

# CONTRIBUIÇÕES DA MEMÓRIA DE TRABALHO PARA O PROCESSAMENTO DA LINGUAGEM. EVIDÊNCIAS EXPERIMENTAIS E CLÍNICAS.

Cassio RODRIGUES (UFSC)\*

## 1. Introdução

Os estudos sobre a relação entre a memória de trabalho (*“working memory”*) e o processamento da linguagem têm se multiplicado de forma significativa nos últimos anos. Em específico, diversas pesquisas experimentais têm indicado que a memória de trabalho exerce um papel decisivo em uma série de operações lingüísticas, como por exemplo a aprendizagem de novas palavras ou a produção e a compreensão da linguagem. Muito embora o grau de importância da memória de trabalho em processos lingüísticos seja diferenciado, as evidências na literatura apontam, de uma maneira geral, para a necessidade de armazenamento temporário e manipulação de informações durante o processamento da linguagem. Na verdade, a linearidade da linguagem exige dos falantes que sejam mantidos ativos na memória de trabalho temporariamente os resultados intermediários e finais de operações realizadas durante o processamento da linguagem. O armazenamento e manipulação temporários de um seqüência de símbolos são necessários para que os falantes possam integrar, construir ou abstrair as representações presentes no discurso escrito ou falado. Neste artigo serão apresentadas algumas evidências que dão suporte a esta tese. O artigo está organizado da seguinte forma: no tópico seguinte será feito um breve relato do construto memória de trabalho e também uma relação dos seus subcomponentes específicos. Na descrição dos subcomponentes da memória de trabalho serão apresentadas evidências sobre a importância da memória de trabalho para o processamento lingüístico. As

---

\* cassiorod@yahoo.com.br

evidências são provenientes tanto de estudos experimentais na área de psicolingüística e psicologia cognitiva quanto de estudos com pacientes portadores de distúrbios neurológicos ou neuropsicológicos. Na última parte do artigo são apresentadas algumas sugestões para pesquisas futuras que contemplem a relação entre a memória de trabalho e o processamento da linguagem.

## **2. O construto “memória de trabalho”**

### **2.1 A origem do termo**

Embora haja divergências na literatura, atribui-se o uso inicial do termo memória de trabalho aos estudos de Miller, Galanter e Pibram (1960). Neste estudo específico, a memória de trabalho é explicada como uma área mental responsável pela manutenção temporária de informações. O modelo de memória descrito e testado empiricamente por Atkinson e Shiffrin (1968) também fazia menção ao termo “*working memory*”. Há, todavia, duas diferenças básicas na forma como a memória de trabalho era interpretada principalmente em trabalhos desenvolvidos nos anos 60 e 70, e a forma como a memória de trabalho é interpretada nos dias de hoje. Atualmente, a memória de trabalho pode ser interpretada como parte de sistemas cerebrais diversos e complexos capazes de armazenamento temporário e manipulação de informações durante a realização de operações cognitivas diversas.

A primeira diferença está relacionada à forma de armazenamento temporário na memória de curto prazo em modelos teóricos como o de Atkinson e Shiffrin (1968). Vale a pena ressaltar, neste contexto, que embora este modelo não tenha mais um respaldo empírico significativo, ele foi o precursor de uma série de modelos empíricos da memória. Todavia, este modelo partia do pressuposto que a memória de curto prazo era um “reservatório” passivo de informações que seriam transferidas para a memória de longo prazo ou recuperadas dela. Justamente esta visão tornou-se obsoleta, uma vez que hoje em dia parte-se do princípio que a memória de trabalho exerce um papel fundamental não só no armazenamento temporário de informações (como por exemplo na manutenção de um telefone na memória enquanto discamos), como também na transformação

e manipulação de informações (como por exemplo na extração do conteúdo proposicional de uma informação durante a compreensão da linguagem). O aspecto dinâmico e transformacional da memória de trabalho nos modelos vigentes é um diferencial em relação a visões passadas do construto memória de trabalho.

Uma segunda diferença deriva-se da forma como é descrita a memória do ponto de vista experimental. Uma das características mais importantes do referencial teórico que influenciou consideravelmente o desenvolvimento de teorias sobre estruturas e processos da memória é o pressuposto que a memória humana é um conceito unitário que possui subdivisões específicas, neste caso a memória de curto prazo e a memória de longo prazo. Desde William James, o estudo científico da memória humana vem sendo marcado por uma divisão entre memória de curto prazo e memória de longo prazo. A memória de curto prazo, de modo geral, significa uma capacidade humana de armazenar informações por um período breve de tempo e com uma capacidade de processamento limitada. Já a memória de longo prazo é vista como o local no qual é armazenado o conhecimento adquirido, como por exemplo conhecimento semântico, episódico, procedimental, entre outros. Esta visão da memória humana dominou grande parte da psicologia da memória humana e ainda exerce uma influência muito grande na forma de teorização sobre estruturas e processos de memória (cf. Eysenck e Keane, 2000).

