

Neurociência e linguagem

ELEMENT 1: Objetivos

END ELEMENT

Ao final deste texto, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Objetivo 1: *Diferenciar Neurolinguística de Neurociência da Linguagem;*
- Objetivo 2: *Caracterizar os métodos de pesquisa próprios da Neurociência da Linguagem;*
- Objetivo 3: *Identificar áreas cerebrais responsáveis pela cognição linguística.*

ELEMENT 2: Introdução

END ELEMENT

Compreender a natureza da linguagem se constitui como um dos desafios mais instigantes de pesquisadores de diversas áreas do conhecimento, que pouco a pouco contribuem para lançar luzes sobre esta questão tão particular à essência humana: da Psicolinguística aprendemos quais são os processos envolvidos na produção e compreensão da fala; da Linguística aprendemos sobre a arquitetura da linguagem, suas regras, variações e limites; da Aquisição da Linguagem aprendemos sobre como esse complexo sistema é capturado e desenvolvido pela criança; da Psicologia aprendemos sobre as demais funções cognitivas envolvidas na linguagem, como a memória; das Ciências da Computação aprendemos como tentar replicar as capacidades linguísticas humanas; da Arqueologia aprendemos sobre a evolução humana, e sobre como o surgimento da capacidade de linguagem pode ter afetado a formação da nossa espécie... Muitas são as interfaces da língua e da linguagem, e outras muitas são as interfaces entre linguagem e cérebro.

Neste capítulo, você vai ser apresentado às principais questões de investigação referentes à interface Cérebro-Linguagem, além de aprender sobre as técnicas utilizadas para estudar o processamento linguístico – apesar de não ser possível *ver* o caminho percorrido pela língua por dentro das sinapses, somos capazes de *testá-lo*. Por fim, você vai conhecer as principais regiões anatômicas do cérebro e sua relação com as funções linguísticas presentes na fala e na percepção humanas.

ELEMENT 3: Fique Atento

Neurolinguística e Neurociência da linguagem são áreas científicas não relacionadas ou associadas à Programação Neurolinguística, um modelo de autoajuda que visa modificar comportamentos indesejados por meio da modificação de padrões linguísticos (como evitar o uso de formas negativas, por exemplo).

END ELEMENT

Diferenciando Neurolinguística e Neurociência da linguagem

Apesar de a Neurolinguística e a Neurociência da linguagem tratarem de um mesmo objeto de conhecimento, a língua, estas áreas de estudo se configuram como disciplinas diferentes, pois apresentam objetivos de pesquisa diferentes e métodos de pesquisa específicos, cada uma inserindo-se numa tradição científica própria. A Neurociência da linguagem é uma subárea derivada da Neurolinguística (ou, em outras palavras, uma ciência filha da Neurolinguística), esta última nascida em 1861 quando o neurofisiologista francês Paul Broca estabeleceu a primeira descrição sistemática sobre o que hoje é conhecido como Afasia de Broca.

Paul Broca foi o primeiro cientista a investigar as disfunções linguísticas de um paciente que perdeu a capacidade de falar após sofrer um AVC – “Tan tan” era a única expressão linguística produzida por ele, o que o fez ser conhecido na literatura como “Paciente Tan”. Após reunir outros pacientes que

havam sofrido AVC, traumatismos cranioencefálicos ou outras lesões cerebrais e que apresentavam distúrbios linguísticos semelhantes àqueles apresentados pelo Paciente Tan – ou seja, distúrbios na produção de fala –, Broca comparou via autópsia a localização cerebral da lesão destes pacientes, observando que todos apresentavam anomalias numa mesma área do cérebro: a região do lobo frontal esquerdo. O neurofisiologista concluiu, assim, que aquela região do cérebro era responsável pela produção de fala e expressão linguística, guiado pela observação de que embora seus pacientes não fossem capazes de falar, eles pareciam entender o que lhes era dito. Esta disfunção especificamente na produção de fala evidenciou não só que produção e compreensão linguísticas deveriam ser processadas separadamente em áreas diferentes do cérebro, mas também se tornou uma forte evidência contra a teoria dominante à época, a teoria holística, que defendia que as atividades cognitivas se manifestavam no cérebro de maneira homogênea – o cérebro podia ser comparado a uma sopa nesta visão holística, segundo Lemle (apud França, 2012): esta é uma imagem lúdica, uma comparação útil para evidenciar que, naquela época, o cérebro era tido como uma unidade indivisível e que operava em processos também indivisíveis, tal qual uma sopa. Assim, uma disfunção linguística de características particulares e associada a lesões em uma região cerebral específica não seria possível nesta teoria holística. Imagine: não é possível separar diferentes partes de uma sopa que se encontra dentro de uma tigela, ou mesmo pingar um pouco mais de água e evitar que essa água se dilua e se espalhe por toda a panela. Ao apresentar um distúrbio linguístico que não atingia a língua como um todo, e que decorria de uma lesão numa região específica do cérebro, Broca acabou por postular um argumento irrefutável para esta teoria.

