientes, sendo o estudo de caso a única possibilidade para se tirar alguma conclusão. Mesmo diante de todas essas dificuldades, esses dois cientistas pioneiros foram capazes de fazer descobertas importantes sobre a relação linguagem e cérebro; descobertas essas que são corroboradas por estudos atuais, envolvendo tecnologias sofisticadas como a tomografia por emissão de pósitrons e a ressonância magnética funcional, em seres vivos e saudáveis.

Em 1861, Paul Broca, neurologista e antropólogo, demonstrou que um tipo de distúrbio da fala- uma afasia em que a pessoa entendia o que lhe era dito, mas falava com dificuldade- estaria ligado a uma região

cerebral específica, o lobo frontal inferior esquerdo, região que mais tarde recebeu o seu nome, região/área de Broca (GELLATLY; ZARATE, 1999). Carl Wernicke, neurologista e psiquiatra, em 1874 descobriu que lesões na região temporal superior posterior esquerda, posteriormente denominada de região/área de Wernicke, resultavam em outro tipo de distúrbio da linguagem, uma afasia onde as pessoas falavam fluentemente, mas a maior parte do que diziam não tinha significado (GELLATLY; ZARATE, 1999). Tanto a área de Broca como a área de Wernicke (vide Fig. 1) estão, em maior ou menor proporção, envolvidas na compreensão leitora, como mostram os estudos descritos posteriormente neste trabalho.



**Figura 1.** Áreas comumente ligadas à linguagem  
(Fonte: <http://www.indiana.edu/~primate/brain.html>)

Os estudos neuropsicológicos da linguagem, como os de Broca e Wernicke, onde lesões em regiões específicas do cérebro são ligadas a distúrbios da linguagem, continuam trazendo subsídios importantes para a área, e são fundamentais para a triangulação com dados advindos de estudos que se utilizam de ferramentas da neuroimagem (PHELPS, 1999). As novas tecnologias tornaram possível a coleta de dados cerebrais de indivíduos sem lesões em tarefas cognitivas de leitura, por exemplo, permitindo a comparação com os dados de indivíduos lesionados, advindos dos estudos neuropsicológicos.

Os Potenciais elétricos relacionados a um evento (Event-Related Potentials), ou potenciais evocados, como também são chamados, são outra ferramenta utilizada em pesquisas sobre a linguagem e o cérebro, e envolvem o uso do eletroencefalograma para medir a atividade elétrica do escalpe durante a execução de uma tarefa cognitiva. Os pesquisadores Kutas e Hillyard (1980, apud KUTAS; FEDERMEIER, 2011) foram os primeiros a utilizarem os potenciais evocados em pesquisas sobre a compreensão leitora e o paradigma proposto por esses autores tem sido

utilizado amplamente desde então, trazendo contribuições importantes, principalmente no que se refere às pesquisas sobre a produção de inferências durante a leitura, como será discutido posteriormente nesse trabalho.

Mais recentemente, a partir do início dos anos 90, ferramentas da neuroimagem, como a tomografia por emissão de pósitrons (Positron Emission Tomography-PET) e a ressonância magnética funcional (functional Magnetic Resonance Imaging-fMRI) permitiram aos pesquisadores medir índices de fluxo sanguíneo no cérebro, relacionado à atividade neuronal, durante a execução de uma tarefa cognitiva. Como observa Phelps (1999), a tomografia por emissão de pósitrons mede o fluxo sanguíneo cerebral através da injeção intravenosa de um rastreador, um isótopo radioativo (por exemplo, o oxigênio 15), enquanto que a ressonância magnética funcional é um meio não invasivo e mede as mudanças hemodinâmicas relacionadas à atividade cerebral através de um pulso magnético que age nos prótons contidos na corrente sanguínea (PHELPS, 1999). Tanto a tomografia, como a ressonância magnética, permitem a aquisição de dois tipos de imagem do cérebro, uma da atividade cerebral, chamada de funcional, e outra imagem estrutural ou anatômica, resultando em uma imagem tridimensional, onde o pesquisador pode ter acesso às ativações cerebrais nas regiões envolvidas no processo cognitivo investigado, em vistas coronais, axiais e sagitais.

