

Mapeamento da leitura de textos do gênero científico através de RMf

Sandra Maria Leal Alves

PUCRS



RESUMO – Esta pesquisa, inserida no âmbito da Psicolinguística e com interface com a Neurociência, tem por objetivo mapear o funcionamento do cérebro durante a atividade de leitura de textos do gênero científico. As teorias que fundamentam este trabalho situam-se nas áreas da linguística, neurociência e neurofisiologia – numa integração que busca analisar aspectos das funções cognitivas superiores envolvidos na leitura e compreensão textual. A amostra constitui-se de duas universitárias do curso de Letras/Inglês, que se submeteram o pré-teste e pós-teste de Ressonância Magnética funcional, processo esse entremeado pela aplicação de aulas de intervenção pedagógica. Os resultados obtidos permitem inferir que o ensino sistemático de estratégias de leitura e de características textual-discursivas favorece a aprendizagem e melhora o desempenho dos alunos no que se refere à compreensão leitora.

Palavras-chave: Leitura; Ressonância magnética funcional; Compreensão leitora

ABSTRACT – This research, inserted in Psycholinguistics and having an interface with Neuroscience, aims to map brain function during the activity of reading scientific texts. The theories behind this work lie in linguistics, neuroscience and neurophysiology fields – an integration that seeks to examine aspects of higher cognitive functions involved in reading and comprehension of texts. The sample is consisted by two undergraduate students of Languages/English, who underwent pre-test and post-test functional MRI, a process punctuated by pedagogical intervention. The results may imply that systematic teaching of reading strategies and textual-discursive features promotes learning and improves student's performance in relation to reading comprehension.

Keywords: Reading; Functional MRI; Reading comprehension

O presente estudo, situado na área da psicolinguística – interface com a neurociência – buscou, através do uso de técnicas de neuroimagem, avançar no conhecimento sobre a forma como o cérebro compreende discursos. Neste caso, tratou-se de observar a dinâmica cerebral – mais especificamente em termos espaciais – antes e após treinamento dos sujeitos para a compreensão leitora de textos científicos de curta extensão.

A compilação de resultados de pesquisas na área de compreensão de discursos revelou que a maioria dos estudos restringe-se à observação do desempenho leitor com lista de palavras, frases e alguns raros casos de uso de pequenos parágrafos. Desse modo, nosso objetivo consistiu-se em identificar, através de Ressonância Magnética funcional (RMf), as áreas cerebrais envolvidas no processamento cognitivo de textos complexos e completos em termos de significação. Mais especificamente, buscou-se verificar com base em exames de mapeamento cerebral através de RMf, em situação de pré-teste e pós-teste, se ocorre alguma alteração nas áreas de ativação neuronal após

intervenção pedagógica para treinamento de estratégias de leitura. Neste estudo, tal verificação foi feita durante a leitura de dois textos do gênero científico, relativamente extensos para os padrões das pesquisas já realizadas¹.

Algumas descobertas da neurociência – em relação ao que pode ser observado e demonstrado concretamente – apresentam resultados interessantes, mas limitados em relação ao potencial do cérebro humano. Um estudo realizado por Rodrigues, Tomich et al. (2004) conseguiu identificar, por exemplo, que o hemisfério esquerdo é sensível à localização do tópico frasal, isto é, aumenta sua atividade quando o tópico está no final do parágrafo; o hemisfério direito, entretanto, é sensível à detecção do tópico frasal em qualquer lugar do parágrafo. Desse modo, mesmo havendo ainda pontos não esclarecidos quanto à função de cada hemisfério no processo de compreensão e na integração de discursos, já há fortes indícios de que, embora os dois hemisférios trabalhem juntos, algumas

¹ 583 palavras para o pré-teste e 665 palavras para o pós-teste.

diferenças podem ser detectadas. Parece, por exemplo, que o hemisfério direito é o responsável pela relação entre as inferências feitas pelo leitor e o conteúdo do texto (RODRIGUES & TOMICH et al., 2004); descoberta esta que contraria achados anteriores, nos quais o hemisfério direito teria uma atuação bastante limitada nas funções cognitivas ligadas à linguagem – restringia-se apenas com a compreensão dos aspectos prosódicos dos discursos.