ELEMENT 4: Figuras

Element Image:

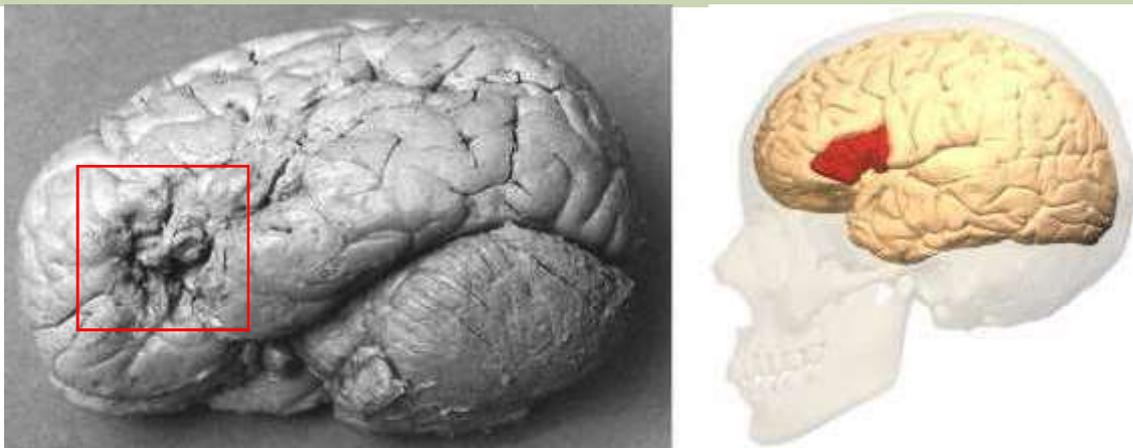


Figura 1. Fotografia do cérebro de Monsieur Leborgne (paciente Tan), que deu origem à Neurolinguística. Este cérebro está preservado no Museu Duputryen, Paris. Note a lesão localizada no lobo frontal esquerdo (dentro do retângulo vermelho).

Fonte: <https://neuroscimed.wordpress.com/tag/intracranial-ecg/>

END ELEMENT

Em 1874, poucos anos após a descoberta de Broca, o neurofisiologista alemão Carl Wernicke apresenta um estudo com pacientes também acometidos por lesão cerebral decorrente de AVC, mas que exibiam disfunções linguísticas distintas daquelas observadas por Broca, concentradas numa região cerebral também distinta: o lobo temporal posterior esquerdo. Diferentemente do Paciente Tan, que manifestava dificuldades em sua produção de fala, os pacientes de Wernicke apresentavam fala fluente e abundante, porém deficiente em significado – estes pacientes demonstravam *déficits* na compreensão linguística, e não em sua produção. A partir destes estudos, Wernicke propôs o primeiro modelo teórico que relacionava língua e cérebro, solidificando as bases para o estudo da Neurolinguística. Por sua tradição histórica, a Neurolinguística associa-se a Afasiologia – área de estudo que investiga não só os distúrbios linguísticos de pacientes afásicos, mas também outros sintomas cognitivos, neurológicos e

físicos. A linguagem investigada nos estudos neurolinguísticos é, portanto, atípica – ou seja, distinta daquela utilizada no dia a dia por falantes que não apresentam lesões cerebrais.

Partindo do estudo dos déficits linguísticos presentes em casos clínicos, originam-se também questões relativas à linguagem em cérebros saudáveis, não lesionados. Tem-se, aqui, o surgimento da Neurociência da Linguagem – uma área de pesquisa que investiga quais estruturas cerebrais são recrutadas no uso linguístico típico, estudando como os diferentes componentes da linguagem se dividem no cérebro, se há regiões especializadas em determinadas habilidades linguísticas, se mais de uma região cerebral está envolvida no processamento linguístico, dentre outras muitas questões e tópicos de investigação. Diferentemente da Neurolinguística, que encontra na observação cerebral post-mortem uma grande ferramenta de análise, o estudo linguístico em pessoas cerebralmente não lesionadas não se beneficia de ferramentas como a autópsia – na Neurociência da Linguagem faz-se necessário observar o funcionamento de uma língua no momento em que esta língua está sendo utilizada, o que não é possível ser observado em cérebros mortos. Os métodos de pesquisa utilizados pela Neurociência se caracterizam, portanto, por técnicas não invasivas, passíveis de serem aplicadas em indivíduos saudáveis, como as técnicas de imageamento cerebral. Na seção a seguir você vai encontrar o modo de funcionamento e a prescrição de uso de algumas destas técnicas, que têm se popularizado cada vez mais nos estudos linguísticos.