## Estudos cerebrais e a leitura

Antes da apresentação dos principais achados cerebrais em relação à leitura, faz-se necessário uma breve descrição do modelo de leitura que dá suporte ao presente estudo. De acordo com Gagné et al. (1993), o processo de leitura engloba quatro níveis de compreensão, quais sejam (vide TOMITCH, 2011; 2009, para uma discussão detalhada do modelo): nível 1: decodificação (emparelhamento e recodificação); nível 2: compreensão literal (acesso lexical e parseamento); nível 3: compreensão inferencial (integração, sumarização e elaboração); nível 4: monitoramento da compreensão (uso de estratégias). No presente trabalho o foco será nos três níveis que englobam a decodificação, a compreensão literal e a compreensão inferencial. Como explicitado em Tomitch (2011, p. 53):

A decodificação é descrita por Gagné et al. como envolvendo dois sub-processos, o emparelhamento ou reconhecimento da palavra escrita, com acesso direto ao seu significado na memória, e a recodificação, processo que envolve a pronúncia da palavra escrita para então ter acesso ao seu significado. A compreensão literal inclui, de acordo com os autores, o acesso lexical, onde o melhor significado de uma determinada

palavra é escolhido, dentro do contexto da frase, e também o parseamento, que “usa as regras sintáticas e lingüísticas da língua em questão para colocar as palavras juntas e formar idéias que fazem sentido” (p. 272). No nível da compreensão inferencial, Gagné et al incluem os processos de integração, sumarização e elaboração. A integração refere-se ao processo em que inferências necessárias para o estabelecimento de relações dentro de sentenças complexas e mesmo dentro do parágrafo são produzidas; a sumarização envolve a produção de inferências necessárias para se extrair a essência do texto, ou seja, produzir uma representação mental do conteúdo lido que contenha as ideias principais do texto. Para os autores, torna-se de fundamental importância o acionamento do esquema relevante no processo de sumarização, uma vez que esse esquema provê o conhecimento para a produção de inferências necessárias à produção do resumo. Para Gagné et al o processo de elaboração, onde o leitor produz inferências do tipo exemplos, detalhes, analogias e continuações, entre outras, auxilia tanto na compreensão quanto na posterior lembrança do conteúdo do texto.

Em termos gerais, a grande maioria dos estudos da neuroimagem se concentra no nível da palavra e da sentença, sendo que um número bem menor tem investigado o nível do discurso. Estudos no nível do discurso incluem textos com apenas duas ou três sentenças e bem poucos utilizam textos de um parágrafo (vide TOMITCH et al., 2004; 2008). Isso significa que sabemos muito mais sobre a decodificação e a compreensão literal do que sobre a compreensão inferencial, principalmente no que se refere à leitura de textos mais longos, onde o modelo mental construído envolveria mais sumarização e elaboração.

No que se refere ao nível 1, a decodificação, devido ao grande número de estudos cerebrais já realizados, podemos encontrar teorizações sobre como se dá a sua implementação no cérebro. Sally Shaywitz e Bennett Shaywitz (2005) sugerem três sistemas cerebrais, dois posteriores e um anterior, como sendo de suma importância para a leitura, no nível de decodificação, principalmente, da recodificação, isto é, a transformação do insumo grafêmico em fonêmico. O primeiro sistema/circuito, posterior, envolve o giro angular (na região temporo-parietal) e seria responsável por mapear o insumo grafêmico em estruturas fonológicas da língua em questão (e.g. DAMASIO; DAMASIO, 1983; FRIEDMAN et al., 1993; GESCHWIND, 1965, apud SHAYWITZ; SHAYWITZ, 2005).

Vários outros estudos na área tem demonstrado que o giro angular está ligado à processos fonológicos e à conversão grafema-fonema (e.g. BOLGER et al., 2005; BUCHWEITZ et al., 2009; NEWMAN, 2011 entre outros).