Em outro estudo, Sakai et al. (2001) sugerem que a função da linguagem interage de perto com outras faculdades cognitivas do cérebro – como percepção, memória, e consciência – o que impede o estudo de processos essenciais que envolvam componentes exclusivamente linguísticos. Isto significa dizer que parece não ser possível avaliar a compreensão leitora com base apenas em dados oriundos do texto-fonte; informações extratextuais relacionadas a outras funções cognitivas superiores do leitor têm que ser levadas em consideração em análises dessa natureza.

Outra descoberta relevante para este estudo foi realizada por St George, Kutas, Martinez e Sereno (1999) com base numa pesquisa com falantes nativos de inglês, na qual os sujeitos deveriam ler parágrafos com e sem títulos. Os pesquisadores observaram (i) importante ativação no sulco temporal inferior dos dois hemisférios durante a leitura de parágrafos sem títulos; (ii) maior volume comum de ativação com respeito a parágrafos não titulados que titulados no sulco temporal medial do hemisfério direito e o padrão inverso no sulco temporal medial esquerdo. Os resultados sugerem que a região temporal medial direita pode ser especialmente importante para os processos de integração que necessitam atingir a coerência global durante o processamento do discurso.

Se os estudos sobre a compreensão de textos ainda são poucos, o mesmo não pode ser dito sobre os estudos relativos à compreensão de sentenças isoladas. Nessa área, as pesquisas desenvolvidas relacionam a compreensão leitora com diferentes aspectos, tais como idade, memória de trabalho, circuitos cerebrais, lateralização.

O desejo de saber se existe um sistema neural especializado (*domain-special*) para a linguagem humana, que a processa separado de outro sistema de domínio geral (*domain-general*), originou uma pesquisa realizada por Sakai, Hashimoto e Homae (2003), cujos resultados mostraram que o córtex pré-frontal direito é mais especializado no processo de compreensão da sintaxe que outros sistemas do domínio geral. Os resultados mostraram ainda que essa é uma característica presente exclusivamente no sistema de processamento cognitivo da linguagem humana, pois em estudos realizados em macacos não há nenhum sinal claro de lateralização funcional.

Identificar espaços cerebrais que permitem aos humanos entender o enredo improvável descrito em uma

frase é o objetivo de um estudo realizado por Kaan e Swaab (2002), que buscaram desvendar a forma como o sistema cognitivo processa as informações sintáticas contemplando fatores como: construção da estrutura sintática; observação da concordância; mapeamento dos papéis temáticos; e resolução de sentenças com estrutura não canônica ou complexa. Os resultados obtidos revelaram que o processamento sintático não recruta uma única região do cérebro, mas múltiplas áreas que não são, cada uma delas, exclusivamente envolvidas em tarefas sintáticas. Entretanto, as pesquisadoras fazem a ressalva de que possa, sim, haver áreas específicas, mas que talvez não possam ser mapeadas através de técnicas de imagem funcional (PET² e RMf). Como conclusão, as autoras sugerem que diferentes partes das redes neuronais são recrutadas para diferentes aspectos do processamento sintático (KAAN e SWAAB, 2002).

A relação entre a memória de trabalho e a idade do indivíduo foi pesquisada por Waters e Caplan (2001) através de um estudo com 127 homens e mulheres com idades entre 18 e 80 anos ou mais, utilizando uma bateria de testes neuropsicológicos, e os resultados evidenciaram que a eficiência de pelo menos algumas operações sintáticas *online* não difere em função da idade ou capacidade da memória de trabalho. “Esses resultados sustentam nossa visão de que há uma especialização dentro da memória de funcionamento verbal para os processos envolvidos na compreensão da linguagem *online*” (WATERS; CAPLAN, 2001, p. 141).

Em outro estudo, os pesquisadores, com a ajuda de técnicas como potencial de evento-relacionado (ERP) e de ressonância magnética funcional (RMf), descobriram forte evidência da existência de um componente da memória de trabalho que é responsável por manter temporariamente a informação sintática desintegrada durante o processamento das sentenças. Com relação à distribuição de recursos cognitivos, os dados sugerem que a memória de trabalho sintática constitui um domínio separado dentro dos recursos que subjazem ao processamento interpretativo das sentenças. Tais resultados oferecem um ponto de partida interessante para explorações adicionais na distribuição de recursos cognitivos e neuronais durante a compreensão *online* de orações (FIEBACH; SCHLESEWSKY; FRIEDERICI, 2001).

Com relação à captação de imagens, em pesquisa clínica a RMf é empregada desde o final do século; mais recentemente, passou a ser usada também nas pesquisas sobre ensino-aprendizagem de indivíduos sem patologias. Conforme Jewells e Castillo (2003), a RMf baseia-se no aumento de fluxo sanguíneo e oxigenação localmente no córtex cerebral devido à atividade neuronal estimulada.