ELEMENT 5: Fique_Atento

Neurolinguística e Neurociência da linguagem são subáreas do conhecimento que se diferem também da Psicolinguística: enquanto a Neurolinguística e a Neurociência se ocupam em estudar as bases biológicas e neurofisiológicas da linguagem, a Psicolinguística visa estudar os processos necessários para produzir, compreender, desenvolver e armazenar a língua em nossa mente. Embora complementares, perceba que estas três áreas de investigação são distintas.

END ELEMENT

Em resumo, tanto a Neurolinguística quanto a Neurociência da Linguagem abordam as bases neurológicas responsáveis pelo funcionamento dos diferentes aspectos da nossa capacidade linguística, procurando investigar a relação entre língua e cérebro. No entanto, tem-se na Neurolinguística o estudo principalmente de pacientes afásicos e de linguagem atípica, que apresentam lesão cerebral causadora de um déficit linguístico. Já a Neurociência estuda como a linguagem se manifesta em cérebros saudáveis, procurando verificar os diferentes componentes cerebrais e cognitivos envolvidos no uso linguístico. Pode-se dizer, em outras palavras, que a Neurolinguística procura aprender sobre o cérebro estudando casos em que houve uma falha no sistema Língua-Cognição-Cérebro, visando entender por que aquele sistema não está funcionando, quais causas provocaram aquela falha e o que seria necessário para fazê-lo funcionar novamente. Já a Neurociência estuda, de acordo com Ullmann (2013), quais as diferentes áreas e funções cognitivas envolvidas na produção de uma língua saudável; qual a dinâmica espaço-temporal do uso linguístico – ou seja, quais estruturas cerebrais estão ativas numa tarefa linguística, e em que ordem elas se ativam; a separabilidade entre diferentes regiões cerebrais e diferentes tarefas linguísticas – ou seja, se diferentes funções linguísticas (morfologia versus sintaxe, fonologia versus fonética, sintaxe versus semântica...) podem demandar diferentes ordens de ativação ou mesmo a ativação de diferentes estruturas no cérebro; a especificidade das áreas cerebrais – ou seja, se as áreas cerebrais que são ativadas durante o uso linguístico podem ser recrutadas também por outras funções cognitivas, ou se estas áreas são específicas para o processamento linguístico; e mesmo se as áreas cerebrais hoje reconhecidas como tendo um papel linguístico estariam também presentes em outros animais, como nos primatas não-humanos (gorilas, chimpanzés e bonobos).

ELEMENT 6: Fique_Atento

Conforme Ullmann (2013), estudos que utilizam técnicas de neuroimagem são capazes de revelar quais estruturas estão **envolvidas** em uma determinada função linguística ou cognitiva, enquanto estudos embasados na análise de lesões cerebrais revelam quais estruturas são **necessárias** à linguagem.

END ELEMENT

Neurociência da Linguagem: Métodos de pesquisa

Para além de tópicos de investigação e objetivos de pesquisa distintos, a Neurolinguística e a Neurociência da Linguagem também se distinguem em relação aos seus métodos de pesquisa mais tradicionais – a observação e análise de casos clínicos, para a Neurolinguística, e a aplicação de técnicas de imageamento cerebral, para a Neurociência. Apesar destas diferenças na natureza dos dados e das ferramentas comumente analisadas por estas disciplinas, ambas podem se utilizar tanto de estudos quantitativos como qualitativos para descrever fenômenos e checar hipóteses. Métodos quantitativos visam analisar dados numéricos, exigindo a observação pontual de um determinado fenômeno em um grande número de sujeitos, a fim de criar um modelo generalizante e abstrato. Já os métodos qualitativos visam analisar dados descritivos, abordando de maneira mais detida e aprofundada as características linguísticas de um pequeno grupo de falantes, a fim de criar um modelo detalhado e individualizado de fala.

ELEMENT 7: Saiba_Mais

Ao conduzir um estudo neurolinguístico quantitativo o pesquisador poderia se incumbir, por exemplo, de traçar uma taxonomia de determinados déficits linguísticos, coletando, para tanto, dados de um grande grupo de pacientes com lesão semelhante. Estes dados poderiam ser utilizados, por exemplo, para determinar as características majoritariamente presentes em cada tipo de afasia, auxiliando seu reconhecimento sem recorrer a tecnologias de ponta como exames de imageamento cerebral, nem sempre disponíveis nas universidades e mesmo em hospitais.

