

Aprendizagem de Línguas em Neuropsicologia: a Teoria Declarativa/Procedural

Language Learning in Neuropsychology: Declarative/Procedural Theory

Heloísa Pedroso de Moraes Feltes*, Fernanda Bertelli Fogaça

Resumo

Este artigo objetiva oferecer uma ampla revisão do *framework* da Teoria Declarativa/Procedural (DPT), de Michael Ullman, a partir de artigos publicados entre 1998, quando a DPT foi proposta, até 2016. A DPT sustenta que a aprendizagem da linguagem depende de dois sistemas de memória: o léxico é aprendido por memória declarativa, e as regras gramaticais, por memória procedural. Com esta revisão, os resultados obtidos são: (a) estudos com pacientes com distúrbios, utilizando neuroimagens, verificaram as áreas encefálicas ativadas durante a realização de atividades ligadas à linguagem e à memória; (b) identificação de que as memórias declarativa e procedural não são específicas da linguagem, pois atuam em habilidades motoras e recordações de fatos e eventos; (c) com o avanço das pesquisas, a DPT tornou-se mais flexível, admitindo que os sistemas de memória, mesmo independentes, interagem de várias formas; e (d) fatores como idade, frequência de exposição ao *input* linguístico, disfunções e hormônios impactam no uso dos dois sistemas.

Palavras-chave: aprendizagem da linguagem; memória declarativa; memória procedural; teoria declarativa/procedural.

Abstract: *This paper aims at providing a wide review of the Michael Ullman's Declarative/Procedural Theory framework from papers published between 1998 (when DPT was proposed) and 2016. The DPT claims that the language learning depends upon two distinct memory systems: lexicon is learned by declarative memory, whereas grammar rules use procedural memory. From this review, the results are: (a) studies with patients with disorders, using neuroimaging, revealed regions of the encephalon that were activated during the performance of activities involving language and memory; (b) identification that the declarative and procedural memories are not domain-specific, since they act on motor abilities and retrieval of facts and events; c) with the improvement of the researches, Ullman's theory became more flexible, admitting that even though the memory systems are independent, they interact many times; and variables such as age, frequency, disorders and hormonal issues impact on the use of both memory systems.*

Keywords: *language learning; declarative memory; procedural memory; declarative/procedural theory.*

* H.P. de M. Feltes - E-mail: helocogn@terra.com.br

1. Introdução

A aquisição e a aprendizagem de uma língua dependem de um complexo aparato cognitivo e neurológico. Logo, quando as estudamos, o fazemos na interface de estudos no âmbito da psicologia cognitiva e das neurociências (Lamprecht, 2011). A psicologia cognitiva tem o objetivo de entender a cognição humana através da observação do comportamento das pessoas enquanto elas realizam atividades cognitivas e, na busca do entendimento das atividades cognitivas, estudam-se também estruturas e processos cerebrais (Eysenck & Keane, 2017). O campo das neurociências busca mapear as estruturas encefálicas, compreender seu funcionamento por procedimentos empíricos, de modo a conectar seus achados com diferentes níveis do comportamento humano (Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum & Hudspeth, 2014). Neste artigo, o tema da aquisição/aprendizagem de línguas se dá pela via da neuropsicologia. A neuropsicologia é um campo de pesquisa das neurociências que envolve uma série de áreas como a neurologia e a psicologia cognitiva, para citar algumas. Suas investigações têm o intuito de buscar o entendimento das relações entre o comportamento humano, a cognição e a organização cerebral, tanto em pessoas com desenvolvimento normal quanto em pacientes com lesões cerebrais (Malloy-Diniz, Fuentes, Mattos & Abreu, 2010).

Especificamente, dedicamo-nos aos estudos de Michael Ullman. Sua teoria é conhecida como Modelo Declarativo/Procedural ou *DP Theory*. Para o autor, a aprendizagem da linguagem, bem como seu armazenamento e uso dependem de dois sistemas de memória de longo prazo: o declarativo e o procedural (Ullman & Lovelett, 2016). De acordo com essa teoria, o léxico é aprendido conscientemente, ou seja, a partir da memória declarativa. Já as regras gramaticais são aprendidas de forma não consciente, pela memória não declarativa ou procedural (Ullman, 2004).

Neste artigo realizamos uma detalhada apresentação da *DP Theory*, considerando que há estudos no Brasil que referem esta teoria. Esse é o caso da dissertação “Processamento da correferência anafórica de pronomes e nomes repetidos em brasileiros aprendizes de francês como L2” (Gadelha, 2012), que dedica uma breve subseção à apresentação dessa teoria; do artigo “Sistemas de Memória e Processamento da Linguagem: um Breve Panorama” (Mota, 2015), que dedica alguns parágrafos à *DP Theory*; e “Interação entre conhecimento explícito e implícito na aprendizagem de L2: quais as contribuições trazidas pela neurolinguística para essa discussão?” (Aquino, 2012), que dedica uma breve seção para a apresentação da teoria. Desse modo, esta revisão, mais detalhada, pode contribuir para uma compreensão mais ampla do modelo, ponto a partir do qual novas pesquisas e revisões teóricas comparativas e críticas seriam facilitadas.

Na seção 2, partimos de modelos de estruturas da memória humana; na seção 3, descrevemos a metodologia; na seção 4, caracterizamos a teoria de Ullman; na seção 5, levantamos alguns pontos importantes de discussão da teoria; e, na seção 6, fazemos as considerações finais.

2. Memória em Neuropsicologia: o modelo clássico

Um dos aspectos estudados pela neuropsicologia é a memória, alvo de pesquisas desde longa data devido à sua relevância como conhecimento de sustentação de estudos sobre a cognição em geral e a de aquisição/aprendizagem de línguas, foco de nossa atenção.

Muitos modelos de memória surgiram desde os anos 1960 para explicar os tipos de memória existentes. Através de experimentos, os pesquisadores descobriram que os seres

humanos possuem sistemas distintos de memória: de trabalho ou operacional, de curto e de longo prazo. A memória de trabalho é responsável por manter uma informação por um curto espaço de tempo. Baddeley e Hitch propuseram um modelo em 1974 para explicar esse tipo de memória que, segundo eles, seria composta por um sistema supervisor chamado de executivo central e dois subsistemas: alça fonológica e esboço visuoespacial (*apud* Fuentes, Malloy-Diniz, Camargo & Cosenza, 2010).

A alça fonológica é utilizada para manter informações ao receber *inputs* verbais (fonológicos), como, por exemplo, quando se repete um número de telefone mentalmente após este ter sido informado verbalmente por alguém, para conseguir realizar uma ligação em seguida. Algumas características que foram observadas por Baddeley e Hitch quanto à alça fonológica foram: o efeito de similaridade fonológica, o comprimento das palavras e a supressão articulatória. O primeiro refere-se à maior facilidade em memorizar um grupo de palavras com sons fonéticos diferentes do que as com sons fonéticos similares. Quanto ao comprimento das palavras, as listas de palavras mais longas demoram mais tempo para serem articuladas e são menos lembradas do que as listas de palavras mais curtas. A supressão articulatória refere-se a situações em que é solicitado que se produza algum som/palavra irrelevante em voz alta ao tentar evocar uma memória. Dessa forma, existe o bloqueio do ensaio mental do que se quer expressar. Sem esse ensaio, há um declínio na recordação da memória (*apud* Hickok & Small, 2016).

O esboço visuoespacial é utilizado para manter informações acerca de imagens de objetos visuais e localização dos mesmos no espaço. A alça fonológica e o esboço visuoespacial são coordenados pelo sistema executivo central responsável por alocar recursos de atenção dos dois subsistemas (Kandel *et al.*, 2014).

