

**PROCESSAMENTO DA LINGUAGEM:
CONTRIBUIÇÕES DA NEUROLINGÜÍSTICA**

Lílian Cristine Scherer¹

Rosângela Gabriel²

RESUMO

A implementação das técnicas de neuroimagem no estudo da cognição humana, incluindo a linguagem, possibilitou a ampliação de nosso conhecimento sobre o funcionamento do cérebro humano com ou sem lesão. No caso específico da linguagem, esse avanço fez florescer uma nova área de investigação, a neurolingüística (ou neuropsicolingüística, como vem recentemente sendo chamada). O presente artigo trata do escopo de estudo dessa nova ciência, revisando os seus principais campos de investigação, apresentando as principais contribuições por ela trazidas nos últimos anos, suas limitações e seus rumos. O artigo aborda sobretudo os estudos sobre o funcionamento normal da linguagem em adultos.

Palavras-chave: Neurolingüística. Neuroimagem. Linguagem. Cérebro.

1 NEUROLINGÜÍSTICA: CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O uso do termo “neurolingüística” gera grande confusão no Brasil, especialmente em contextos não acadêmicos. O termo é usado popularmente para denominar cursos rápidos que prometem técnicas para desenvolver liderança, motivação e pensamento positivo, partindo da hipótese de que podemos “reprogramar” a mente a fim de atingir o “sucesso”. A neurolingüística ou programação neurolingüística (PNL) seria uma espécie de manual de auto-ajudaⁱ. Contudo, essa acepção do termo não condiz com a etimologia da palavraⁱⁱ, sendo completamente ignorada pelo Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (2001), que traz apenas a seguinte definição: neurolingüística é a “ciência que estuda as relações entre a estrutura do cérebro humano e a capacidade lingüística, com atenção especial à aquisição da

linguagem e aos distúrbios da linguagem, especialmente os que se seguem a lesões cerebrais”.

No contexto científico internacional, o termo em inglês *neorolinguistics* já está consagradoⁱⁱⁱ e denomina a ciência que estuda os mecanismos cerebrais subjacentes à compreensão, produção e conhecimento abstrato da linguagem, seja ela falada, sinalizada ou escrita. Constituído como um campo interdisciplinar, a neurolingüística articula conhecimentos provenientes da lingüística, das ciências cognitivas, da neurobiologia e das ciências da computação, entre outras ciências. É também essa acepção do termo que é descrita por Edwiges Morato (2001) no capítulo intitulado “Neurolingüística”, que integra a obra *Introdução à lingüística: domínios e fronteiras*, organizado por Mussalim e Bentes. Apesar das possíveis confusões, consideramos apropriado, a exemplo de Morato (2001), utilizar o termo “neurolingüística” para denominar o campo científico de que nos ocupamos no presente artigo.

Vários são os campos de investigação da neurolingüística (MORATO, 2001). O primeiro deles trata do processamento normal e patológico da linguagem. Nesse domínio estão incluídos os estudos sobre neuroplasticidade, dominância cerebral para funções cognitivas e neurofisiologia da linguagem – nesses casos, a disciplina tem sido mais recentemente também denominada neuropsicolingüística. Denomina-se neuroplasticidade ou plasticidade dos neurônios a capacidade que as células nervosas têm de se adaptarem às influências do ambiente e às influências dos padrões de atividade do próprio sistema nervoso. Portanto, a estrutura do sistema nervoso central não é fixa ou impermeável. Dentre as estruturas cerebrais com maior potencial de adaptação estão as conexões sinápticas, pontos de encontro entre os dendritos dos neurônios (GABRIEL, 2004), que podem ser fortalecidas ou enfraquecidas de acordo com os padrões de ativação das assembléias neuronais. Uma das aplicações mais imediatas dos estudos sobre a processamento normal e patológico da linguagem é a construção de abordagens clínicas mais eficazes, visando a promover a restituição funcional após lesões cerebrais.

Outro campo de investigação da neurolingüística são os processos alternativos de significação (verbal e não-verbal) empregados por indivíduos com patologias cerebrais, cognitivas ou sensoriais. Nesse domínio, estão os estudos sobre a afasia, que é a deterioração ou perda da linguagem, falada e/ou escrita, causada por lesão no sistema nervoso central. Essa lesão pode ser ocasionada por tumores, AVC (acidente vascular cerebral), doenças

infecciosas como a meningite, doenças degenerativas como a esclerose múltipla ou as demências, entre outras.