O modelo de memória de trabalho utilizado em estudos passados encaixa-se dentro da visão da memória humana como um sistema unitário. O modelo de memória influente da época (cf. Atkinson e Shiffrin, 1968) previa a existência de um módulo sensorial, uma memória de curto prazo e a memória de longo prazo. Segundo esta teoria, o uso da memória de curto prazo, como sistema responsável pelo armazenamento temporário de informações, era essencial para a consolidação e recuperação de informações da memória de longo prazo, além de intermediar a performance cognitiva em uma série de atividades. A operação básica da memória de curto prazo neste referencial teórico era a repetição verbal da informação. A memória de curto prazo funcionava de acordo com a seguinte fórmula: quanto mais tempo um determinado item permanecesse na memória de curto prazo através de um processo denominado de subvocalização, maiores seriam as chances de

consolidação na memória de longo prazo. Por conseqüência, quanto mais próximo do limite de capacidade da memória de curto prazo, menores são as chances de consolidação na memória de longo prazo, uma vez que não existirão recursos para o processo de subvocalização. Seguindo esta linha de raciocínio seria praticamente impossível a realização de operações cognitivas simples, como por exemplo a recuperação de informações da memória de longo prazo, caso a memória de curto prazo apresentasse algum déficit, decorrente de uma lesão cerebral, ou estivesse com a sua capacidade quase no limite. Em virtude do grau de conexão e interação postulado pela teoria, era de se esperar que o sistema único de memória com as suas respectivas subdivisões específicas apresentasse uma performance consideravelmente baixa. Esta visão apresentou-se como equivocada quando comparada com estudos neuropsicológicos de pacientes que apresentavam déficits expressivos na sua capacidade de armazenamento temporário de informações, todavia mantinham a sua capacidade de realizar outras tarefas cognitivas (cf. Baddeley e Warrington, 1970; Shallice e Warrington, 1970; Baddeley, 1986). Tais evidências serviram como ponto de partida para uma mudança de paradigma na forma como a memória humana deveria ser estudada. Contrária à visão que a memória humana é uma entidade única com subdivisões específicas trabalhando na maior parte do tempo em série, parte-se do princípio que não existe "a memória" com respectivas subdivisões, mas sim diversos sistemas de memória que podem operar em paralelo, na eventualidade da disfunção de um determinado sistema (cf. Tulving e Schacter, 1990; Schacter e Tulving, 1994). A literatura na área da psicologia cognitiva e neuropsicologia apresenta inúmeros relatos que dão suporte empírico à tese de que a memória humana é composta de diversos sistemas de memória. Exatamente dentro deste novo paradigma encaixa-se o modelo de memória de trabalho que será apresentado abaixo. Segundo esta linha de pensamento, é perfeitamente viável que um sujeito que tenha dificuldades em armazenar estímulos verbais ou visuais tenha um desempenho cognitivo satisfatório em tarefas de raciocínio lógico, compreensão da linguagem ou a aprendizagem de novos vocábulos. A diferença entre modelos antigos e unitários da memória, postulados basicamente nos anos 60 e 70, e a versão vigente da memória de trabalho consiste basicamente na independência operacional e na

multiplicidade de funções (como por exemplo processos atencionais, controle executivo do fluxo de informações e a manutenção de informações variadas) da memória de trabalho de outros sistemas de memória. Esta tese não implica necessariamente que a memória de trabalho não tenha ligação com outros sistemas de memória. Processos de controle executivo, como por exemplo durante a compreensão da linguagem, necessitam uma integração entre informações mantidas na memória de trabalho e informações recuperadas de outros sistemas de memória. Defende-se, pelo contrário, a tese de que a memória de trabalho tem uma eficiência maior quando interligada com outros sistemas de memória, mas ela pode trabalhar de forma independente (cf. Baddeley, 1986; 1992). A seguir será apresentado o modelo de memória de trabalho.