Em 2000, um novo subsistema foi incluído no modelo de Baddeley e Hitch: o retentor ou *buffer* episódico. Ele é responsável por conectar as informações da memória de longo prazo com as de curto prazo, integrando a lembrança de episódios, além de fazer as associações entre os diferentes grupos de informação (Fuentes, Malloy-Diniz, Camargo, Cosenza, 2014). A Figura 1 é uma representação do Modelo de Baddeley e Hitch.

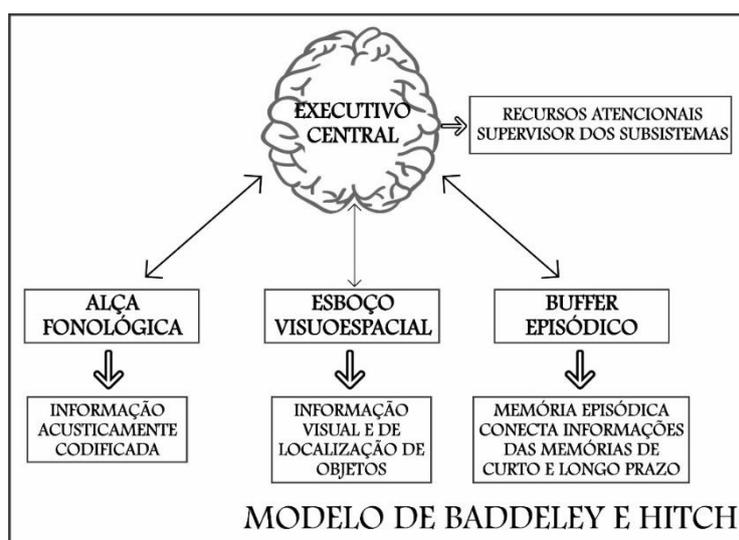


Figura 1 – Modelo de Baddeley e Hitch

Fonte: Elaboração própria

O modelo clássico dos sistemas de memória de curto e longo prazo foi proposto por Atkinson e Shiffrin, em 1968. Nessa proposta, a divisão estrutural básica é composta por três

componentes: o registro sensorial, a memória de curto prazo e a de longo prazo. Os estímulos recebidos do ambiente são primeiramente registrados em um sistema sensorial passageiro. O segundo componente é a memória de trabalho do sujeito e nele as informações são gravadas através de repetições. (1) O tempo para o declínio e desaparecimento desses dados depende de cada indivíduo e do reforço dado para o armazenamento. Nesses dois primeiros componentes todas as informações são completamente perdidas após um dado tempo. Já na memória de longo prazo elas são relativamente permanentes, possíveis de serem evocadas (Atkinson & Shiffrin, 1968). A Figura 2 é uma representação do Modelo Clássico de Atkinson e Shiffrin.

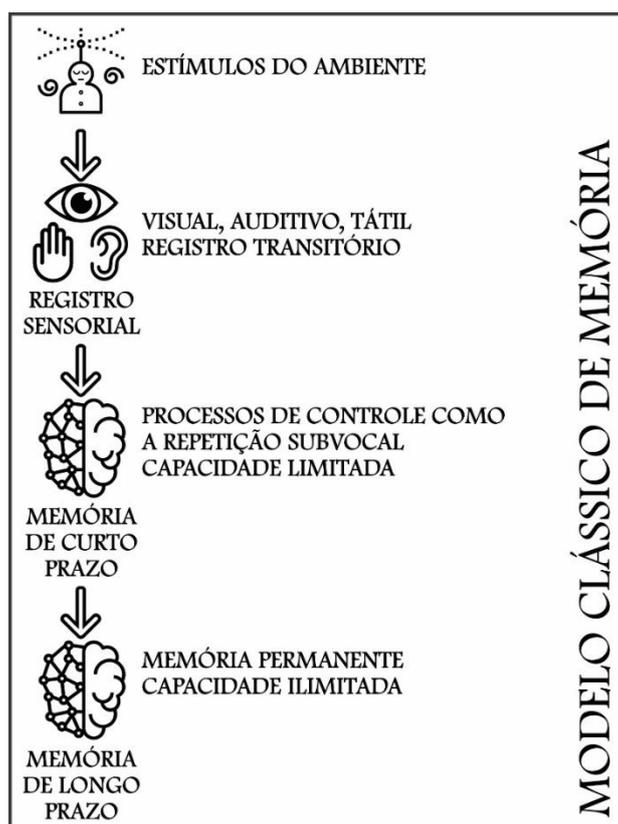


Figura 2 – Modelo clássico de Atkinson e Shiffrin (1968)

Fonte: Elaboração própria

Em 1972, Tulving propôs um modelo de memória de longo prazo em que a memória declarativa é dividida em episódica e semântica. A memória episódica é aquela que armazena as experiências pessoais vividas pelos sujeitos, como, por exemplo, casamento ou formatura. A semântica é a memória necessária, fundamental, para a linguagem. Nela estão as palavras armazenadas na mente, todas as características de cada uma delas e relações que estabelecem com outros vocábulos. Quando pensamos em uma ferramenta, por exemplo, além da palavra que a representa também temos noção do material de que ela é feita, qual é a sua função e com quais outros objetos ela pode ser associada (*apud* Fuentes *et al.*, 2014). A Figura 3 representa o Modelo de Tulving.

De uma perspectiva global, a memória pode ser classificada quanto ao seu tempo de retenção e conforme seu conteúdo. Na primeira classificação, ela é dividida em: memória de trabalho, memória de curto e de longo prazo. Quanto ao conteúdo, é separada em *memória declarativa* ou explícita e *procedural* ou não declarativa, implícita. A memória declarativa é aquela que acessamos conscientemente. Ela é dividida em episódica e semântica conforme a

Figura 3 do modelo de Tulving. A memória não declarativa, também chamada de procedural, não é consciente e abrange as seguintes divisões: memória de procedimento, sistema de representação perceptivo, condicionamento clássico e aprendizado não associativo. A memória de procedimento envolve a aprendizagem de habilidades motoras (e.g., aprender a dirigir, a andar de bicicleta) e cognitivas (e.g., habilidade de leitura). O sistema de representação perceptivo corresponde ao *priming* que se refere à recordação facilitada de uma memória devido à prévia exposição a mesma. O condicionamento clássico ocorre quando há uma resposta condicionada entre dois estímulos. Através de associação, o estímulo condicionado (que em sua origem é neutro para o organismo) é pareado com um estímulo não condicionado (que obtém uma resposta do organismo). O aprendizado não associativo diferentemente do associativo, corresponde à habituação, que representa a diminuição de uma resposta após repetição de um estímulo, e à sensibilização, que se refere ao aumento de uma resposta após repetição do estímulo (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2006). A Figura 4 é uma representação dessa classificação da memória.