O segundo sistema proposto por Shaywitz e Shaywitz (2005), também posterior, envolve uma área na região occipito-temporal, no giro fusiforme, denominada de área visual de formação da palavra (“visual word form area”, DEHAENE et al., 2002) e seria um sistema automático de reconhecimento da palavra (COHEN et al., 2000, 2002; MCCANDLISS et al., 2003; apud SHAYWITZ; SHAYWITZ, 2005; NEWMAN, 2011). Essa área responde preferencialmente a estímulos sequenciais rápidos (RSVP), 150 ms após a apresentação e é acionada mesmo antes da palavra ser percebida conscientemente (DEHAENE et al, 2010). O terceiro sistema é um circuito anterior envolvendo o giro frontal inferior (área de Broca), região que está associada à articulação, mas também tem papel na leitura silenciosa (e.g. FIEZ ; PETERSON 1998; FRACKOWIAK et al., 2004; apud SHAYWITZ; SHAYWITZ, 2005; JUST et al., 1996; TOMITCH et al., 2008, entre outros).



**Figura 2.** Giro Angular

(Fonte: <http://library.med.utah.edu/kw/hyperbrain/photos/sob04218.htm>)

Newman (2011) traz o modelo neuroanatômico dorso-ventral (SHAYWITZ et al., 2004; TURKELTAUB et al., 2003) para explicar o desenvolvimento da leitura, no nível de decodificação. De acordo com a autora, na decodificação fonológica (ou recodificação, no modelo de Gagné et al apresentado acima), leitores aprendizes de L1 inicialmente se apoiariam numa rede de regiões cerebrais que incluem o lobo temporo-parietal e o giro frontal inferior (via dorsal), mas, na medida em que a leitura se desenvolve, há menos engajamento dessas áreas e um maior envolvimento de uma área na região inferior temporo-occipital a área visual de formação da palavra (via ventral), mencionada anteriormente.

Em relação ao nível 2, a compreensão literal, que engloba o acesso lexical e o parseamento sintático, os estudos com dados cerebrais também são em número considerável e o que será apresentado a seguir será um breve apanhado dos principais achados.

Bookheimer (2002), em um artigo que traz o estado da arte em relação às pesquisas que investigaram o processamento semântico utilizando a ressonância magnética funcional, propõe três aspectos onde a neuroimagem trouxe esclarecimentos importantes, quais sejam: (1) o papel do giro frontal inferior no processamento semântico; (2) a organização das categorias de objetos e conceitos no lobo temporal; e (3) o papel do hemisfério direito na compreensão da linguagem figurada. No que se refere ao papel do giro frontal inferior no processamento semântico, a autora coloca que achados recentes indicam que diferentes subsistemas dentro desse giro são responsáveis por diferentes aspectos do processamento linguístico. Um subsistema na região anterior, a área 47 de Brodmann, seria fundamental nos aspectos executivos do processamento semântico que envolvem a memória de trabalho, controlando a busca semântica, ou estabelecendo comparações entre os conceitos semânticos na memória de trabalho. Enquanto que outros subsistemas no giro frontal inferior estariam envolvidos no processamento sintático (áreas 44, 45) e fonológico (áreas 44 e 45, sulco frontal inferior e sulco pré-central inferior). Em relação à organização das categorias de objetos e conceitos no lobo temporal, Bookheimer observa que independentemente da categoria investigada, e se a tarefa requer a nomeação, a geração de uma palavra associada, ou a categorização do estímulo com base em elementos perceptuais ou conceituais, as regiões cerebrais identificadas não se apresentam distribuídas aleatoriamente no lobo temporal, mas espacialmente próximas a regiões cerebrais com forte associação sensorial ou motora à categoria conceitual. Por exemplo, objetos manipuláveis ativam regiões cerebrais associadas a pegar e a segurar; objetos que se movem ativam regiões motoras visuais e objetos que devem ser discriminados entre outros similares, como é o caso de rostos de pessoas, ativam áreas de reconhecimento da forma visual. No que concerne o papel do hemisfério direito na compreensão da linguagem figurada, Bookheimer propõe que, nos estudos analisados, três grandes focos de ativação no hemisfério direito podem ser observados, sendo que dois desses focos estariam no lobo temporal posterior, na região cortical que corresponderia, grosso modo, a contralateral de Wernicke, e o terceiro foco estaria numa região mais anterior, no giro temporal superior, próximo ao córtex auditório primário.