Já num estudo neurolinguístico qualitativo o pesquisador se incumbiria de descrever em detalhes as características linguísticas de um paciente afásico (ou de um pequeno grupo de pacientes afásicos), valendo da observação, da análise de textos e da realização de entrevistas. O pesquisador poderia focar, por exemplo, em descrever quais estratégias um determinado paciente afásico se utiliza para contornar seus déficits e passar mensagens básicas ao seu interlocutor. Poderia também analisar quais estruturas sintáticas este paciente em específico é capaz de produzir e de compreender, checando estrutura por estrutura. Esta checagem pode, por sua vez, ocorrer tanto de modo experimental – ou seja, o pesquisador prepara um conjunto de estruturas e solicita que o paciente tente produzi-las – quanto de modo naturalístico – ou seja, o pesquisador registrará todas as produções de fala do paciente por um determinado período de tempo (2 horas por semana durante 6 meses, por exemplo), e então analisará naqueles dados coletados quais são as estruturas mais e menos recorrentes na fala espontânea do paciente.

Para saber mais sobre métodos de estudo na Neurolinguística, especialmente o método qualitativo, sugerimos a leitura do artigo “Cérebro, linguagem e funcionamento cognitivo na perspectiva sócio-histórico-cultural: inferências a partir do estudo das afasias”, de autoria de Rosana Novaes-Pinto (2012), que traz uma interessante abordagem discursiva bakhtiniana à análise linguística de pacientes afásicos.

Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fale/article/view/9858>

END ELEMENT

De acordo com Sampaio, França e Maia (2015), duas foram as razões que levaram o campo da Neurociência da Linguagem a embasar suas pesquisas majoritariamente em tecnologias de ponta, utilizando exames cerebrais comumente encontrados em hospitais e faculdades de Medicina, mas praticamente ausentes em faculdades de Linguística, Educação ou Letras até os anos 1980. Tais razões são:

1) *A impossibilidade, por motivos éticos, de se utilizar métodos invasivos para observar um cérebro sadio.* Sem o uso de tecnologias de imagem cerebral, não se fazia possível observar *in loco* e com segurança as diferentes áreas encefálicas responsáveis pela linguagem: corria-se o risco de prejudicar permanentemente o cérebro dos eventuais voluntários. Exceções ocorreram no estudo de pacientes

epiléticos que não apresentavam, aparentemente, disfunções cognitivas referentes à linguagem – no entanto, conforme afirma Damasio (1997), não era possível desconsiderar a possibilidade de que os ataques epiléticos sofridos por esses pacientes tenham afetado suas capacidades linguísticas, o que sentenciava estes dados como pouco confiáveis – ao menos não adequados a uma comparação com um cérebro sadio. Ainda assim, o autor aponta que estudos em pacientes epiléticos foram cruciais para demonstrar que outras áreas além das de Broca e Wernicke estavam envolvidas no processamento da linguagem.

2) *A ausência de um modelo animal capaz de simular as capacidades linguísticas humanas.* Pense, por exemplo, que animais como ratos, galinhas e macacos foram muito utilizados pela Psicologia para estudar os processos neurofisiológicos mais básicos da visão, audição, memória e de outras cognições. No entanto, esta alternativa não estava disponível ao estudo da Neurociência da Linguagem porque, diferentemente dos demais processos cognitivos, a linguagem não apresenta um correlato semelhante no mundo animal – a comunicação animal apresenta natureza distinta e muito menos complexa que a linguagem humana.

Tratando de descrever as tecnologias utilizadas nos estudos em Neurociências, propriamente, cabe destacar que há dois grandes grupos de exames, que apresentam vantagens e desvantagens e que devem, idealmente, ser combinados a fim de obter resultados completos. Isto porque alguns métodos são ideais para localizar anatomicamente determinadas funções linguísticas nas regiões cerebrais, enquanto outros são vantajosos ao estudo de detalhes temporais, como a ordem de ativação de diversas áreas cerebrais que agem em conjunto. O primeiro método examina o aporte sanguíneo que cada área cerebralmente ativa recebe ao longo de uma tarefa. Já o segundo método rastreia as pistas eletrofisiológicas do cérebro, buscando analisar os padrões de condução elétrica dos neurônios ou o campo magnético gerado por essa condução elétrica. É por dessas pistas, eletricidade neuronal e fluxo sanguíneo, que a Neurociência se faz capaz de estudar a relação Cérebro-Linguagem de forma não invasiva. Confira nas subseções abaixo maiores detalhes sobre estes dois tipos de técnicas.