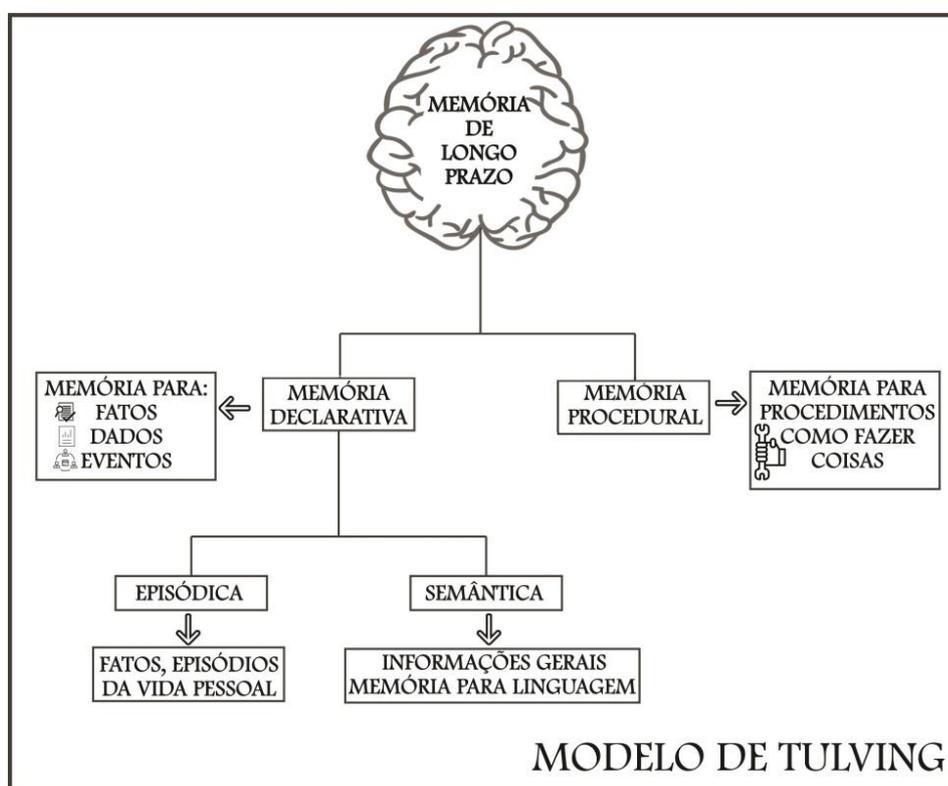


Figura 3 – Modelo de Tulving

Fonte: Elaboração própria

Cada um desses tipos de memória envolve estruturas específicas do encéfalo. A memória de curto prazo contempla córtex frontal, parietal e temporal. A memória declarativa ativa áreas do lobo temporal, diencefalo e neocórtex, especialmente o pré-frontal, enquanto a não declarativa abrange os núcleos da base e o cerebelo (habilidades motoras e cognitivas), neocórtex associativo e perceptivo (*priming*), músculos esqueléticos (condicionamento clássico) e as vias dos reflexos (aprendizado não associativo). A figura 5 apresenta os tipos de memória e as áreas encefálicas envolvidas em cada um deles (Gazzaniga *et al.*, 2006).

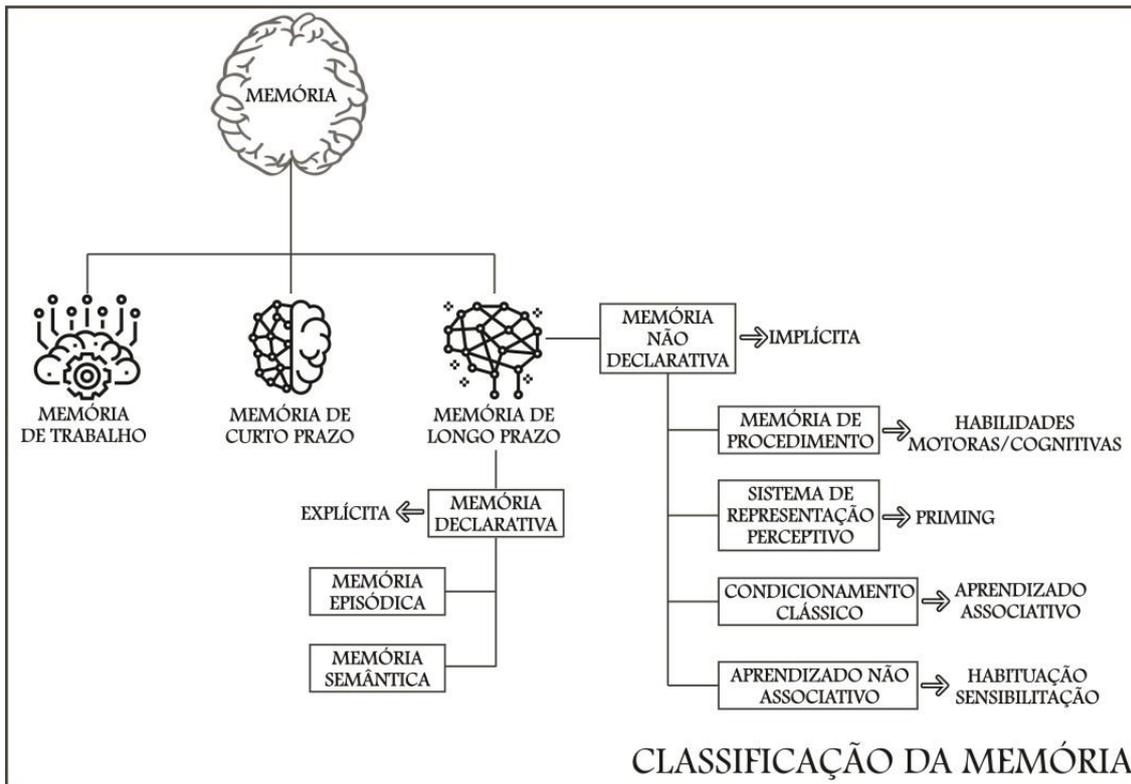


Figura 4 – Classificação da memória
 Fonte: Elaboração Própria

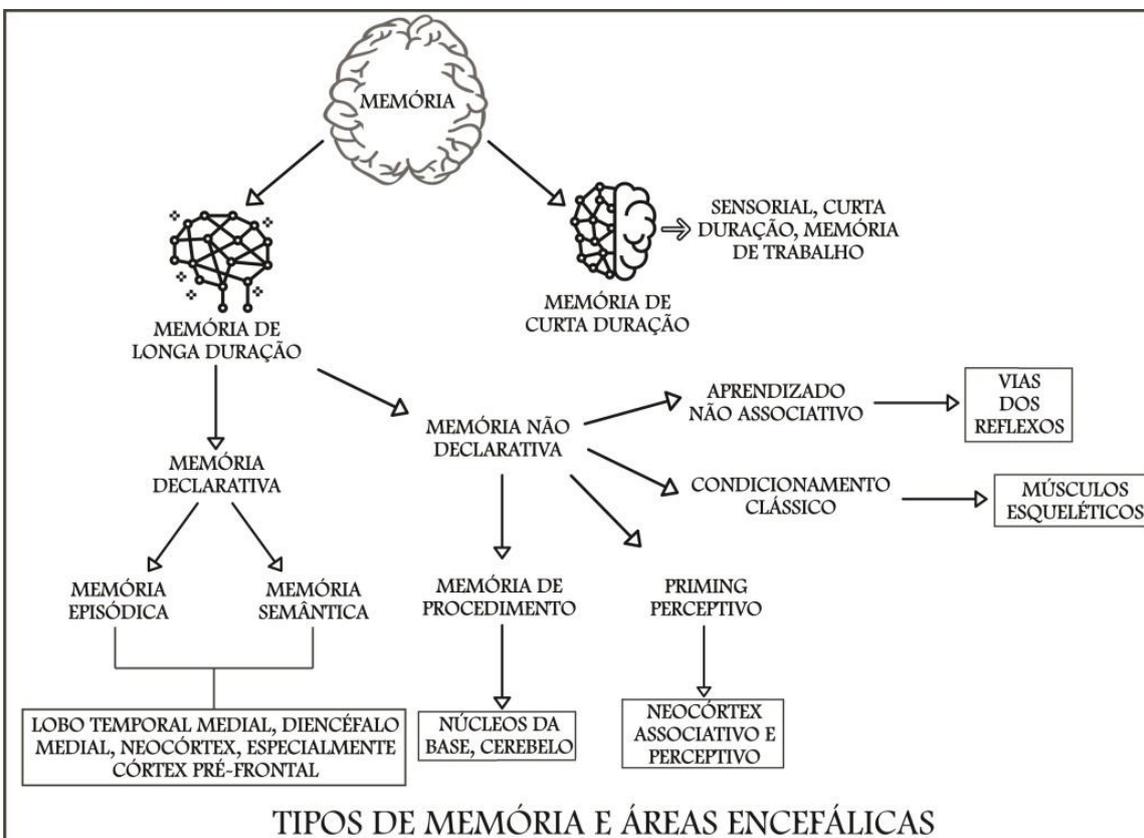


Figura 5 – Tipos de Memória e Áreas Encefálicas
 Fonte: Elaboração própria, baseada em Gazzaniga et al. (2006, p. 367)