² Positron Emission Tomography.

O contraste produzido, conhecido como nível dependente da oxigenação sanguínea (*blood oxygenation level dependent* – BOLD), é resultado de mudanças nas concentrações de oxi e deoxi-hemoglobina na vizinhança vascular dos neurônios induzidas pelo paradigma do experimento. Assim, torna-se possível identificar as áreas do córtex que são ativadas por uma tarefa proposta³.

Para Portuguesez (2002, p. 580), “a RMf possibilita a obtenção de imagens detalhadas do cérebro, mostrando a localização de funções tais como a linguagem e memória associada com atividade cerebral durante a execução de tarefas específicas”.

A escolha pela investigação através da RMf, entre outros motivos, deveu-se ao fato de este ser um exame com características não invasivas; que não requer o uso de drogas ou radiofármacos para sua execução; não necessita de internação hospitalar e não causa nenhum tipo de morbidade ao examinado. Pode, ainda, ser realizado em pessoas normais (sem danos cerebrais) com o objetivo de estudar o funcionamento das áreas cerebrais (p. ex. linguagem); pode ser repetido sem oferecer riscos ao examinado, o que para este estudo foi de especial importância tendo em vista que a metodologia previa pré-teste e pós-teste.

Conforme Portuguesez (2002, p. 579):

Quando a atividade neuronal é aumentada em determinada área em associação com um determinado processo mental, ocorre um aumento no metabolismo neuronal, com aumento também do fluxo e do volume sanguíneo e mudanças específicas na oxigenação sanguínea desta região. A técnica de imagem funcional avalia estas alterações com o objetivo de localizar as mudanças associadas a esta atividade neuronal.

A análise desses e de outros estudos prévios, portanto, reflete a limitação das pesquisas quanto ao mapeamento da compreensão leitora de discursos de maior extensão, com especificidade de gênero e com intervenção pedagógica, cujo objetivo seja detectar a diferença entre a leitura com e sem domínio sobre as características estruturais e discursivas do texto.

Metodologia

Participantes

Participaram deste estudo dois sujeitos do sexo feminino, destros, saudáveis, com 20 e 27 anos respectivamente, nível universitário, sem conhecimento de serem portadores de algum problema psiquiátrico ou neurológico.

Materiais

Para mensurar a ativação neuronal durante a leitura, foi utilizada a Ressonância Magnética funcional (RMf), que é uma das técnicas mais utilizadas para a identificação das áreas de processamento cognitivo no cérebro humano.

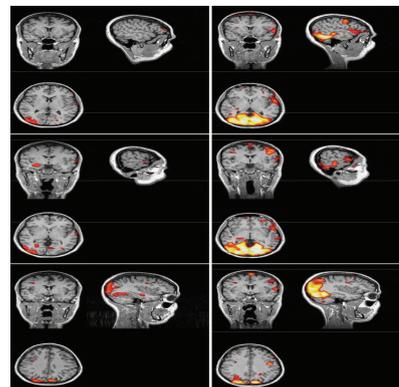
Para a realização dos testes, os dois sujeitos foram submetidos ao exame de RMf⁴ enquanto liam textos (em situação de pré-teste e pós-teste) que foram previamente segmentados em quatro partes, de modo que cada uma das partes demandasse 1’30” para sua leitura, numa sequência de repouso 30” e tarefa 1’30”. Essa segmentação foi feita com base na leitura realizada por três colaboradores – com proficiência em leitura no mesmo nível dos sujeitos da pesquisa. Comparados os tempos obtidos com as três leituras, chegou-se a um consenso sobre a extensão adequada de cada segmento do texto.

As imagens obtidas no pré-teste e no pós-teste serão analisadas e comparadas quanto à diferença de extensão e intensidade (análise quantitativa) observadas entre as duas situações de exposição ao estímulo.

Resultados

Os dados adquiridos através de RMf serão analisados com ênfase na diferença de intensidade e de extensão espacial da ativação neuronal captada durante a execução da tarefa proposta (leitura de um texto científico) em situação de pré-teste e pós-teste entremeados por uma situação de ensino (treinamento). Vejamos as imagens.