Ainda segundo Moratto (2001), também são de interesse da neurolingüística os processos discursivos que relacionam linguagem e cognição. Algumas questões pertinentes nesse domínio: como os processos de interação e dialogismo repercutem no sistema nervoso central? Qual o papel da linguagem (oral e escrita) no desenvolvimento cognitivo dos seres humanos?

Florescem no terreno fértil da neurolingüística teorias sobre como a linguagem é adquirida e processada, e, principalmente, como se degrada. Nesse sentido, o estudo dos estados patológicos do funcionamento da linguagem são altamente instigadores, pois provocam novas questões, suscitam novas hipóteses, levando à comprovação ou refutação de teorias.

Cabe ainda identificar um último domínio dos estudos da neurolingüística, que trata de aspectos éticos e socioculturais relacionados ao contexto patológico e à cognição humana. Nesse campo de estudo, merece atenção o metadiscurso clínico dos profissionais que se dedicam aos pacientes acometidos de patologias da linguagem, tais como neurologistas, fisioterapeutas, fonoaudiólogos, bem como as orientações desses profissionais sobre condutas terapêuticas (MORATTO, 2001).

A neurolingüística constitui-se num campo de investigação relativamente recente, especialmente suscetível aos avanços tecnológicos. Se no passado o cérebro foi comparado à caixa preta que guarda as memórias de uma aeronave, hoje se começa, ainda que lentamente, a compreender alguns aspectos do funcionamento neurológico. Sem dúvida, um dos grandes propulsores das pesquisas são as técnicas de neuroimagem, utilizadas especialmente a partir dos anos 1990, dentre as quais podemos destacar a imagem por ressonância magnética funcional (IRMf), o TEP (Tomografia por Emissão de Pósitrons), os PREs (Potenciais Relacionados a Eventos, ou ERPs, como são mais comumente conhecidos, significando *Event-Related Potentials*, em inglês), a MEG (Magnetoencefalografia) e, mais recentemente, o Imageamento Óptico ou fNIRS (*functional Near-Infrared Spectroscopy*).

A utilização das técnicas de neuroimagem impulsionou os estudos do funcionamento do cérebro, uma vez que permitiu seu imageamento *in vivo*, possibilitando a obtenção de imagens da sua estrutura bem como de seu metabolismo. Por isso, pode-se afirmar que o impacto aportado pelo advento das técnicas de neuroimagem é de tal forma relevante, que se

pode identificar um antes e um depois nos estudos das neurociências como um todo. Os estudos anteriores ao surgimento das técnicas de neuroimagem analisavam o cérebro após a morte do paciente, com base nos dados diagnosticados em vida, o que poderia diminuir a precisão das conclusões a serem obtidas.

Alguns dos pioneiros no estudo da estrutura do cérebro humano, como Paul Broca e Karl Wernicke, por exemplo, utilizavam o método clínico, que consistia em relacionar as anomalias anatômicas observadas na análise *post mortem* do cérebro de pacientes que apresentavam deficiências cognitivas em vida. Foi esse o método utilizado à época para identificar as áreas do cérebro até hoje conhecidas como área de Broca e área de Wernicke, ambas localizadas no hemisfério esquerdo e que cunharam no senso comum a idéia recentemente refutada de que o hemisfério esquerdo é responsável único pelas tarefas relacionadas ao processamento da linguagem.

Portanto, os estudos da cognição humana foram fortemente alavancados pelo advento das técnicas de neuroimagem. Na seção que segue serão apresentados alguns estudos possíveis graças às técnicas de neuroimagem.

2 ESTUDOS NEUROLINGÜÍSTICOS POSSIBILITADOS ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE NEUROIMAGEM

Inúmeros são os campos de estudo dentro do escopo da neurolingüística cujo desenvolvimento foi fortalecido pela contribuição das técnicas de neuroimagem. Esses avanços ocorreram tanto na compreensão do processamento lingüístico por indivíduos de diferentes idades não acometidos de lesão cerebral, quanto do processamento da linguagem por indivíduos com cérebro lesado.

Os estudos com indivíduos não lesados procuram investigar como a linguagem se organiza no cérebro, em seus diferentes subcomponentes (sintaxe, semântica, fonologia, discurso e morfologia) e em seus diferentes níveis (palavras, frases e textos). Um recente campo de estudo é o do processamento lingüístico por idosos (SCHERER et al., 2007), valorizado até mesmo pela crescente expectativa de vida da população dos países desenvolvidos, fenômeno também observado em nosso país.