Estudos com pacientes com amnésia ou algum tipo de afasia foram fundamentais para as descobertas de sistemas distintos de memória, bem como das estruturas encefálicas envolvidas em cada um deles. O caso do paciente epilético H.M. é o exemplo mais conhecido. Por volta de 1950, na tentativa de tratar de suas fortes crises de epilepsia, H.M. teve o hipocampo e grande parte das estruturas dos lobos temporais que o circundam removidos cirurgicamente. Após a cirurgia, o paciente sofreu profunda amnésia tanto anterógrada (incapacidade de adquirir novas memórias e evocá-las posteriormente) quanto retrógrada (perda da memória dos fatos recentes ocorridos antes da operação). Contudo, sua capacidade com tarefas motoras e cognitivas não foi perdida. Apesar de H.M. não se lembrar das tarefas que já havia feito, ele demonstrava uma evolução na realização delas. Portanto, casos como esse auxiliaram no entendimento de que não existe apenas um tipo de memória e de que determinadas estruturas têm papéis distintos para cada uma dessas memórias (Stark, 2016).

O surgimento das técnicas de neuroimagem possibilitaram a verificação das áreas que são ativadas durante a realização de atividades cognitivas. A eletroencefalografia (EEG) é um gráfico que representa a atividade elétrica cerebral, medindo a atividade neuronal em um determinado espaço temporal. As oscilações de frequência muito altas são associadas a funções cognitivas como a memória. A magnetoencefalografia (MEG) detecta campos magnéticos que são produzidos pela atividade cerebral. Por meio dela é possível verificar a localização da atividade cerebral em um espaço muito curto de tempo (milissegundos). A imagem por ressonância magnética funcional (fMRI, *Functional Magnetic Resonance Imaging*) e a tomografia por emissão de pósitrons (PET, *Positron Emission Tomography*) geram imagens que representam, em experimentos, as diferenças entre dois estados do cérebro, como por exemplo a comparação entre o cérebro em repouso e durante alguma atividade como a realização de um cálculo (Rodden & Stemmer, 2008).

3. Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, de caráter bibliográfico, cujas fontes são, principalmente, artigos científicos em língua inglesa compilados a partir do portal de periódicos da Capes, tendo como descritores 'Ullman', 'DP theory', 'second language learning', 'language acquisition' e 'long-term memory' em diferentes combinações.

São referidos artigos a partir de 1997, quando Ullman publica seus achados iniciais, até os artigos mais recentes, de 2016, publicados por Ullman e colaboradores. Alguns artigos foram descartados por serem revisões parciais de publicações de Ullman entre 1997 e 2001.

A revisão da *DP theory* entre os anos de 2017 e 2019 está em curso, mas o enfoque da maioria dos artigos encontra-se em experimentos com uso de neuroimagens obtidas com tecnologias mais avançadas que apontam para detalhes tratados neste artigo. A pesquisa que cobre esses últimos 3 anos é objeto de uma outra revisão focada no papel das neuroimagens para a verificação empírica de teorias advindas de pesquisas sobre linguagem na interface com neuropsicologia e neurociências.

4. Memória, léxico e gramática: A DP Theory de Ullman

O neurocientista Michael Ullman realizou estudos acerca da memória na aprendizagem de uma segunda língua, desenvolvendo a *DP Theory* ou Modelo Declarativo/Procedural. Suas pesquisas levantaram dados que o fizeram afirmar que existem sistemas distintos de memória. Na análise da linguagem, sabe-se que ela é composta por um léxico, que são as palavras armazenadas na memória, e pela gramática, composta por regras

que o encéfalo aprende a processar. A memória declarativa, utilizada para recordar fatos e eventos, também seria responsável por gravar o léxico. Esse tipo de memória é consciente, sendo que precisamos acessar os dados gravados em nosso cérebro para evocar essas memórias. A memória não declarativa ou procedural, responsável pelas habilidades motoras e coordenação de procedimentos, seria utilizada para aplicação de regras gramaticais. Essa memória é automática, diferentemente da declarativa (Ullman, 1999a, 2001a, 2001b, 2004, 2005).

Para comprovação dessa teoria, Ullman realizou diversos testes principalmente utilizando o passado simples da língua inglesa. Esse tempo verbal diferencia verbos regulares, formados com o sufixo *-ed* nos verbos, seguindo uma regra, dos verbos irregulares que deveriam ser memorizados, pois não existe uma regra que abarque sua formação. A evocação de um verbo irregular bloqueia a aplicação da regra. Quando não são corretamente evocados ocorrem erros como aplicar a regra para um verbo que seria irregular, *e.g.* *'dugged'* em vez de *'dug'* (Ullman *et al.*, 1997; Pinker & Ullman, 2002). Suas pesquisas envolveram a realização de tarefas por pessoas sem nenhum dano cerebral, mas também em pessoas com afasias e doenças como Parkinson, Alzheimer, Huntington, entre outras. Foi solicitado a essas pessoas que colocassem uma série de verbos da língua inglesa no passado e, com o uso das neuroimagens, foi possível verificar a ativação de determinadas áreas encefálicas para corroborar sua teoria, que afirma a existência de sistemas distintos de memória (Ullman *et al.*, 2005).

Na linguagem, observou-se que o uso da memória declarativa ativa estruturas do lobo temporal medial (o hipocampo e suas estruturas relacionadas) que se conectam com regiões neocorticais, a temporal e a parietal, sendo responsáveis pela consolidação de memória e evocação de informações previamente aprendidas. Trata-se de uma memória associativa (Ullman, 2001a; Walenski & Ullman, 2005). O córtex pré-frontal anterior pode fundamentar a seleção ou evocação de memórias declarativas, enquanto porções do lado direito do cerebelo podem estar envolvidas na busca por esse conhecimento (Ullman, 2001a, 2005). O lobo temporal parece ser responsável pela armazenagem do significado das palavras enquanto regiões temporo-parietais podem ser mais importantes no depósito dos sons das palavras (Ullman, 2001a).

A memória não declarativa ativa regiões do córtex frontal (incluindo a área de Broca e a área motora suplementar) e núcleos da base. Os circuitos dos núcleos da base são conectados (via tálamo) com córtex frontal. Outras áreas também parecem fazer parte desse sistema de memória: córtex parietal e o núcleo denteado do cerebelo. Essa memória leva ao aprendizado implícito e uso e manipulação de símbolos (gramática) nos subdomínios que incluem sintaxe, morfologia e provavelmente fonologia (o modo como os sons são combinados). A memória procedural é menos entendida do que a declarativa. Seu aprendizado é gradual e contínuo durante diversas apresentações de estímulos e respostas, diferentemente do rápido aprendizado promovido pela memória declarativa. Nesse sistema, as regras são aplicadas rápida e automaticamente, sendo disparadas pelo estímulo ao invés de controle consciente (Ullman, 2001a, 2004).

Segundo Ullman e Lovellet (2016), a memória declarativa deve fundamentar o aprendizado, a armazenagem e o uso de todo conhecimento idiossincrático na linguagem tanto para a língua materna quanto para uma segunda língua. As palavras primitivas, seus significados, o conhecimento acerca da categorização (*e.g.* necessidade do uso de um complemento após determinado verbo) e o mapeamento entre as palavras (som com significado) deveria depender desse sistema.