Neuroimagem hemodinâmica

Esta é uma técnica de excelente resolução espacial (em milímetros), ideal para mapear as áreas anatômicas do cérebro envolvidas na linguagem, bem como possíveis anomalias ou lesões. Esta técnica usa a quantidade de sangue, de oxigênio ou de marcadores radioativos para medir a atividade cerebral. É uma técnica inadequada, no entanto, para verificar o curso temporal entre as áreas ativadas numa dada tarefa linguística, pois conforme aponta Sampaio, França & Maia (2015), sua resolução é medida em segundos, pois esta é a medida utilizada mensurar a velocidade de distribuição sanguínea no córtex – uma unidade de tempo considerada muito abrangente para um estudo temporal detalhado.

Os aparelhos mais comuns nos estudos neurocientíficos que utilizam esta técnica são:

Imagem por Ressonância Magnética Funcional (fMRI)

Tomógrafo por Emissão de Pósitrons (PET scan)

Tomógrafo Computacional por Emissão de Fótons Únicos (SPECT)

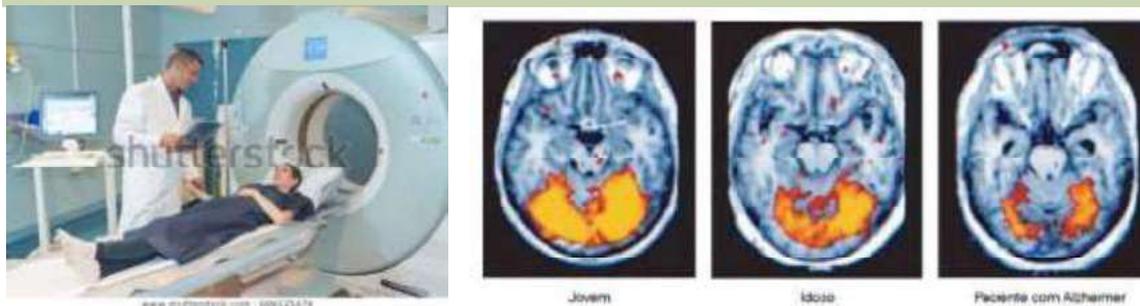
Imagem por Difusão de Tensão (DTI)

Espectroscopia por Infravermelho Próximo (NIRS)

Atualmente a técnica fMRI é a mais utilizada, por apresentar maior precisão de imagem e ser menos invasiva que o PET scan e o SPECT, pois ambos utilizam rastreadores radioativos. O fMRI gera, numa única sessão, tanto imagens anatômicas do cérebro de cada sujeito (imagem estrutural) quanto imagens representando a ativação observada durante a tarefa (imagem funcional), o que permite levar em consideração as pequenas diferenças anatômicas entre um sujeito e outro durante a análise – no entanto, a principal técnica de mapeamento anatômico é o DTI, que é capaz de rastrear as fibras cerebrais e criar um mapa estrutural do encéfalo. O fMRI pode ser utilizado, por exemplo, para mapear desde as variações anatômicas do cérebro de uma criança durante seu desenvolvimento físico e linguístico até mapear o local onde verbos regulares versus irregulares são processados no encéfalo. Para este último teste, imagine um grupo de falantes sendo solicitado a conjugar um conjunto de verbos regulares por alguns minutos (o tempo necessário até o sangue fluir para a área sendo ativada por essa tarefa) e, num segundo momento, sendo solicitados a conjugar outro conjunto de verbos, agora irregulares. A análise se daria pela comparação entre os locais ativados nos dois momentos de leitura.

ELEMENT 8: Figuras

Element Image: Figura



2. Aparelho fMRI

Fonte: Shutterstock, ID: 699125479

3. Exemplo de neuroimagem gerada pelo fMRI. Na figura tem-se as áreas ativas em três sujeitos, um jovem, um idoso e um paciente com Alzheimer durante a observação de estímulos visuais, como fotos e figuras. Segundo o autor, as diferenças observadas podem ser atribuídas ao envelhecimento.