A linguagem das crianças também tem sido investigada, porém, nesse caso, as técnicas de neuroimagem em geral ainda impõem restrições para o desenvolvimento das investigações. Tanto os equipamentos de IRMF quanto os de TEP/TC são altamente sensíveis a movimentos corporais e exigem que os participantes dos estudos mantenham-se imóveis por longos períodos dentro de aparelhos que provocam claustrofobia em participantes com essa tendência. Nessas condições, é praticamente impossível a coleta de dados com crianças, que deveriam permanecer imóveis, sem seus pais, dentro de uma máquina, por períodos de tempo de mais de uma hora.

O bilingüismo e, mais recentemente, o multilingüismo têm recebido a atenção de pesquisadores no país e no exterior. Os principais campos de investigação são a organização das línguas no cérebro em relação a variáveis como a forma de aquisição da segunda língua (L2) ou língua estrangeira^{iv} (se em ambiente formal como uma sala de aula ou em imersão), a idade de aquisição (que suscita o debate relacionado à existência ou não do período crítico para a aquisição da segunda língua), o uso efetivo da língua (relacionado à frequência de uso), a idade cronológica do falante, bem como os níveis de proficiência.

Já os estudos sobre o processamento lingüístico de pessoas acometidas de lesão cerebral, utilizando técnicas de neuroimagem, exploram os processos de reorganização da(s) língua(s) após uma lesão, os efeitos das estratégias terapêuticas na reorganização cerebral, além da localização e da extensão de lesões em pacientes afásicos (MATARÓ e PEDRAZA, 2006). A seguir, serão explorados os dados aportados por estudos sobre o processamento lingüístico por adultos sem lesão cerebral.

3 PRINCIPAIS CAMPOS DE INVESTIGAÇÃO SOBRE A LINGUAGEM NO CÉREBRO ADULTO SADIO

A complexidade da linguagem humana, essa fabulosa ferramenta de que dispomos, é retratada pelo grande leque de pesquisas já desenvolvidas e ainda a serem implementadas no intuito de compreender seus mecanismos. A seguir, apresentam-se alguns dos principais campos de investigação em neurolingüística, muito bem discriminados na revisão de estudos lingüísticos de neuroimagem desenvolvida por Démonet e colaboradores (2005).

a) Processamento de palavras

A maioria dos estudos sobre a fisiologia da linguagem tem se baseado nos dois principais caminhos de entrada de informações lingüísticas no sistema cognitivo: o input auditivo e o input visual.

Uma das questões clássicas relacionadas à percepção auditiva é a dominância do córtex temporal esquerdo. Cumpre destacar que nos estudos com neuroimagem é fundamental diferenciar o tratamento dado pelo sistema cognitivo ao processamento dos sons da fala ao dado a outros sons, como a música ou ruídos do ambiente. As tentativas de localizar respostas neurais que são específicas para a voz humana ou para componentes discursivos não parecem apontar para uma área única, homogênea, claramente localizada no hemisfério esquerdo, mas sim para uma certa assimetria que privilegia as estruturas temporais do lado esquerdo mais do que as do lado direito, sugerindo maior ativação do giro temporal superior.

Quanto ao tratamento dado ao input visual, é importante distinguir experimentos que tratam do código escrito propriamente dito, da compreensão da língua de sinais, ou da interpretação de figuras e cenas. Em relação ao processamento de palavras escritas, é importante lembrar que: 1. a leitura é uma habilidade adquirida devido a circunstâncias (pressões) culturais; 2. a leitura é uma habilidade muito recente em termos evolutivos; 3. a leitura não está presente em todas as culturas; 4. a leitura ocupa um papel bastante distinto na vida dos indivíduos, de acordo com seu nível de escolaridade e atuação profissional. Portanto, a primeira questão que se poderia colocar é se alguma área cerebral pode ser dedicada especificamente aos processos relacionados à leitura, desde a integração dos sinais gráficos associados aos fonemas ou sílabas até o acesso ao significado das palavras.