Os autores sustentam que os aspectos gramaticais também deveriam ser aprendidos primeiramente pela memória declarativa, visto que seu aprendizado é rápido devido à sua flexibilidade. Portanto, esse sistema deveria ser capaz de aprender tanto aspectos idiossincráticos quanto gramaticais da linguagem. Entretanto, o sistema procedural deveria gradualmente aprender esse conhecimento em paralelo, pois ele é adequado para o aprendizado do conhecimento implícito sobre regras, sequências e categorias. O conhecimento gramatical tende a ser aprendido e armazenado de diferentes formas pelos sistemas declarativo e procedural (*e.g.* blocos ou regras explícitas tendem a ser aprendidos por memória declarativa enquanto regras implícitas que se aplicam rapidamente tendem a ser aprendidas por memória procedural). Após suficiente experiência com a linguagem, o processamento procedural da gramática tende a prevalecer sobre o mesmo conhecimento declarativo, resultando em uma maior automatização.

Ullman e Lovellet (2016) afirmam que o aprendizado de uma segunda língua (L2) difere de formas importantes da aquisição da língua materna (L1). A gramática tende a depender mais da memória declarativa e menos de memória não declarativa na aprendizagem de segunda língua, por diversos motivos:

- a) Há uma menor exposição à L2 do que à L1, simplesmente pelo fato de o aprendizado de L2 ocorrer depois. Quanto mais tarde for aprendida a L2 maior será essa diferença. Como a memória não declarativa aprende apenas gradualmente, a dependência maior deverá ser da memória declarativa.
- b) O aprendizado e a consolidação na memória procedural podem ter um pico na fase inicial da vida e depois declinar, enquanto a memória declarativa mostra o padrão oposto. O aprendizado de L1 e de L2 que não seja tardio tende a depender de memória procedural para a gramática (especialmente após uma boa exposição à língua), enquanto o aprendizado tardio de L2 deve mostrar uma maior dependência na memória declarativa, e talvez nunca seja possível automatizar (memória procedural) a gramática da mesma forma que na língua materna. O aprendizado da gramática pela memória procedural pode ser esperado mesmo em L2, já que ela parece estar apenas atenuada, não extinta, em aprendentes tardios, mesmo em adultos. A extensão da automatização da gramática por aprendentes de L2 ainda é desconhecida, mas parece depender de diversos fatores, incluindo diferenças individuais (memória de cada indivíduo).
- c) o contexto de aprendizagem pode influenciar a dependência nos dois sistemas de memória para a gramática. O conhecimento explícito dependerá de memória declarativa quando em contextos de imersão, e a falta de instrução explícita dependerá de memória procedural.

Conforme Ullman e Lovellet (2016), pessoas que adquirem uma língua em fases tardias, particularmente após a puberdade, geralmente não adquirem a linguagem no nível de proficiência que é alcançado por aprendizes jovens. Contudo, a exposição suficiente à L2 pode levar à proficiência na língua. A aprendizagem tardia da linguagem não parece causar dificuldades iguais para funções lexicais e gramaticais. O aprendizado tardio afeta negativamente a aprendizagem e o processamento da gramática, enquanto a aprendizagem e o processamento lexical permanecem relativamente intactos.

Para os autores, no aprendizado de L2, no início da fase adulta o conhecimento procedural é mais problemático do que o declarativo quando comparado ao aprendizado em crianças. Alguns fatores que explicam esse fato são: na fase adulta, as habilidades de

abstração de regras são reduzidas devido ao aumento da capacidade de memória de trabalho e há atenuação da memória procedural e melhora da memória declarativa. Evidências obtidas em humanos e animais sugerem que o aprendizado de habilidades motoras associado com o sistema procedural é sujeito a efeitos de períodos críticos em fases iniciais da vida. Há uma melhora da memória declarativa durante a infância e um possível platô na adolescência. As mudanças nesses sistemas podem ser ao menos em parte explicadas pelo aumento no nível de estrogênio (que inibe memória procedural e melhora memória declarativa) que ocorre durante a infância/adolescência. Os adultos com idade mais avançada passam a ter maior dificuldade no aprendizado de novas informações devido ao declínio da memória declarativa e do nível de estrogênio (principalmente em mulheres pós-menopausa). Comparados a adultos mais jovens há maior dificuldade tanto na memória procedural quanto na declarativa.

Ullman e Lovellet (2016) reforçam que nem todas as construções da linguagem podem ser facilmente memorizadas; por isso, depender apenas do sistema declarativo pode não levar à proficiência em todos os aspectos da gramática. A prática deve levar ao aprendizado procedural e melhora de desempenho. Com experiência suficiente de L2, a linguagem tende a ficar com a mesma dependência procedural de L1 quanto à gramática, com potencial de alto nível de proficiência. Dissociações entre formas simples e complexas são esperadas com alta frequência em L2 e em L1, mas menos ou nada com baixa experiência em L2 que dependerá fortemente de memória declarativa tanto para o aprendizado de léxico quanto de gramática.

É importante levantar o fato de que o estudo com pacientes com algum tipo de dano cerebral foi bastante importante para o entendimento dos sistemas distintos de memória. A doença de Parkinson, por exemplo, causa a degeneração de neurônios dopaminérgicos nos núcleos da base (substância negra), provocando altos níveis de inibição de áreas motoras e de outras áreas corticais frontais para as quais os núcleos da base projetam. Isso parece explicar a supressão de movimentos (hipocinesia) e pode levar a descobertas quanto à dificuldade de aprendizado de habilidades motoras, de percepção e cognitivas. Esses pacientes também parecem ter dificuldades na compreensão e produção da gramática. Por outro lado, as regiões do lobo temporal, bem como o reconhecimento de palavras e fatos mostram-se relativamente intactos em sujeitos com baixa ou sem demência (Ullman, 2001b, 2004; Ullman *et al.*, 2005).

Já o mal de Alzheimer causa degeneração grave de regiões temporais e temporo-parietais, com relativa preservação dos núcleos da base e de regiões corticais frontais, particularmente a área de Broca. Esses pacientes demonstram deficiência na evocação e reconhecimento de palavras. Contudo, não possuem dificuldades no processamento sintático, produção e compreensão de frases, nem na identificação ou correção de erros. Ademais, não apresentam complicações nas habilidades motoras e cognitivas (Ullman, 2001b, 2004; Ullman *et al.*, 2005).

A doença de Huntington, por sua vez, é causada pela perda de neurônios nos núcleos da base (núcleo caudado e putâmen), gerando excesso de excitação em áreas motoras e outras áreas corticais frontais que recebem projeções dos núcleos da base. Isso parece explicar a coreia (tipo de hipocinesia). Os sujeitos com essa doença fazem uso excessivo de regras gramaticais, como, por exemplo, aplicando em excesso a regra do sufixo *-ed* para verbos do passado em inglês (*e.g. walkeded* em vez de *walked*, *dugged* em vez de *dug*; neste caso errando a forma do passado irregular). Embora, assim como no Parkinson, há a degeneração dos núcleos da base, essa enfermidade atinge diferentes porções dessas estruturas (Ullman, 2001b, 2004; Pinker & Ullman, 2002; Ullman *et al.*, 2015).

Em outro caso, as pessoas com síndrome de Williams parecem ter habilidades sintáticas normais, porém evocação lexical anormal. Elas demonstram maior dificuldade na produção do passado de verbos irregulares do que regulares, bem como erros na aplicação

do plural de substantivos com formas irregulares (e.g. *mouses* em vez de *mice*), sendo esses os principais erros. Os resultados dissociam formas irregulares de regulares e fazem o *link* entre memória lexical com verbos irregulares e habilidades sintáticas com verbos regulares (Ullman, 2001b).

Em outra condição, sujeitos com afasia anterior possuem dano em regiões frontais do hemisfério esquerdo, em especial na área de Broca e neocórtex adjacente, além dos núcleos da base e porções do córtex parietal inferior. Os sujeitos têm agramatismo, porém não apresentam dificuldades com palavras não compostas. Por outro lado, sujeitos com afasia posterior possuem dano em regiões temporais e temporo-parietais do hemisfério esquerdo. Eles têm dificuldade na produção, leitura e reconhecimentos dos sons e significados das palavras, porém conseguem produzir frases sintaticamente bem estruturadas, não demonstrando problemas com aplicação de regras gramaticais (Ullman *et al.*, 1997; Ullman, 2001b; Ullman *et al.*, 2005).