Pré-teste



Pós-teste

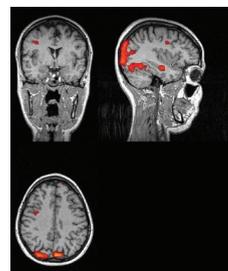


Figura 1 – Imagem funcional de áreas cerebrais ativadas durante tarefa de leitura (sujeito 1 – doravante S1).

³ As informações técnicas contidas neste parágrafo foram fornecidas pelo Físico Rafael Menezes Nunes (HSL), examinador dos sujeitos nos testes com RMf.

⁴ Os exames foram realizados no Centro de Diagnóstico por Imagem (CDI) do Hospital São Lucas da PUCRS

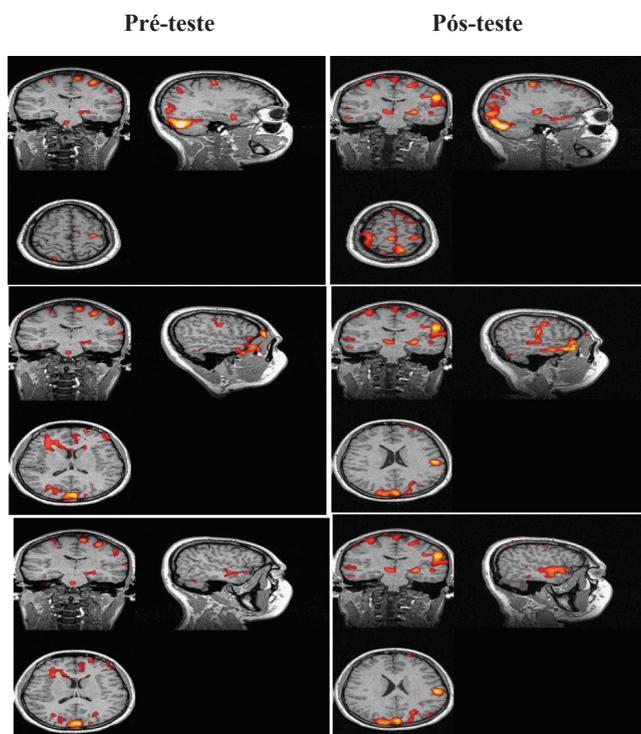


Figura 2 – Imagem funcional de áreas cerebrais ativadas durante tarefa de leitura (sujeito 2 – doravante S2)

Discussão

Os dados oriundos das imagens captadas através de IRMf precisam ser analisados sob diferentes aspectos. Vejamos em primeiro lugar a questão da estrutura do cérebro humano sob o ponto de vista da lateralização. Porém, antes de iniciarmos essa breve explanação sobre o assunto, é importante salientar que o complexo mosaico de estruturas e de processos mentais participa da cognição humana de forma integrada; isto é, embora haja áreas mais especializadas que outras para cada função/tarefa, não há inércia completa das demais áreas durante uma ação. Para Gazzaniga (2000),

Apesar de cada hemisfério cerebral ter seu próprio conjunto de capacidades, como o hemisfério esquerdo, especializado para a linguagem e discurso e com grande capacidade para resolução de problema, e do hemisfério direito ser especializado para tarefas como reconhecimento facial e de controle da atenção, todos nós temos a subjetiva experiência de se sentir totalmente integrado.

Estudos realizados nas últimas décadas, entretanto, têm revelado que os processos de linguagem raramente estão presentes em ambos os hemisférios. Conforme Gazzaniga (1970) e Zaidel (1991), a linguagem do hemisfério direito tem uma estrutura organizacional diferente em comparação com a linguagem do hemisfério esquerdo.

Enquanto o hemisfério esquerdo atua completamente separado e é capaz de produzir e compreender todos os aspectos da linguagem, o hemisfério direito pode possuir um léxico, mas com pouca gramática. Esses achados são compatíveis com o desempenho linguístico de pacientes que sofreram desconexão cirúrgica dos hemisférios cerebrais, nos quais o hemisfério direito mostra-se severamente limitado para comportamentos linguísticos. Relativamente ao objetivo deste estudo, qual seja o de mapear a tarefa de leitura, realizada em dois momentos (antes e após situação de ensino), a comparação entre as aquisições permite assinalar aumento nas ativações das regiões occipitais associadas ao córtex visual em ambos os sujeitos. No sujeito 1 também percebe-se aumento na extensão da área de ativação localizada no opérculo frontal à esquerda, em região compatível com área de Broca (HE). No sujeito 2, também percebe-se aumento na extensão da ativação no opérculo frontal (área de Broca) à esquerda (HE).