Mesmo restringindo-se a culturas ocidentais e a sujeitos adultos escolarizados, os resultados dos estudos sobre leitura, utilizando técnicas de neuroimagem, são caracterizados pela alta sensibilidade aos vários parâmetros experimentais, como o tempo de exposição, a velocidade e o modo de apresentação do estímulo, a tarefa escolhida como *baseline* para a subtração das ativações cerebrais registradas durante a execução da tarefa, entre outros, tornando-se, pois, difíceis de agrupar. Algumas das áreas cerebrais que consistentemente parecem estar envolvidas na leitura estão “o córtex visual bilateralmente, regiões visuais de ordem superior na face lateral do hemisfério esquerdo, regiões perissilvianas parietais e temporais (incluindo a área de Wernicke e os giros angular e supramarginal) e o córtex pré-frontal inferior esquerdo, rostral à área de Broca” (LENT, 2002, p. 639).

Alguns estudos têm-se concentrado em diferenciar áreas de ativação para palavras e não-palavras e em identificar as rotas de acesso à compreensão de palavras. Uma das hipóteses nesse caso é que haveria duas rotas de acesso ao significado, uma utilizada na leitura de palavras conhecidas, chamada de rota lexical, e outra rota para a leitura de palavras de baixa frequência ou pseudo-palavras, chamada de rota grafo-fonológica. Na primeira, o processamento da palavra seria global, via léxico, ao passo que na segunda o processamento seria letra-a-letra, ou som-a-som. Assim, nosso cérebro trataria de forma distinta palavras como “universidade” e “ureterálgico”, ambas palavras compostas de 12 letras e 6 sílabas. No entanto, não existe um senso comum entre os pesquisadores em relação à existência das duas rotas, pois alguns defendem a existência de uma apenas, independentemente do tipo de palavra a ser processada.

Ainda, no nível da palavra, outro tema de investigação relaciona-se ao processamento semântico. Nesse campo, estudam-se as classes de palavras e os efeitos do grau de familiaridade, da abstração, da frequência lexical e do número de sílabas e letras.

Além dos estudos acima, cujo foco é a compreensão do insumo visual, também a produção, tanto no nível oral quanto no escrito, é investigada, porém o número de estudos ainda é reduzido.

b) Processamento de sentenças e do discurso

Significativo é o número de estudos com neuroimagem sobre o processamento de sentenças e bem menos numeroso o número de pesquisas cujo enfoque é o discurso. Isso ocorre principalmente devido às limitações impostas pelas técnicas de neuroimagem, as quais dificultam a apresentação da tarefa e o registro dos dados. Além disso, a própria complexidade do tratamento do discurso, o qual lida com questões intra- e extralingüísticas, faz com que a interpretação dos resultados face aos padrões de ativação cerebral observados deva ser feita com muita atenção, com base no que já se sabe sobre o processamento de palavras e de sentenças.

Dentre os temas mais investigados no nível da frase encontram-se os estudos de violações semânticas e o papel de cada hemisfério cerebral no tratamento semântico da frase, em certos casos considerando-se o contexto em que está inserida. Outro tema reside na dissociação ou não entre semântica e sintaxe. Dados controversos têm sido obtidos, uma vez

que alguns pesquisadores defendem a ocorrência de um processamento sintático inicial, após o qual seria agregado um valor semântico às palavras componentes da frase e a essa como um todo, ao passo que outros defendem a idéia de um processamento simultâneo, em paralelo, dos aspectos semânticos e sintáticos. Técnicas de neuroimagem com boa resolução temporal, como PREs ou ainda fNIRS (ou Imageamento Óptico, como é conhecida em português) têm demonstrado um bom potencial para auxiliar na resolução dessa questão.

No nível do discurso, a *produção oral* tem sido investigada principalmente através dos relatos pessoais dos participantes, como histórias do cotidiano. A maior parte dos estudos, no entanto, tem focado a *compreensão* do discurso, apresentado na modalidade auditiva ou na escrita. Dentre as tarefas mais comumente utilizadas, destacam-se a leitura de textos com ou sem título, a apresentação auditiva de textos coerentes ou incoerentes para seu julgamento, bem como a apresentação de textos com metáforas e linguagem conotativa.

c) Processamento da linguagem em situações especiais

A linguagem no cérebro não-lesado tem sido estudada em situações especiais de processamento, como é o caso do analfabetismo, do multilingüismo e dos déficits sensoriais como a cegueira e a surdez.

Um dos achados em relação ao processamento lingüístico no analfabetismo é a variação nas áreas ativadas em relação às das pessoas adultas alfabetizadas, a qual poderia ser justificada por diferenças nos focos de atenção durante o desenvolvimento das tarefas.