Fonte: Kandel, 2014, página 387

END ELEMENT

Eletromagnetismo neuronal

Segundo Sampaio, França e Maia (2015), a primeira ferramenta tecnológica utilizada para observar a linguagem em cérebros saudáveis foi a Eletroencefalografia (EEG), pioneiramente utilizada no estudo de Kunas & Hillyard (1980), que avaliou os efeitos da quebra de expectativa em frases sintaticamente corretas, mas semanticamente inadequadas (“eu almocei um rádio ontem”). A quebra de expectativa é uma técnica amplamente utilizada em estudos com adultos e crianças, pois é um método capaz de revelar o que um falante inconscientemente considera como uma forma correta ou completa em sua língua. Ressaltamos, assim, que todos os métodos de imageamento cerebral devem ser aplicados em conjunto com tarefas linguísticas: mede-se a atividade cerebral de um falante enquanto ele utiliza alguma de suas habilidades linguísticas – seja ler, escrever, criar associações som-significado ou mesmo pensar em uma palavra. As técnicas que utilizam pistas eletromagnéticas apresentam excelente resolução temporal (em milissegundos), pois “monitoram o próprio mecanismo de envio de informação de um neurônio ao outro através de sinais elétricos” (Sampaio, França & Maia, 2015: 245), sendo ideais para o estudo da ordem de ativação dos múltiplos componentes envolvidos na linguagem. Em contrapartida, estas técnicas não apresentam boa resolução espacial, dado que não é possível estabelecer com precisão a região cerebral que originou a atividade elétrica.

Os aparelhos mais comuns nos estudos que utilizam técnicas eletromagnéticas são:

Eletroencefalograma (EEG)

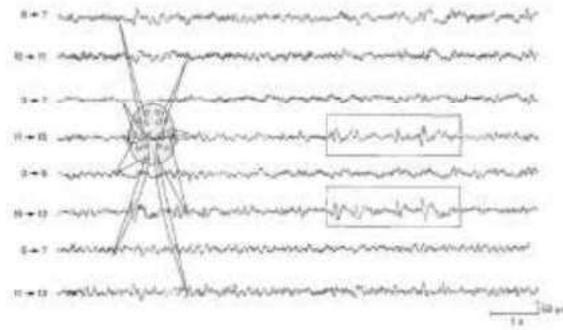
Magnetoencefalograma (MEG)

Potenciais Relacionados a Eventos (ERP)

Uma importante ressalva no uso de técnicas como o ERP e o EEG é que a fala deve ser evitada, pois os sinais elétricos musculares e do córtex neuromotor acabam por se confundir com os sinais decorrentes do processamento linguístico. Por este motivo, estas técnicas são aplicadas majoritariamente a estudos de compreensão linguística, e não de produção.

ELEMENT 9: Figuras

Element Image: Figura



4. Aparelho EEG

Fonte: Shutterstock, ID: 435923

5. Exemplo de neuroimagem gerada pelo EEG, com os sinais de cada eletrodo indicados. A análise é feita de acordo com os picos (positivos e negativos) provocados ao longo do tempo. Os picos tradicionalmente observados nos estudos da linguagem, de acordo com Sampaio, França e Maia (2015), são: P600 (pico positivo a 600ms a partir da exposição), relacionado ao processamento sintático da concordância verbal e nominal; N100 (pico negativo, a 100ms), relacionado ao processamento fonológico; o ELAN (Early Left Anterior Negativity, N200), relacionado à estrutura sintática; e o N400, relacionado ao processamento semântico de verbos e objetos.

Fonte: Kandel, 2014, página 976

END ELEMENT

Estimulação Magnética Transcraniana

Conforme Ullmann (2013), esta técnica funciona como um “controle remoto cerebral”, sendo capaz de ativar e inibir determinadas regiões do cérebro por meio da estimulação via impulsos magnéticos. É uma técnica capaz de simular lesões temporárias de maneira controlada e em diversas regiões do cérebro, sendo segura se aplicada corretamente. Pode também ser utilizada para fins terapêuticos. A máquina pode afetar somente cerca de 1 a 1,5 cm² por aplicação, sendo capaz de alcançar somente áreas mais superficiais do córtex, próximas ao crânio. Os resultados da estimulação magnética duram em média 100 milissegundos, o que também restringe sua aplicação. No entanto, esta é uma técnica extremamente interessante para aprimorar os conhecimentos advindos da Neurolinguística e da Afasiologia, uma vez que permite a inibição e a ativação de áreas precisas – diferentemente da lesão que ocorre após um AVC, por exemplo, que não pode ter sua extensão controlada.

ELEMENT 10: Figuras

Element Image: Figura



2.

Figura 6: Exemplo de neuroimagem gerada pelo EEG, com os sinais de cada eletrodo indicados.