Mais recentemente, Prat e Just (2010) investigaram os efeitos de diferenças individuais, no que se refere à capacidade da memória de trabalho e ao conhecimento lexical, no processamento de sentenças. Os autores introduzem o conceito de ‘adaptabilidade neural’, definida como a configuração dinâmica das redes neurais em função da demanda cognitiva exercida pela tarefa, que no caso desse estudo envolveu orações



coordenadas e subordinadas. Prat e Just puderam observar que indivíduos com maior capacidade de memória demonstraram maior adaptabilidade sintática; isto é, o recrutamento de recursos adicionais com o aumento da complexidade sintática e da demanda cognitiva, sendo que as regiões cerebrais envolvidas foram o córtex pré-frontal, o estriatum, o hipocampo, e o pré-cúneo. Um foco de ativação foi observado no lobo paracentral direito e mostrou uma correlação positiva com o conhecimento lexical e a adaptabilidade sintática. No estudo de Prat e Just, os leitores com maior conhecimento lexical mostraram também uma maior eficiência neural, isto é, menos ativação cerebral, o que levou os autores a proporem que essa eficiência neural estaria diretamente relacionada à larga experiência de leitura dos indivíduos com alto conhecimento lexical.

No que se refere ao nível 3, a compreensão inferencial, que envolve a integração, a sumarização e a elaboração, os estudos são em número menor, e, conseqüentemente, os resultados ainda não formam um padrão suficiente para uma teorização mais ampla, mas algumas generalizações já podem ser feitas, como mostra a discussão a seguir.

St George et al. (1999), usou a ressonância magnética em um estudo envolvendo a leitura de parágrafos ambíguos (sem título), e encontrou um maior envolvimento de áreas do hemisfério direito do que do hemisfério esquerdo. As áreas ativadas incluíram o lobo temporal inferior direito, e o sulco temporal médio direito. Os autores sugerem que parte do papel do hemisfério direito está no seu envolvimento na execução de processos semânticos no nível do discurso. Dessa forma, o lobo temporal inferior direito e o sulco temporal médio direito estariam envolvidos na construção de um modelo mental coerente do texto lido, incluindo a tentativa de desvendar a intenção do autor ao escrever o texto, isto é, a identificação da ideia principal.

Tomitch et al. (2008), também utilizando a ressonância magnética, investigou a atividade cerebral em áreas corticais durante a execução da tarefa de extração de ideias principais na leitura de parágrafos em que a ideia principal era apresentada no início ou ao final do parágrafo. Várias áreas foram ativadas em ambos os hemisférios, mas diferentemente do estudo de St George et al., a maior atividade cerebral concentrou-se no hemisfério esquerdo. Houve um maior impacto na região temporal esquerda, que mostrou maior atividade cerebral quando a ideia principal era apresentada em posição final do que em posição inicial no parágrafo. Apesar de não concentrar maior ativação cerebral na condição de demanda cognitiva maior, a região temporal direita foi afetada pelo tipo de oração, mostrando uma maior atividade durante o processamento da ideia principal do que das ideias secundárias, independentemente da

sua posição no parágrafo, inicial ou final; o que mostra que o hemisfério direito foi capaz de reconhecer a ideia principal.

Baretta et al. (2008), utilizando potenciais evocados (ERPs – Event-Related Potentials), ao investigar as regiões cerebrais envolvidas na produção de inferências por falantes nativos de inglês durante a leitura de textos expositivos e de narrativas, obteve resultados que indicam que os participantes produziram mais inferências para o texto expositivo, o qual também impôs uma maior demanda cognitiva aos participantes do que a narrativa; os dois hemisférios tiveram uma participação semelhante durante a leitura dos dois textos, sendo que o hemisfério direito tendeu a ter uma participação maior durante a leitura da última frase do parágrafo, onde a inferência deveria ser produzida para julgar a coerência do parágrafo.

Em geral, os resultados dos estudos cerebrais mais recentes no nível da compreensão inferencial corroboram a visão de estudos anteriores sobre a participação não só do hemisfério esquerdo, mas também do hemisfério direito em tarefas cognitivas que envolvem o processamento da linguagem (MAZOYER et al., 1993; NICHELLI et al., 1995; DEHAENE et al., 1997; ST GEORGE et al., 1999; MASON; JUST, 2004; TOMITCH et al., 2008, PRAT et al., 2011, entre outros).