Quanto ao multilingüismo, as questões mais motivadoras para o desenvolvimento de pesquisas têm sido: 1. Como se dá a implementação das diferentes línguas no cérebro, ou seja, se as línguas aprendidas ou adquiridas por um indivíduo encontram-se em uma rede neuronal comum, sobreposta, ou em redes diferentes. 2. A especificação dos fatores determinantes para a organização das línguas no cérebro. Nesse sentido, pesquisadores avaliam o papel: a) da idade de aquisição ou aprendizagem das línguas; b) da forma como esse processo ocorre; c) da proficiência atingida na(s) língua(s); d) da idade cronológica, entre outros fatores.

Em relação ao processamento lingüístico nos casos de deficiências visuais, analisam-se as áreas de ativação cerebral durante a leitura de Braille. Observou-se uma ativação do córtex visual motor, bem como em áreas que costumam ser recrutadas no processamento de

palavras apresentadas visualmente, como a BA 37 (Brodman area), uma região temporal inferior (DÉMONET et al., 2005).

Finalmente, em relação ao processamento da linguagem por surdos, estudos sobre o processamento da Língua Americana de Sinais (*American Sign Language, ASL*, em inglês) reportaram uma ativação no hemisfério esquerdo similar à da língua oral, porém com um maior recrutamento de regiões equivalentes no direito.

A seguir, serão apresentados alguns dos mais relevantes achados obtidos por pesquisas neurolingüísticas com adultos sem acometimento cerebral.

4 CONSTATAÇÕES IMPORTANTES ADVINDAS DOS ESTUDOS COM NEUROIMAGEM EM ADULTOS

Apesar da dificuldade em se agruparem os estudos para deles depreender teorias, alguns resultados têm sido corroborados por diversas pesquisas. Talvez o mais importante desses achados tenha sido o fato de se desmistificar a idéia de que os centros da linguagem seriam circunscritos a áreas homogênicas nas regiões clássicas, de Wernicke e Broca, no hemisfério esquerdo. Sabe-se hoje que o processamento lingüístico se dá também em pontos não-adjacentes, especializados em componentes específicos da linguagem, como apontam Mataró e Pedraza (2006). Os autores explicam que, além das áreas clássicas, outras do córtex perisilviano esquerdo, incluindo a totalidade do giro temporal superior e pólo temporal, o giro lingual e fusiforme, áreas pré-frontais médias (córtex dorsolateral pré-frontal) e a ínsula, além de várias áreas homólogas no hemisfério direito, participam do processamento da linguagem. O grau de ativação de determinadas áreas pode variar dependendo da modalidade de apresentação da tarefa (se visual, ativará áreas ligadas ao córtex visual, ao passo que o input auditivo acionará regiões relacionadas ao córtex auditivo) ou, ainda, dependendo do grau de dificuldade da tarefa ou de familiaridade do indivíduo com a mesma.

Outra constatação é a de que o estudo das áreas relacionadas à linguagem deve ser feito considerando-se os diferentes níveis lingüísticos a serem investigados, mais especificamente a fonologia, a sintaxe, a semântica, a morfologia ou o discurso, ao invés de se considerar o tipo de tarefa, ou seja, se a tarefa demanda uso da linguagem oral, da repetição, da leitura ou da compreensão auditiva (MATARÓ e PEDRAZA, 2006).

Ligada à questão localizacionista da linguagem está a discussão sobre a predominância hemisférica no processamento lingüístico. Como muito pertinentemente explica Lent (2002, p. 645), os hemisférios são *especializados* (grifo nosso), participando de modo diferente das mesmas funções. Segundo o autor, “o conceito de especialização superou o conceito antigo de *dominância* (grifo nosso), pelo qual um dos hemisférios faria tudo, sendo o outro uma ‘reserva técnica’ coadjuvante”.

Lent divide as competências lingüísticas em dois grupos: as funções específicas e as globais. Dentre as específicas, mais fortemente atreladas ao hemisfério esquerdo, estariam: cálculos matemáticos, fala, escrita, identificação de pessoas, preferências motoras lateralizadas, identificação de objetos e animais, compreensão lingüística, leitura e relações espaciais qualitativas. As funções globais, mais atreladas ao hemisfério direito, compreenderiam: prosódia, reconhecimento de categorias de pessoas e de objetos, compreensão musical e prosódica, bem como as relações espaciais qualitativas. Ainda, evidências sugerem que o hemisfério esquerdo é mais responsável por aspectos sintáticos, semânticos e fonológicos (articulatórios), ao passo que o hemisfério direito é mais relacionado a aspectos discursivos e pragmáticos, dentre os quais se incluem o processamento da conotação, da ironia, da teoria da mente (NEWMAN et al., 2004; JOANETTE et al., 1990).