As aquisições posteriores à metodologia de ensino revelam o surgimento de área de ativação também no opérculo frontal à direita (HD), estrutura esta localizada na porção posterior do giro frontal inferior, cuja estimulação pode indicar o uso de uma estratégia complementar no processo de compreensão, dadas as características do texto utilizado para o teste – de significativa extensão e com conteúdo complexo, com alto nível de abstração.

Sobre as áreas cerebrais envolvidas na leitura, o Quadro 1, a seguir, apresenta o resumo de alguns estudos recentes relacionados com a presente pesquisa no que se refere à técnica utilizada e ao tipo de estímulo. Em quase todos há referência à participação do hemisfério direito (considerado não dominante para as funções da linguagem), especialmente quando a tarefa exigida pelo pesquisador frente ao estímulo demanda capacidade para formular raciocínio abstrato, tais como localização de tópico discursivo, julgamento de sequências narrativas e de ambiguidades e inferenciação. Beeman (2000) constatou, em estudo realizado com jovens saudáveis que escutaram histórias, que “a informação capaz de suportar inferências preditivas seja mais provável ser ativada inicialmente no HD do que o HE, mas a coerência de segmento quebra estes conceitos (para inferências da coerência) são completadas no HE”. Nos textos usados como estímulo no presente estudo, foi exigido dos sujeitos grande capacidade para fazer inferenciações preditivas tendo em vista a complexidade do conteúdo.

Os achados do presente estudo também corroboram e ampliam o que Kuperberg et al. (2006) encontraram em seus estudos, cujos “dados sugerem que, para fazer o sentido do discurso, nós ativamos uma grande rede cortical bilateral em resposta ao que não é indicado explicitamente”. Ampliam no sentido de que nossos

QUADRO 1 – Síntese de estudos sobre mapeamento cerebral durante tarefa de leitura.

Autor	Técnica	Características do estímulo	Áreas ativadas
St. George et al. (1999)	IRMf	Parágrafos com e sem título	Região frontal inferior e temporal bilateral. Para os parágrafos sem título, maior ativação no HD
Robertson et al. (2000)	IRMf	Leitura de sentenças conectadas ou não a um texto + processamento narrativo	Região frontal superior e média do HD; bilateralmente o precuneus, cuneus, cíngulo posterior, região parieto-temporal-occipital, polos frontais; tira do córtex do sulco temporal superior direito ao polo temporal direito (HD+HE)
Sakai et al. (2001)	IRMf	Julgamento sintático de sentenças	Girus precentral esquerdo, operculum parietal esquerdo e o córtex singulado parietal esquerdo (HE)
Kaan & Swaab (2002)	IRMf	Julgamento de ambiguidades e erros em frases	Ativação mais consistente no HD
Tomich et al. (2004)	IRMf	Localizar a idéia principal de um pequeno texto	Ativação temporal frontal inferior; córtex prefrontal dorsolateral (ambos bilateralmente) (HD+HE)
Hagoort et al. (2004)	IRMf	Integração do significado de palavras	córtex pré-frontal inferior esquerdo (HE)
Kuperberg et al. (2006)	IRMf	Frases sobre um cenário para julgamento de inferenciação causal	Região cortical bilateral (HD+HE)
Tomich et al. (2008)	IRMf	Pequeno texto para extração da idéia principal localizada no início ou no final do texto	Maior ativação da região temporal esquerda (HE): localização da ideia principal no final do texto; A região temporal direita (HD) ativou-se igualmente, porém com diferença de intensidade – Maior ativação para ideia principal; menor para ideia secundária
Friederici et al. (2009)	IRMf	Frases complexas	Ativação cortical bilateral: giro e sulco temporal superior (HE) + sulco temporal superior (HD)
Este estudo	IRMf	Leitura de textos científicos de média extensão (665 e 583 palavras)	Ativação da região occipital; opérculo frontal esquerdo (HE) e opérculo frontal direito (HD)

dados sugerem que mesmo o que for explicitamente dado – como é convencionado que sejam as informações contidas no texto científico – ativam bilateralmente a rede cortical, provavelmente em razão da necessidade de buscar uma ampla rede de correlações para estruturar o significado de conteúdos até então parcial ou totalmente desconhecidos do leitor.