Jung-Beeman (2005), após vários anos de estudo sobre o papel seletivo dos hemisférios direito e esquerdo na compreensão inferencial (no nível do discurso), propõe que o processamento semântico se organiza em torno de dois princípios básicos. O primeiro refere-se ao fato de que haveriam três componentes principais envolvidos nesse tipo de processamento, com alto grau de interatividade entre si, quais sejam ativação semântica (ativação, nos giros temporal superior e médio, de palavras relacionadas à palavra-insumo), integração semântica (computação de relações semânticas entre os múltiplos campos ativados, de forma bilateral, no giro temporal superior anterior e nos pólos temporais) e seleção semântica (processo interativo que seleciona o conceito relevante dentre os ativados, no giro frontal inferior). O segundo princípio prega que cada um dos tipos de processamento semântico descritos acima ocorreria de forma bilateral, mas que os dois hemisférios, direito e esquerdo, computariam o processamento de informações de forma diferente, sendo que o hemisfério direito usaria um código semântico mais abrangente e o hemisfério esquerdo um código mais refinado. Acredito que essa formulação poderia explicar o envolvimento do hemisfério direito nos estudos sobre a compreensão inferencial (MAZOYER et al., 1993; NICHELLI et al., 1995; DEHAENE et al., 1997; ST GEORGE et al., 1999; TOMITCH et al., 2008; PRAT et al., 2011, entre outros), já que, para integrar sentenças, sumarizar parágrafos e fazer elaborações, trazendo o conhecimento prévio para

integrar com informações do texto, faz-se necessário um mecanismo que seja capaz de reunir informações de partes distantes no texto e ligar com conteúdos relevantes armazenados na memória de longo prazo.

## Considerações finais

Os resultados dos estudos cerebrais na área de leitura aqui apresentados sinalizam para a participação não só do hemisfério esquerdo, mas também do hemisfério direito em tarefas cognitivas que envolvem a linguagem (e.g. MAZOYER et al., 1993; NICHELLI et al., 1995; DEHAENE et al., 1997; ST GEORGE et al., 1999; ROBERTSON et al., 2000; MASON; JUST, 2004; TOMITCH et al., 2008, entre outros). Os estudos mostram o envolvimento de várias regiões cerebrais em cada um dos níveis de compreensão leitora: a decodificação, a compreensão literal e a compreensão inferencial. Com o advento das novas tecnologias o que parece ser aparente é que as teorias que pregam um ‘localizacionismo’ cerebral, onde uma única área específica seria responsável por uma função cognitiva da linguagem, não se sustentam. Ao invés disso, o sistema de linguagem parece estar organizado em termos de um grande número de módulos relativamente pequenos, mas altamente concentrados e interconectados, com contribuições específicas no processamento da linguagem (Bookheimer, 2002) e na compreensão leitora.