Outro aspecto que parece caracterizar os hemisférios é o tratamento dado à compreensão de palavras. Ao serem expostos a uma palavra, os hemisférios buscam diferentemente atribuir-lhe um sentido. Enquanto o hemisfério direito disponibiliza um leque de possíveis significações à palavra, quando esse for o caso, o esquerdo se encarrega de selecionar, dentre as opções disponibilizadas, a mais adequada para o contexto em que a palavra está inserida. Em inglês, o primeiro desses processos é denominado *core coding*, ao passo que o segundo é chamado *fine coding*. Dessa forma, mais uma vez, verifica-se o caráter de complementaridade entre os dois hemisférios cerebrais no que tange ao processamento lingüístico.

Finalmente, avanços vêm sendo alcançados no sentido de se compreender a dinâmica dos processos lingüísticos automáticos versus controlados. Nesse sentido, são desenvolvidos estudos sobre os efeitos da atenção e da(s) memória(s) sobre a linguagem. Sabe-se que o portal para qualquer tipo de aprendizagem é a atenção. Sem ela, o indivíduo pode até introjetar o insumo, porém dificilmente o converterá em conhecimento, em aprendizagem,

uma vez que sua capacidade de atenção, não ativada, não recrutará os mecanismos cognitivos que deveriam ser mobilizados para que o armazenamento de informações ocorra.

Quanto à interação entre as diferentes memórias, o armazenamento e o processamento de linguagem, uma grande atenção tem sido dada ao papel de regiões hipocâmpais e neocorticais nos processos de aprendizagem e automatização do conhecimento lingüístico. Em fases iniciais da aquisição de um conhecimento, como a aquisição de uma segunda língua, áreas hipocâmpais, localizadas em uma região central e interior do cérebro, parecem exercer um papel importante no sentido de auxiliarem na fixação desse conhecimento, no fortalecimento da memória para esse conhecimento. À medida que o indivíduo o automatiza, essas regiões parecem ser menos recrutadas.

Ainda em termos do papel das memórias, parece haver uma estreita relação entre a memória de trabalho (também conhecida como memória imediata, que desempenha papel gerenciador) e os aspectos fonológicos, e entre a memória de longo prazo e as operações léxico-semânticas. Essa relação parece estar intrinsecamente ligada à dicotomia memória procedural versus memória declarativa (IZQUIERDO, 2002). A memória chamada procedural, que representa em especial os conhecimentos automatizados, como a capacidade de andar de bicicleta, por exemplo, parece ser responsável pelos automatismos relacionados à produção e articulação dos sons da língua materna. Do mesmo modo, a memória declarativa, que representa o conhecimento autobiográfico e semântico, armazena o sentido das palavras e, por conseguinte, integra a memória de longo prazo.

A fim de ilustrar este raciocínio, vale mencionar os processos ligados à aquisição da língua materna e à de uma língua estrangeira. Se, de um lado, a língua materna é adquirida de modo assistemático, em contextos naturais de uso da língua, o ensino de língua estrangeira se dá, via de regra em nosso país, em uma situação formal de aprendizagem, em um contexto formal de sala de aula. A criança que aprende sua língua materna o faz de forma implícita, sem um esforço consciente, sem o apoio de uma metalinguagem e, em geral, sem receber um insumo que chame atenção para as regras de construção da língua. O aprendiz de língua estrangeira, por outro lado, em geral a aprende em um ambiente controlado, com ênfase às regras de formação da língua, com base na metalinguagem (especialmente no caso do adulto) e no conhecimento prévio de sua língua materna, no qual muitas vezes ancora o conhecimento da segunda, o que gera a transferência lingüística de elementos da primeira para a segunda língua.