Fonte: Shutterstock. ID: 1296341944

END ELEMENT

Cérebro e língua

Conforme Ullmann (2013), a língua está enraizada na biologia cerebral – para compreender melhor a natureza da linguagem faz-se necessário, então, também compreender melhor a neuroanatomia da linguagem. As associações entre porções anatômicas do cérebro e funções linguísticas que são descritas logo abaixo nesta seção advêm de estudos utilizando as metodologias acima delineadas, tanto em técnicas focadas na resolução espacial quanto técnicas temporalmente precisas. A descrição de tais estudos advêm principalmente do trabalho de Ullmann (2013).

O cérebro é composto por dois hemisférios relativamente semelhantes entre si, que por sua vez se dividem em quatro lobos: frontal, temporal, parietal e occipital. Estes lobos são compostos por sulcos e protuberâncias, que auxiliam na formação de um mapa anatômico consistente – ou seja, todos os humanos apresentam os mesmos sulcos e protuberâncias no cérebro, embora pequenas diferenças individuais possam ser encontradas em sua localização exata.

ELEMENT 11: Figuras

Element Image: Figura



Lobos cerebrais. Em amarelo: lobo frontal. Verde: temporal. Rosa: Parietal. Roxo: Occipital.

Fonte: Shutterstock. ID: 76017355

END ELEMENT

Grosso modo, podemos associar o lobo frontal com a torre de controle do cérebro, pois esta área está relacionada ao planejamento, raciocínio, controle de impulsos e mesmo ao controle de emoções, como a generosidade e a empatia. O lobo temporal, por sua vez, relaciona-se principalmente ao processamento auditivo e linguístico, além de estar envolvido em funções cognitivas como a memória. Já o lobo parietal processa, principalmente, estímulos táteis e de dor. Por fim, o lobo occipital realiza o processamento visual, categorizando o formato, a cor e os movimentos realizados pelas imagens a fim de interpretá-las.

Em relação especificamente à anatomia funcional da linguagem, sabe-se que o léxico mental, o sistema semântico-conceitual e os sistemas fonológico, sintático e morfológico apresentam processamento em regiões cerebrais relativamente precisas e distintas. O léxico, por exemplo, distribui-se majoritariamente pelo lobo temporal esquerdo, organizando as palavras do vocabulário de um indivíduo de acordo com redes neurais, que se organizam tanto por meio de conceitos (ligando palavras de significados semelhantes, como “bola”, “futebol”, “jogador”, “gol”), quanto por meio de semelhanças fonológicas (ligando palavras com sons parecidos, como “gato”, “rato”, “mato”, “pato”). Por ser organizada em redes, é possível encontrar pacientes com disfunções linguísticas em determinados núcleos lexicais – por exemplo, é possível encontrar problemas na recuperação de palavras relacionadas a ferramentas, como “martelo”, mas não a animais, como “tubarão-martelo”; na evocação de nomes

próprios, como “João”, mas não nomes comuns, como “jaca”; e em verbos, mas não em substantivos ou adjetivos – o que é um caso especialmente interessante pensando-se no inglês, em que palavras como *dress* ou *watch* podem significar tanto os verbos “vestir” e “assistir” quanto os substantivos “vestido” e “relógio”: existem pacientes que apresentam dificuldade na evocação de apenas um destes sentidos gramaticais, verbal ou nominal, apesar da forma fonológica da palavra ser estritamente a mesma. Isso porque, enquanto verbos são comumente associados ao lobo frontal esquerdo, substantivos e adjetivos concentram-se no lobo temporal esquerdo.

Por sua vez, a forma fonológica das palavras estocadas no léxico mental dos falantes parece concentrar-se majoritariamente nas porções mediais e finais da parte superior do lobo temporal, tanto no hemisfério esquerdo quanto no hemisfério direito do cérebro. No lado direito tem-se principalmente o processamento melódico da fala, como a prosódia e a entoação, e no lado esquerdo tem-se o processamento das menores unidades sonoras da língua, como as sílabas e fonemas – especialmente na área de Wernicke, que é recrutada no processo de recuperação da constituição fonológica das palavras – ou seja, para recuperar quais sons compõem uma determinada palavra, e como eles se combinam entre si em sílabas. Já a contraparte semântico-conceitual das palavras é processada na região anatômica logo abaixo daquela responsável pelo processamento fonológico dos itens lexicais. Recuperar, reconhecer e aprender estes itens, no entanto, parecem ser tarefas realizadas por outras áreas cerebrais: o gânglio basal (pequenas estruturas localizadas na parte interior do cérebro, que não podem ser vistas sem seccionar o encéfalo) e partes da Área de Broca são responsáveis por reconhecer palavras (ou seja, dizer se você conhece ou não uma palavra específica). Por outro lado, aprender novas palavras é uma tarefa realizada pela porção medial do lobo temporal, somada ao hipocampo. Por fim, a porção direita do cerebelo apresenta função de buscar as palavras demandadas pelas ideias do falante – e essa busca ocorre dentro o conjunto de cerca de 100.000 palavras estocadas em nosso Léxico. No geral, recuperar palavras é um processo extremamente rápido e eficaz: o tempo médio de recuperação lexical em um adulto é de cerca de 600 milissegundos. No entanto, sabe aquela sensação de que sabemos uma palavra, podemos até mesmo senti-la e recuperar algumas de suas propriedades (como seu primeiro ou último sons), mas não conseguimos lembrar de seu nome? Este é um fenômeno chamado *na-ponta-da-língua*, intimamente relacionado ao cerebelo e a uma dificuldade momentânea em acessar a rede neural que contém a palavra desejada, que pode estar ligada, por exemplo, à frequência de uso daquele item: vocábulos de menor frequência na língua (como “elmo”, “cajado”, “bússola”) apresentam um tempo de recuperação superior àqueles de maior frequência (como “casa”, “carro”, “mãe”).