## Referências

- BARETTA, L.; TOMITCH, L. M. B.; MACNAIR, N.; LIM, V.; WALDIE, K. Inference making while reading narrative and expository texts: an ERP study. *Psychology and Neuroscience*, v. 2, p. 1983-3288, 2009.
- BOLGER, D. J.; PERFETTI, C. A.; SCHNEIDER, W. A cross-cultural effect on the brain revisited. *Human Brain Mapping*, v. 25, p. 91-104, 2005.
- BOOKHEIMER, S. Functional MRI of language: New approaches to understanding the cortical organization of semantic processing. *Annual Review of Neuroscience*, v. 25, p. 151-188, 2002.
- BUCHWEITZ, A.; MASON, R. A.; TOMITCH, L. M. B.; JUST, M. A. Brain activation for reading and listening comprehension: An fMRI study of modality effects and individual differences in language comprehension. *Psychology & Neuroscience*, v. 2, n. 2, p. 111-123, 2009.
- DAVIES, F. *Introducing reading*. England: Penguin Books, 1995.
- DEHAENE, S.; DUPOUX, E.; MEHLER, J.; COHEN, L.; PAULESU, E.; PERANI, D.; VAN DE MOORTELE, P-F.; LEHERICY, S.; LEBIHAN, D. Anatomical variability in the cortical representation of first and second language. *NeuroReport*, v. 8, p. 3809-3815, 1997.
- DEHAENE, S. et al. How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, v. 330, p.1359-1364, 2010.
- GELLATLY, A.; ZARATE, O. *Introducing mind and brain*. New York: Totem Books, 1999.
- GORDON, N. *O físico: a epopeia de um médico medieval*. Rio de Janeiro (RJ): Rocco, 1988.
- JUNG-BEEMAN, M. Bilateral brain processes for comprehending natural language. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 9, n. 11, p. 1-7, 2005.
- JUST, M. A.; CARPENTER, P. A.; KELLER, T. A.; EDDY, W. F.; THULBORN, K. R. Brain activation modulated by sentence comprehension. *Science*, v. 274, p. 114-116, 1996.
- KUTAS, M.; FEDERMEIER, K. Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, v. 62, p. 621-647, 2011.
- MASON, R. A.; JUST, M. A. How the brain processes causal inferences in text: A multiple process theory of the function of the language network in both hemispheres. *Psychological Science*, v. 15, p. 1-7, 2004.
- MAZOYER, B.M.; TZOURIO, N.; FRAK, V.; SYROTA, A. The cortical representation of speech. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v. 5, n. 4, p. 467-479, 1993.
- NEWMAN, S. The homophone effect during visual word recognition in children: an fMRI study. *Psychological Research*, p. 1-12. DOI 10.1007/s00426-011-0347-2, 2011.
- NICHELLI, P.; GRAFMAN, J.; PIETRINI, P.; CLARK, K.; LEE, K. Y.; MILETICH, R. Where the brain appreciates the moral of a story. *Neuroreport*, v. 6, p. 2309-2313, 1995.
- PHELPS, E.A. Brain versus behavioral studies of cognition. In: STERNBERG, R. J. (Ed.). *The nature of cognition*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1999.
- PRAT, C. S.; JUST, M. A. Exploring the neural dynamics underpinning individual differences in sentence comprehension. *Cerebral Cortex*, p. 1-14, DOI 10.1093/cercor/bbq241, 2010.
- PRAT, C. S.; MASON, R. A.; JUST, M. A. Individual differences in the neural basis of causal inferencing. *Brain and Language*, v. 116, n. 1, p. 1-13, 2011.
- ROBERTSON, D. A.; GERNSBACHER, M. A.; GUIDOTTI, S. J.; ROBERTSON, R. R. W.; IRWIN, W.; MOCK, B. J.; CAMPANA, M. E. Functional neuroanatomy of the cognitive process of mapping during discourse comprehension. *Psychological Science*, v. 11, p. 255-260, 2000.
- SHAYWITZ, S. et al. Development of Left Occipitotemporal Systems for Skilled Reading in Children After a Phonologically-Based Intervention. *Biological Psychiatry*, v. 55, p. 926-933, 2004.
- SHAYWITZ, S.; SHAYWITZ, B. Dyslexia (Specific reading disability). *Biological Psychiatry*, v. 57, p. 1301-1309, 2005.
- ST. GEORGE, M.; KUTAS, M.; MARTINEZ, A.; SERENO, M. I. Semantic integration in reading: Engagement of the right hemisphere during discourse processing. *Brain*, v. 122, p. 1317-1325, 1999.

TOMITCH, L. M. B.; JUST, M. A.; CARPENTER, P. Main idea identification: A functional imaging study of a complex cognitive process. *DELTA*, v. 24, n. 2, p. 175-197, 2008.

TOMITCH, L. M. B. Pesquisas sobre os aspectos cognitivos da leitura: 40 anos de PPGI. In: FUNCK, Susana Borneo. (Org.). *História e memória: 40 anos do Programa de Pós-Graduação em Inglês da UFSC*. 1. ed. Florianópolis: UFSC/CCE/PGI, 2011. p. 51-62.

TURKELTAUB, P. E.; GAREAU, L.; FLOWERS, D. L.; ZEFFIRO, T. A.; EDEN, G. F. Development of neural mechanisms for reading. *Nature Neuroscience*, v. 6, n. 7, p. 767-773, 2003.

Recebido: 02 de novembro de 2012  
Aprovado: 04 de dezembro de 2013  
Contato: leda@cce.ufsc.br