Por fim, em estudos feitos com pessoas com distúrbio específico de linguagem, observou-se que há uma deficiência no sistema procedural que afeta gramática e função motora. Os sujeitos têm dificuldade no aprendizado e aplicação de regras gramaticais. Entretanto, a memória declarativa/lexical mostra-se relativamente intacta. Um grupo que participou desse estudo demonstrou anormalidades em estruturas frontais e núcleos da base (Ullman, 2001b, 2004).

Em todos os estudos, a tecnologia das neuroimagens também é de extrema importância para a análise dos sistemas de memória. Utilizando PET e fMRI pode-se observar que o processamento lexical e semântico é associado com a ativação de regiões temporais, temporo-parietais, incluindo lobo temporal medial. A seleção ou evocação de conhecimento lexical e semântico leva à ativação do córtex frontal anterior. Já o processamento sintático leva à ativação da área de Broca, área motora suplementar e lado esquerdo dos núcleos da base (caudado) (Ullman, 2001a).

Os testes feitos com MEG também comprovaram a existência de sistemas distintos de memória. A análise foi feita através da conjugação do passado simples da língua inglesa e verificação das áreas encefálicas ativadas para verbos regulares e irregulares. Para os verbos regulares e irregulares, foi localizada uma única região temporal/parietal no hemisfério esquerdo, no espaço de tempo de 250 a 310 milissegundos (ms). As regiões frontais do hemisfério esquerdo se mostraram ativas apenas para os verbos regulares e em um espaço de tempo de 310 a 330 ms. Essas pesquisas demonstram que regiões temporais/parietais são requisitadas para formas irregulares (memória declarativa) que, quando corretamente evocadas, bloqueiam a aplicação de regras que exigiriam regiões frontais (memória não declarativa) (Ullman *et al.*, 2005).

A utilização da técnica de potenciais relacionados a eventos⁽²⁾ (*ERP: event-related potential*) em pesquisas realizadas também mostram padrões que corroboram com o modelo declarativo/procedural de Ullman. As dificuldades no processamento lexical mostram negatividades bilaterais centrais/posteriores que têm seu pico entre 400 ms após o estímulo, chamadas N400s, que dependem de estruturas temporais bilaterais. Por outro lado, dificuldades no processamento sintático, *i.e.* aplicação de regras gramaticais, produzem negatividades anteriores esquerdas precoces, entre 150-500 ms, chamadas de LANs (*left anterior negativities*), ligadas a estruturas frontais do hemisfério esquerdo. Problemas com processamento sintático também demonstram positivities centro-parietais tardias com seu pico entre 600 ms, chamadas P600s (Ullman, 2001a, 2004, 2005; Pinker & Ullman, 2002; Ullman *et al.*, 2005).

Pode-se observar que as pesquisas com pacientes com doenças como Parkinson, Alzheimer, Huntington, afasias anteriores e posteriores, distúrbio específico da linguagem, entre outras, nas tarefas de conjugação do passado simples da língua inglesa, ajudaram a confirmar a existência de sistemas distintos de memória. Isso foi possível com o auxílio das técnicas de neuroimagem para mostrar a localização das áreas encefálicas durante a aplicação dessas atividades. Apesar dessa distinção e com o passar dos anos e constante aprendizado, Ullman afirma que é possível aprender qualquer palavra, mesmo as que seguem uma regra, por memória associativa (Ullman, 2001a, 2004, 2005; Pinker & Ullman, 2002; Walenski & Ullman, 2005). O autor também declara que é difícil provar sua teoria devido à diferença entre as tarefas para o teste e o efetivo uso dessas duas capacidades linguísticas (Ullman, 1999c, 2001a; Ullman *et al.*, 2005). Essa discussão é abordada na seção 5.

5. Discussão sobre a *DP Theory*

Apesar de a teoria declarativo/procedural de Ullman afirmar que léxico é aprendido por memória declarativa, e que as regras gramaticais são aprendidas por memória procedural, o próprio neurocientista observou que não pode prever que esses dois sistemas de memória são os únicos que fundamentam léxico e gramática. Outras estruturas neurais e componentes cognitivos e computacionais podem ser importantes para ambas as capacidades, já que elas interagem de diversas formas (a gramática combina léxico em estruturas complexas). Apesar de certas estruturas complexas, como expressões, serem guardadas no léxico, sua estrutura geralmente segue as regras gramaticais. Apesar de os verbos regulares, no caso da língua inglesa, serem computados a cada vez que são usados, eles podem também ser armazenados no léxico. Os itens armazenados no léxico prevalecem sobre os gravados na gramática mental (Ullman, 2001a, 2001b, 2004).

As memórias declarativa e procedural não são específicas da linguagem. Outros campos são melhor entendidos do que o da linguagem em vários aspectos: neuroanatomia, fisiologia, bioquímica, evolução, desenvolvimento e computação neural. Esses sistemas foram intensamente estudados em modelos humanos e animais, incluindo macacos e roedores. Os estudos mostram que os dois sistemas são amplamente independentes um do outro apesar de interagirem em diversas formas (Ullman, 2001a, 2001b, 2004, 2005). Essa interação leva a um aprendizado cooperativo e competitivo fazendo com que a função da memória seja otimizada. Essa competição entre sistemas leva ao “*see-saw effect*”, pelo qual uma disfunção em um dos sistemas leva a melhora do aprendizado no outro sistema, ou, ainda, o aprendizado em um dos sistemas pode diminuir a funcionalidade do outro (Ullman, 2004, 2005; Walenski & Ullman, 2005).

A dependência nos dois sistemas de memória varia de acordo com cada indivíduo. O aprendizado inicial parece depender mais de memória declarativa. Com o passar do tempo, o papel é invertido e passa a depender mais de memória não declarativa. As crianças deveriam aprender inicialmente por memória declarativa e, posteriormente, fazer maior uso da memória não declarativa. Estudos também mostram que mulheres tendem a utilizar mais a memória declarativa enquanto os homens fazem maior uso da memória procedural (Ullman, 2004, 2005; Walenski & Ullman, 2005).

Outra descoberta foi a função que alguns neurotransmissores e hormônios têm na memória. A acetilcolina tem um papel importante na memória declarativa e na função hipocampal. Esse tipo de memória é afetado pelo estrogênio, talvez pela modulação de acetilcolina. O estrogênio melhora a memória em mulheres e homens e fortalece o aprendizado hipocampal de longo prazo nos níveis celular e molecular. Mulheres com

síndrome de Turner, que não produzem esse hormônio, tem uma memória declarativa pior, que melhora com terapia hormonal. A testosterona, que é a principal fonte de estrogênio nos homens, também melhora a memória. Em contrapartida, a dopamina influencia aspectos de aprendizado procedural (Ullman, 2004, 2005; Walenski & Ullman, 2005).

Outros fatores afetam o uso dos sistemas de memória: frequência de exposição ao *input* linguístico, idade e disfunções. As palavras que são vistas com maior frequência serão lembradas com maior facilidade. A idade com que as pessoas adquirem a linguagem também faz com que elas dependam mais de um ou outro sistema de memória. O aprendizado tardio de uma segunda língua parece depender muito mais de memorização, memória declarativa, do que aplicação de regras. Com o tempo, esse padrão pode se inverter. As disfunções, danos em determinadas áreas encefálicas, podem fazer com que um sistema de memória assuma a função do outro (Walenski & Ullman, 2005).