Sendo assim, pode-se dizer que a aquisição de uma língua estrangeira baseia-se sobretudo na memória explícita (mais relacionada à declarativa), ao passo que a aquisição da língua materna se apóia mais na memória implícita (mais relacionada à procedural). Convém ressaltar, no entanto, que na medida em que níveis mais altos de proficiência na língua estrangeira vão sendo alcançados, maior será a ocorrência de processos implícitos no seu processamento. Dessa forma, pode-se dizer que memórias explícitas podem se tornar implícitas (e vice-versa, o que não se pretende discutir nesta revisão). A relação entre memórias, automatização e processamento de língua(s) no cérebro representa um campo muito fértil de estudos, pois muito ainda há a ser explorado até que se obtenha uma compreensão bem consistente sobre essa dinâmica.

Como pôde ser constatado ao longo da discussão desenvolvida, muito do que se conhece sobre o processamento neurolingüístico deu-se graças ao emprego de técnicas de neuroimagens. Porém, várias ainda são as limitações a serem superadas, o que vem ocorrendo a passos largos devido ao constante e acelerado aprimoramento das várias técnicas disponíveis. Essas limitações são o enfoque da seção seguinte.

5 LIMITAÇÕES DOS ESTUDOS COM TÉCNICAS DE NEUROIMAGEM

Os estudos desenvolvidos nas duas últimas décadas, utilizando técnicas de neuroimagem, produziram uma grande quantidade de dados, nem sempre convergentes. Essa falta de convergência, que tende a dificultar a elaboração de teorias neurolingüísticas consistentes, pode possivelmente ser atribuída a uma série de fatores limitadores, apresentados abaixo.

1. Os participantes testados pelos diversos estudos são, na maioria, jovens com bom nível de escolaridade, em geral estudantes universitários. Sabe-se que o nível de escolaridade pode influenciar os resultados obtidos e, por conseguinte, deve ser observado como uma variável interveniente, o que nem sempre tem sido o caso.

2. Há uma tendência a uma baixa validade ecológica nos estudos, uma vez que, devido às limitações impostas pelas técnicas de neuroimagem em geral, como sua intolerância a movimentos corporais, ocorre um artificialismo nas condições de aplicação dos experimentos. Em outras palavras, as pessoas, por exemplo, não lêem em um aparelho de

ressonância magnética da mesma forma como leriam sentadas confortavelmente no sofá de sua sala de estar. Aos poucos, o refinamento das técnicas e o surgimento de outras, mais ecologicamente válidas (SCHERER et al., 2007), corroboram para a redução dessa deficiência.

3. A falta de critérios psicolinguísticos no design de experimentos, observada em alguns estudos, pode levar à obtenção de dados contestáveis do ponto de vista linguístico.

4. O reduzido número de participantes (menos de 20, freqüentemente menos de 10 participantes por estudo), fato comum devido especialmente aos altos custos decorrentes do uso de uma técnica de neuroimagem, exige cuidado especial no tratamento estatístico, especialmente considerando-se a grande variabilidade nos padrões de ativação, em geral encontrados nos estudos.

5. A grande variabilidade na metodologia dos estudos têm dificultado a comparação dos resultados e, por conseguinte, a elaboração de teorias neurolinguísticas consistentes. Dentre as principais características divergentes entre os estudos encontram-se: a) a influência das diferenças individuais (sexo, idade, escolaridade, dominância manual, entre outras); b) a variabilidade na tipologia das tarefas (por exemplo, no modo oral ou visual de apresentação da tarefa, os quais recrutam áreas especializadas para seu processamento), e c) a complexidade das tarefas (os graus de dificuldade e de prática da tarefa instigam diferentes respostas comportamentais e, por conseguinte, diferentes padrões de ativação cerebral).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inquestionável o avanço alcançado pela neurolinguística. No entanto, até mesmo pela complexidade da linguagem humana, muito ainda há que ser investigado até que se obtenha um conhecimento abrangente sobre a relação armazenamento, produção e compreensão da linguagem pelo cérebro humano. O estudo da interação do processamento linguístico com habilidades não especificamente linguísticas como memória e controle atencional, nas mais diferentes faixas etárias, está ainda em fase gestacional. Outro fértil campo de investigação é o processo de aprendizagem do conhecimento linguístico da primeira língua e de uma segunda língua (ou de várias); no que tange ao multilingüismo, mesmo em nível internacional, as pesquisas ainda são muito escassas.

Considerando-se o acelerado refinamento das técnicas de neuroimagem e a grande expansão da pesquisa neurolingüística registrada especialmente nas duas últimas décadas, em breve compreenderemos melhor essa complexa e maravilhosa máquina – o cérebro humano – e os processos que subjazem à organização e ao funcionamento da linguagem dentro dele.