Outro aspecto importante a ser considerado é a extensão das áreas ativadas na comparação entre o pré-teste e o pós-teste. A simples observação das imagens, até mesmo por leigos no assunto, já permite avaliar a dimensão da diferença. Mais do que ativar áreas diferentes, o pós-teste mostrou também uma intensificação na ativação das mesmas áreas do pré-teste. As regiões densamente coloridas (em amarelo e vermelho) vistas nas imagens do pós-teste revelam que os sujeitos, após a intervenção pedagógica, melhoraram o desempenho das funções cognitivas superiores, muito provavelmente em função de terem, com o treinamento, aportado subsídios relativos à natureza do estímulo (texto científico) que os capacitaram a dar conta da tarefa com mais eficiência.

Agradecimentos

Agradeço à Profa. Dr. Mirna Wetters Portuguese, do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina da PUCRS e ao Físico Rafael Menezes Nunes, do Centro de Diagnóstico por Imagem (CDI) do Hospital São Lucas da PUCRS que colaboraram com o aporte teórico-técnico para a execução deste estudo. Agradeço também ao CNPq que viabilizou financeiramente a pesquisa.

Referências

- BEEMAN, M. J. et al. Right and left hemisphere cooperation for drawing predictive and coherence inferences during normal story comprehension. *Brain and language*, v. 71, n. 2, p. 310-336, 2000.
- FIEBACH, C. J.; SCHLESEWSKY, M.; FRIEDERICI, A. D. Syntactic working memory and the establishment of Filler-Gap dependencies: insights from ERPs and fMRI. *Journal of Psycholinguistic Research*, v. 30, n. 3, p. 321-338, 2001.
- FRIEDERICI, A. D.; MICHIRU, M.; JÖRG, B. The role of the posterior superior temporal cortex in sentence comprehension. *Neuroreport*, v. 20, n. 6, p. 563-568, 2009.
- GAZZANIGA, M. S. *The bisected brain*. New York: Appleton-Century-Crofts, 1970.
- GAZZANIGA, M. S. Cerebral specialization and inter-hemispheric communication: Does the corpus callosum enable the human condition? *Brain*, v. 123, n. 7, 1293-1326, 2000.
- HAGOOT, P. et al. Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science*, v. 304, n. 5669, p. 438-441, 2004.
- JEWELLS, V.; CASTILLO, M. R. Angiography of the extracranial circulation. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, v. 11, n. 4, p. 585-597, 2003.
- KAAN, E.; SWAAB, T. Y. The brain circuitry of syntactic comprehension. *Trends in cognitive sciences*, v. 6, p. 350-356, 2002.
- KUPERBERG, G. et al. Making sense of discourse: An fMRI study of causal inferencing across sentences. *NeuroImage*, v. 33, p. 343-361, 2006.
- PORTUGUEZ, M. W. Ressonância magnética funcional. In: NUNES, Magda L.; MARRONE, Antônio C. H. (Orgs.). *Semiologia neurológica*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

ROBERTSON, D.A. et al. Functional neuroanatomy of the cognitive process of mapping during discourse processing. *Psychological Science*, v. 11, n. 3, p. 255-260, 2000.

RODRIGUES, C.; TOMITICH, L.M.B. et al. *Linguagem e cérebro humano: contribuições multidisciplinares*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

SAKAI, K.L.; HASHIMOTO, R.; HOMAE, F. Sentence processing in the cerebral cortex. *Neuroscience Research*, n. 39, p. 1-10, 2001.

SAKAI, K.L.; HASHIMOTO, R.; HOMAE, F. Sentence processing is uniquely human. *Neuroscience Research*, n. 46, p. 273-279, 2003.

ST. GEORGE, M.; KUTAS, M.; MARTINEZ, A.; SERENO, M.I. Semantic Integration in reading: engagement of the right hemisphere during discourse processing. *Oxford Journals*, v. 122, n. 7, p. 1317-1325, 1999.

TOMICH, L.M.B. et al. Comprehending the Topic of a paragraph: a functional imaging study of a complex language process. *D.E.L.T.A.*, v. 24, n. 2, p. 175-197, 2008.

WATERS, G.; CAPLAN, D. Age, working memory, and on-line syntactic processing in sentence comprehension. *Psychology and aging*, v. 16, p. 128-144, 2001.

ZAIDEL, E. Language functions in the two hemispheres following complete cerebral commissurotomy and hemispherectomy. In: BOLLER, F.; GRAFMAN, J. (Eds.). *Handbook of neuropsychology*. Amsterdam: Elsevier, 1991. v.4. p. 115-150.

Recebido: 05.07.2010

Aprovado: 10.08.2010

Contato: <leal0209@bol.com.br>