Ullman iniciou suas pesquisas em 1997 na busca do entendimento dos sistemas de memória utilizados na aquisição da linguagem. Seus testes com pessoas normais e com pacientes que possuíam alguma lesão cerebral, na realização de atividades envolvendo o passado simples da língua inglesa, com o auxílio das neuroimagens, fez com que ele afirmasse que existem sistemas distintos de memória e criasse o modelo chamado Declarativo/Procedural. Com o passar do tempo, contudo, há uma flexibilização de sua teoria, havendo exceções à regra. O padrão encontrado por ele é que o léxico depende de memória declarativa em regiões dos lobos temporal e temporo-parietal, enquanto as regras gramaticais dependem de memória procedural e de áreas frontais e núcleos da base. Conforme exposto acima, diversos fatores influenciam esses sistemas de memória, os quais ainda merecem mais atenção em pesquisas neurocientíficas aplicadas à linguagem.

Além dessas questões, a teoria de Ullman pode ser comparada com modelos de mecanismos duais tradicionais e com teorias de memória associativa. Nos primeiros modelos, as formas lexicais são armazenadas na memória enquanto a gramática é computada em um ou mais componentes distintos, cada um depende de manipulação de símbolos e tem um domínio específico para suas funções linguísticas (Ullman, 2001b). Nessas teorias, pelo menos as formas morfologicamente complexas (verbos irregulares) são armazenadas na memória, enquanto transformações padrões (verbos regulares em inglês: adição do sufixo *-ed*) são computadas por processos de manipulação de símbolos. Para as teorias de memória associativa, todo conhecimento lexical e gramatical, incluindo morfologia, é aprendido, representado e computado por uma memória associativa. Essa memória é de domínio geral, servindo a funções não ligadas à linguagem e tem uma distribuição anatômica relativamente ampla no hemisfério esquerdo. Não há regras mentais e sistema distinto para processar regras. O mecanismo da linguagem aprende toda a sua estrutura, desde formas simples até regras de formas morfologicamente complexas. No conexionismo moderno, o aprendizado, representação e processamento de regras gramaticais e do léxico acontece em um grande número de unidades de processamento simples que estão interconectadas. O aprendizado ocorre pelo ajuste dos pesos nas conexões na base de contingências estatísticas no ambiente.

Quanto à modularidade, no modelo Declarativo/Procedural, dois componentes têm papéis paralelos na computação de transformações morfológicas, e eles auxiliam pelo menos parcialmente tipos de transformações que não se sobrepõem. São esperadas dissociações psicológicas e neurais entre essas transformações morfológicas. Nos sistemas duais tradicionais presume-se que mais formas dependem do sistema de regras. Nas teorias de um único sistema de memória não se supõe nenhuma separação entre diferentes tipos de transformações (Ullman, 2001b). Quanto à computação, Ullman (2001b) declara que um componente é uma memória associativa (estruturada), que é ao menos parcialmente

produtiva, e o outro é um sistema de processamento de símbolos. Os sistemas duais assumem efeitos da memória para bem menos formas morfológicamente complexas, não esperam nenhum efeito da memória associativa. Por outro lado, os modelos associativos preveem efeitos da memória associativa para todas as transformações morfológicas.

No entendimento da generalidade do domínio da linguagem, na *DP theory* a memória declarativa armazena léxico, porém também é responsável pelas lembranças de fatos e eventos. A memória procedural, além de ser utilizada para regras gramaticais é também responsável pelo conhecimento cognitivo não linguístico e pelas habilidades e hábitos motores. Os modelos de mecanismos duais tradicionais não esperam associações específicas com domínios não linguísticos. As teorias de memória associativa não preveem nenhuma associação específica ou dissociações, nem dentro da língua, sejam entre os domínios particulares da linguagem ou os que não são da linguagem (Ullman, 2001b).

No que concerne à localização, Ullman indica que a memória associativa está localizada em regiões temporais e temporo-parietais, enquanto a manipulação de símbolos utiliza estruturas frontais e núcleos da base. Os outros sistemas duais não fazem essas mesmas previsões quanto às áreas encefálicas e os modelos de teorias associativas não fazem dissociações duplas (Ullman, 2001b).

Pode-se observar que há diversas teorias que tentam explicar como funciona a memória na aquisição e aprendizagem da linguagem. O modelo Declarativo\Procedural de Ullman, objeto deste artigo, parece trazer contribuições importantes e estar bem fundamentado por seus testes e experimentos com a ajuda de neuroimagens. Porém, como mencionado por Pinker e Ullman (2002), talvez o mais apropriado seria que, ao invés de tentar achar defeitos nas teorias alheias, os estudiosos deveriam se unir, compartilhar todos os dados e todas as análises e buscar quais processos são melhor explicados por quais mecanismos.

6. Considerações finais

O entendimento de como a língua é adquirida e/ou aprendida é objeto de estudo de diferentes áreas. Diversas teorias já surgiram para tentar explicar essa importante e complexa capacidade que temos para nos comunicarmos. Quanto maior for o conhecimento acerca de como uma língua é adquirida e/ou aprendida, mais fácil será buscar as melhores práticas para a aprendizagem de uma língua estrangeira, como planejar e aplicar atividades que facilitem o aprendizado, como contextos de imersão, repetição de vocábulos, entre outros. O aprendizado depende de memória, pois é através dela que codificamos, armazenamos e evocamos as informações. Nesse sentido, neste artigo dedicamo-nos a uma dessas teorias chamada de Modelo Declarativo/Procedural do neurocientista Michael Ullman. Para a descrição e explicação dessa teoria foi feito um levantamento bibliográfico com artigos de língua inglesa de autoria de Ullman e colaboradores, a partir de 1997, quando empiricamente chegaram à conclusão de que existem sistemas distintos de memória na aquisição e aprendizagem da língua.

A língua é, simplificada falando, formada por um léxico e por regras gramaticais. Essa teoria defende que o léxico é aprendido por memória declarativa, também utilizada para recordação de fatos e eventos; e a gramática, por memória não declarativa ou procedural, responsável ainda por habilidades motoras. Como se observou nos artigos publicados por Ullman e colaboradores, as pesquisas com pessoas normais e com pacientes com algum tipo de dano cerebral, durante a execução de atividades cognitivas utilizando o passado simples

da língua inglesa, com o auxílio das neuroimagens, foram de grande importância para erigir a Teoria Declarativa/Procedural.

Com o avanço dos estudos, verificou-se que existem diversos fatores que influenciam o uso de determinado sistema de memória para o aprendizado de léxico e de gramática. Portanto, não é correto afirmar que o léxico sempre é aprendido por memória declarativa e, da mesma forma, que as regras gramaticais sempre são aprendidas por memória não declarativa. Alguns desses fatores são: questões hormonais, capacidade de memória de cada indivíduo, idade, frequência de exposição ao *input*, exposição à linguagem e disfunções de diferentes tipos. O estrogênio parece auxiliar na memória declarativa, enquanto a dopamina ativa o aprendizado procedural. A capacidade de memória depende de cada indivíduo, de modo que algumas pessoas têm uma facilidade maior em reter e evocar informações do que outras. A idade com que se adquire a linguagem também é um aspecto bastante relevante, pois as pesquisas mostram que quanto mais tarde se aprende maior é a dificuldade. A frequência e a exposição à linguagem influenciam no aprendizado. Quanto maior for o contato com a língua mais facilmente será a aquisição desse conhecimento e conseqüentemente sua recordação.

Os sistemas de memória declarativa e procedural não são específicos da linguagem; portanto, pacientes com lesões cerebrais que comprometem as habilidades motoras, como Parkinson, também têm afetada a aplicação das regras gramaticais. Pessoas com Alzheimer que apresentam problemas na recordação de fatos e eventos, também têm dificuldade em lembrar do léxico. Como detalhado na pesquisa, diversas disfunções afetam a linguagem. Os estudos de Ullman relatam que os sistemas de memória são independentes apesar de interagirem de diversas formas. Portanto, quando existem distúrbios, um sistema pode assumir a função do outro. Porém, essa questão, para ser melhor esclarecida, ainda necessita de mais estudos empíricos.