Ainda no lobo temporal, mas fora do âmbito lexical, tem-se o processamento sintático, que suscita forte ativação na área de Broca. Mas mesmo dentro da área de Broca observa-se também outras distinções anatômico-funcionais: sentenças sintaticamente mais complexas (como “O suco que a menina espirrou manchou o tapete”) parecem ativar porções mais posteriores da área de Broca se comparadas a sentenças menos complexas (como “A menina espirrou o suco que manchou o tapete”), o que evidencia que a área de Broca é recrutada em mais de uma função do processamento sintático. Por outro lado, estudos advindos da Neurolinguística e da Afasiologia observaram que lesões restritas à área de Broca – ou seja, que não se alastram pelas regiões corticais ao redor daquela região – tendem a provocar agramatismos transitórios: a dificuldade em produzir e interpretar estruturas sintáticas pode ser somente temporária, diferentemente de quando outras áreas ao redor de Broca também são lesionadas. Fora do lobo temporal, as estruturas do gânglio basal também parecem estar envolvidas no processamento sintático – e embora estudos ainda não converjam a uma função sintática específica, pacientes que sofrem da doença de Parkinson ou da doença de Huntington apresentam anormalidades em sua produção e compreensão de sentenças.

Tratando por fim do componente morfológico da língua, há evidências de que formas verbais regulares e irregulares sejam processadas em áreas distintas do cérebro: a ativação neuronal observada em estudos como o ERP aponta que erros morfológicos como “Eu fazi a lição ontem” são detectados mais rapidamente se comparados a erros como “Ontem eu vou à praia”. A produção de verbos irregulares

incita principalmente a ativação do lobo temporal e até mesmo no cerebelo, enquanto a produção de verbos regulares concentra sua ativação no lobo frontal, na área de Broca e no gânglio basal.

Observa-se, assim, que embora diferentes funções linguísticas sejam no geral processadas em regiões distintas do cérebro, muitas destas regiões participam de mais de uma função na cognição linguística – o que nos demonstra, uma vez mais, o quão complexa e intrincada é a relação entre Cérebro e Linguagem.

ELEMENT 12: Ref

.

Damasio, A.R. Brain and language: What a difference a decade makes. **Current opinion in neurology**, 1997, 10:177-178.

França, A. I. Apresentação: A linguagem nas neurociências. **Revista Lingüística**, volume 7, número 2, dezembro 2011.

Kuhl, P.; Damasio, A.R. A linguagem. In: KANDEL (ORG). **Princípios de Neurociências**. 5ª edição, 2014.

Sampaio, T. O. M; França, A. I.; Maia, M. Linguística, psicologia e neurociência: a união inescapável dessas três disciplinas. **Revista Lingüística**, vol. 11, número 1, junho de 2015, pp. 230-251

Ullmann, “Language and the brain”. In: FASOLD; R. CONNOR-LINTON, J. **An introduction to language and linguistics**. 2013, 6ª edição

Imagens:

Figura 1: <https://neuroscimed.wordpress.com/tag/intracranial-eeeg/>

Figura 2: Shutterstock, ID: 699125479

Figura 3: Página 387 de KANDEL (ORG). Princípios de Neurociências. 5ª edição, 2014.

Figura 4: Shutterstock, ID: 435923

Figura 5: Página 976 de KANDEL (ORG). Princípios de Neurociências. 5ª edição, 2014.

Figura 6: Shutterstock. ID: 1296341944

Figura 7: Shutterstock. ID: 76017355

.

END ELEMENT