LANGUAGE AND THE BRAIN: CONTRIBUTION OF NEUROIMAGING STUDIES

ABSTRACT

The implementation of neuroimaging techniques in the study of human cognition, including language, has aided the enlargement of our knowledge of lesioned and healthy human brain functioning. Specifically regarding language, this advance has led to the flourishing of a new research area, neurolinguistics (or neuropsycholinguistics, as it has recently also been named). The present article aims at presenting the scope of this new science, by reviewing its main fields of investigation and the main contributions brought by it in the past years, as well as pointing to its limitations and further challenges. The article focuses mainly on studies about normal functioning of language in adults.

Keywords: Neurolinguistics. Neuroimaging. Language. Brain.

NOTAS

- ¹ Doutora em Letras, área de concentração Lingüística Aplicada e Língua Inglesa, pela UFSC. Docente do Programa de Pós-Graduação em Letras e do Departamento de Letras da Universidade de Santa Cruz do Sul / RS. E-mail lilians@unisc.br
- ² Doutora em Letras, área de concentração Lingüística Aplicada, pela PUCRS. Docente do Programa de Pós-Graduação em Letras e do Departamento de Letras da Universidade de Santa Cruz do Sul / RS. E-mail rgabriel@unisc.br
- ⁱ Em inglês o termo neuro-linguistics ou neuro-linguistic programming equivale à primeira aceção de neurolingüística apresentada neste artigo, ou seja, a diferença de significado é marcada pela presença do hífen.
- ⁱⁱ Neur(o) – relativo ao sistema nervoso; + lingüística – ciência que tem por objeto a linguagem humana.
- ⁱⁱⁱ Podemos justificar essa afirmação citando o respeitado *Journal of Neurolinguistics*, uma revista científica internacional que publica artigos inéditos sobre pesquisas em neurociências e ciências da linguagem.
- ^{iv} No presente artigo, os termos segunda língua e língua estrangeira são usados indistintamente, ambas consideradas como uma segunda língua adquirida. Alguns autores classificam a primeira como sendo a língua adquirida na infância, concomitantemente com a materna, ao passo que a segunda (língua

estrangeira) seria considerada toda a língua aprendida após o processo de aquisição da língua mãe já estar sedimentado.

REFERÊNCIAS

- DÉMONET, J-F.; THIERRY, G.; CARDEBAT, D. Renewal of the neurophysiology of language: functional neuroimaging. *Physiological Reviews*, 85: 49-95, 2005.
- GABRIEL, R. Uma leitura introdutória ao paradigma conexionista. *Signo*, v. 29, n. 47, jul./dez. 2004.
- GAZZANIGA, M.S.; IVRY, R.B.; MANGUN, G.R. *Neurociência cognitiva: a biologia da mente*. Porto Alegre: ArtMed, 2006.
- HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
- IZQUIERDO, I. *Memória*. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- JOANETTE, Y.; GOULET, P.; HANNEQUIN, D. *Right Hemisphere and Verbal Communication*. New York: Spring-Verlog, 1990.
- LENT, R. *Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência*. São Paulo: Atheneu, 2002.
- MARATÓ, M.; PEDRAZA, S. Técnicas de neuroimagem e localização de lesões. In: PLAJA, C.J., RABASSA, O.B.; SERRAT, M.M. *Neuropsicologia da linguagem*. São Paulo: Editora Santos, 2006.
- MORATTO, E. Neurolingüística. In: MUSSALIM, F.; BENTES, A .B. (Orgs.). *Introdução à lingüística: domínios e fronteiras*. v.2, 2. ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- NEWMAN, S. D.; JUST, M. A.; MASON, R. Compreendendo o texto com o lado direito do cérebro: o que os estudos de neuroimagem funcional têm a dizer. In.: RODRIGUES, C.; TOMITCH, L. M. B. *Linguagem e cérebro humano: contribuições multidisciplinares*. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- SCHERER, L.C.; TOMITCH, L.M.B; SKA, B.; JOANETTE, Y. A Dinâmica dos hemisférios cerebrais no processamento do discurso por leitores idosos. In: MACEDO, E. C. *et al* (Orgs.), *Avanços em neuropsicologia: das pesquisas à aplicação clínica*. São Paulo: Santos, 2007.

SCHERER, L.C. The impact of aging and language proficiency on the interhemispheric dynamics for discourse processing: a NIRS study. Tese de doutorado. Florianópolis, UFSC, 2007.