Mesmo que superficialmente, esta pesquisa também trouxe um breve comparativo da teoria Declarativa/Procedural com outras teorias de mecanismos duais tradicionais e associativas. Foram abordados aspectos relativos à modularidade, computação, generalidade do domínio da linguagem e localização encefálica. Nota-se que existe uma diferença grande de entendimento principalmente com as teorias associativas, pois essas não fazem distinção entre os sistemas de memória. Para os conexionistas tanto o léxico quanto a gramática são aprendidos por diversas unidades simples de processamento que são interconectadas, sendo que o aprendizado ocorre pelo ajuste dos pesos entre as conexões. Essa comparação entre teorias merece futuro aprofundamento.

A complexidade da linguagem ainda não permitiu o total entendimento de como ocorre a sua aquisição. Teorias como a de Ullman trazem contribuições importantes, porém ainda existem lacunas a serem preenchidas. Ainda não existe uma teoria que dê conta de todos os aspectos envolvidos na aquisição/aprendizagem da linguagem; portanto, o que se pode fazer, no momento, é tentar compreender cada abordagem e analisar seu potencial para descrever e explicar certos aspectos da complexa questão sobre o desenvolvimento e funcionamento da linguagem.

Além disso, considerando o fenômeno da linguagem em suas múltiplas facetas, fatores socioculturais certamente intervêm em seu desenvolvimento e funcionamento interagindo com os mecanismos neuropsicológicos humanos. Nesse sentido, nossa pesquisa dá conta de apenas uma versão teórica nos limites de interfaces intra e interdisciplinares, estritas, mas oferece um quadro de proposições relevantes para compreender uma das formas pelas quais aquisição e aprendizagem de línguas relacionam-se com tipos de memórias e suas bases neurofisiológicas.

Referências

- Aquino, C. (2012). Interação entre conhecimento explícito e implícito na aprendizagem de L2: quais as contribuições trazidas pela neurolinguística para essa discussão? *Letrônica*, 5(3), 125-141.
- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: a proposed system and its control processes. *Psychology of Learning and Motivation*, 2, 89-195.
- Corso, B.L. & Feltes, H.P.M. (2018). A discussion of the critical period hypothesis and its influence on first-language acquisition and second-language learning. *Disciplinarum Scientia*, 19(1), 1-23.
- Eysenck, M.W. & Keane, M.T. (2017). *Manual de psicologia cognitiva*. (7 ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Feltes, H.P.M., Pelosi, A.C., Lenz, P. (2014). Cognição e metáfora: a Teoria da Metáfora Conceitual. In Pelosi, A.C, Feltes, H.P.M & Farias, E.M.P. (Eds.), *Cognição e linguística: explorando territórios, mapeamentos e percursos* (pp. 88-113). Caxias do Sul: Educus.
- Fuentes, D.; Malloy-Diniz, L.F.; Camargo, C.H.P.; Cosenza, R.M. (2014). *Neuropsicologia: teoria e prática*. (2 ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Gadelha, L.A.P. (2012). *Processamento da correferência anafórica de pronomes e nomes repetidos em brasileiros aprendizes de francês como L2*. 94f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Linguística.
- Gazzaniga, M.S, Ivry, R.B & Mangun, G.R. (2006). *Neurociência cognitiva: a biologia da mente*. (2ª ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Kandel, E.R; Schwartz, J.; Jessell, T.M.; Siegelbaum, S.A.; Hudspeth. A.J. (2014). *Princípios de neurociências*. (5ª ed.). Porto Alegre: AMGH.
- Kensinger, E.A, Ullman, M.T & Corkin, S. (2001). Bilateral medial temporal lobe damage does not affect lexical or grammatical processing: evidence from amnesic patient HM. *Hippocampus*, 11(4), 347-360.
- Lamprecht, R.R. (2011). *Aquisição da linguagem: estudos recentes no Brasil*. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- Malloy-Diniz, L.F.; Fuentes, D.; Mattos, P.; Abreu, N. (2010). *Avaliação neuropsicológica*. Porto Alegre: Artmed.
- Mota, M.B. (2015). Sistemas de memória e processamento da linguagem: um breve panorama. *Revista Linguística*, 11(1), 205-215.
- Newman, A.J.; Pancheva, R.; Ozawa, K.; Neville, H.J. & Ullman, M.T. (2001). An event-related fMRI study of syntactic and semantic violations. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(3), 339-364.
- Pinker, S & Ullman, M.T. (2002). The past and future of the past tense. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(11).
- Rodden, F. & Stemmer, B. (2008). A Brief Introduction to Common Neuroimaging Techniques. In Stemmer, B. & Whitaker, H. (Eds), *Handbook of the neuroscience of language* (pp. 57-67): Elsevier.
- Stark, S. (2016). Introduction to Memory. In Hickok, G & Small, S.L (Eds), *Neurobiology of language* (pp. 841-849): Elsevier.
- Ullman, M., Bergida, R & O'craven, K.M. (1997). Distinct fMRI Activation Patterns for Regular and Irregular Past Tense. *Neuroimage*, 5(4), S549.
- Ullman, M.T.; Corkin, S.; Coppola, M.; Hickok, G.; Growdon, J.H.; Koroshetz, W.J.: Pinker, S. (1997). A Neural Dissociation within Language: evidence that the mental dictionary is part

- of declarative memory, and that grammatical rules are processed by the procedural system. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(2), 266-276.
- Ullman, M.T. (1999a). Acceptability ratings of regular and irregular past-tense forms: evidence for a dual-system model of language from word frequency and phonological neighborhood effects. *Language and Cognitive Processes*, 14(1), 47-67.
- Ullman, M.T. (1999b). Naming tools and using rules: evidence that a frontal/basal-ganglia system underlies both motor skill knowledge and grammatical rule use. *Brain and Language*, 69(3), 316-318.
- Ullman, M.T. (1999c). The functional neuroanatomy of inflectional morphology. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(6), 1041-1042.
- Ullman, M.T. (2001a). A neurocognitive perspective on language: the declarative/procedural model. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 717-726.
- Ullman, M.T. (2001b). The declarative/procedural model of lexicon and grammar. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(1), 37-69.
- Ullman, M.T. (2004). Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition*, 92(1-2), 231-270.
- Ullman, M.T. (2005). A cognitive neuroscience perspective on second language acquisition: the declarative/procedural model. In Sanz, C. Ed), *Mind and context in adult second language acquisition: methods, theory and practice* (pp. 141-178). Washington, DC: Georgetown University Press.
- Ullman M.T.; Pancheva, R.; Love, T.; Yee, E.; Swinney, D.; Hickok, G.; (2005). Neural correlates of lexicon and grammar: evidence from the production, reading, and judgment of inflection in aphasia. *Brain and Language*, 93(2), 185-238.
- Ullman, M.T & Lovelett, J.T. (2016). Implications of the declarative/procedural model for improving second language learning: the role of memory enhancement techniques. *Second Language Research*, (Special Issue), 1-27.
- Vanpatten, B & Williams, J. (2015). *Theories in Second Language Acquisition: an introduction*. New York and London: Routledge.
- Walenski, M & Ullman, M.T. (2005). The science of language. *The Linguistic Review*, 22(2-4), 327-346.

Notas

(1) Nos estudos sobre memória, principalmente em Psicologia Cognitiva, é comum tratá-la a partir de metáforas como GRAVAÇÃO, RETENÇÃO, ARMAZENAMENTO, ESTOCAGEM, DEPÓSITO (Cf. Feltes, Pelosi & Lenz).

(2) *ERP: event-related potential* – atividade cerebral associada com a resposta de um evento específico, como decidir se determinada frase está semanticamente correta ou não. É medida através da eletroencefalografia (*EEG: electroencephalography*).