## **2.2 O modelo da memória de trabalho**

O modelo a ser apresentado a seguir tem origem no trabalho de Baddeley e Hitch (1974). Neste trabalho, foi consolidado teórica- e empiricamente grande parte do que se sabe hoje em dia sobre o construto memória de trabalho. Desde então surgiram inúmeros trabalhos na literatura que oferecem ampla evidência empírica para os postulados teóricos do modelo. Muito embora existam modelos similares da memória de trabalho (cf. Cowan, 1993; Ericsson e Kintsch, 1995), foi dada preferência para o modelo de Baddeley (1986) pelo fato deste modelo oferecer o maior número de evidências em uma série de experimentos. A robustez do modelo permite não só a explicação proveniente de laboratórios experimentais, mas também a explicação de dados provenientes de estudos na área de neuropsicologia. A explicação de fenômenos de memória provenientes de contextos clínicos tem se mostrado essencial no desenvolvimento de teorias sobre a memória humana. O modelo proposto por Baddeley parece dar conta de uma considerável parte de casos em neuropsicologia envolvendo déficits no sistema de memória de curto prazo. O seu sucesso parece ser proveniente deste fator (cf. Gathercole, 1994). Como colocado acima, a memória de trabalho pode ser definida como um sistema complexo de manutenção temporária e manipulação de informações durante a realização de operações cognitivas diversas. O modelo consiste de três subsistemas que podem ser visualizados através do gráfico abaixo:

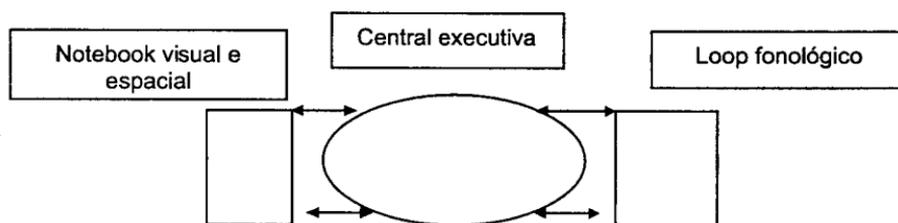


Figura (1) -Uma versão simplificada do modelo de Baddeley e Hitch (1974). As flechas bidirecionais indicam a interação dos subsistemas

A central executiva (*“central executive”*) é, sem dúvida, o componente mais importante do modelo. Ela é responsável pela regulação do fluxo de informação dentro da memória de trabalho, pela integração das informações mantidas na memória de trabalho com informações de outros sistemas de memória e, por último, pelo processamento e armazenamento de informações variadas na memória de trabalho. A central executiva interage com os outros subsistemas (*“slave systems”*) na manutenção e manipulação de informações na memória de trabalho. São eles o loop fonológico (*“phonological loop”*) e o notebook visual e espacial (*“visuo-spatial sketch pad”*). O loop fonológico é responsável pela representação mental de material lingüístico (p.ex. a representação fonológica de uma determinada palavra) e o notebook visual e espacial é responsável pelo armazenamento e manipulação de informações visuais (p.ex. manter informações ativas na memória durante a leitura de um mapa). Desde a sua elaboração em 1974, o modelo sofreu poucas modificações. Uma forma mais elaborada do modelo foi apresentada em uma monografia em 1986 (cf. Baddeley, 1986). Todavia, a essência do modelo fora preservada. Já em um artigo publicado no ano 2000 (cf. Baddeley, 2000), Alan Baddeley faz considerações sobre possíveis mudanças do modelo apresentado em 1974. As considerações de Baddeley (2000) resumem-se à possível inclusão de mais um subsistema operacional na memória de trabalho, sendo preservados os postulados teóricos referentes ao modelo de 1974. A seguir serão apresentadas as particularidades de cada subsistema da memória de trabalho. A descrição dos respectivos subcomponentes é ilustrada com evidências da literatura apontando para relações entre a memória de trabalho e determinados aspectos do processamento da linguagem. Houve

uma predileção na apresentação das evidências por estudos que tiveram um impacto significativo no entendimento da interação da memória de trabalho com processos lingüísticos específicos.

### **2.2.1 O loop fonológico (*phonological loop*)**

O loop fonológico é um subsistema da memória de trabalho responsável pela manutenção e manipulação de material verbal na memória de trabalho. Em virtude da natureza da informação manipulada no loop fonológico, ou seja verbal, ele exerce um papel fundamental no processamento da linguagem. A idéia de um “loop” decorre do fato de que as representações mantidas no loop fonológico são mantidas ativas através de um processo de intensa repetição. O loop fonológico é composto de dois subsistemas: o recipiente fonológico e um processo de articulação subvocal. A interação destes subsistemas é a base para a manutenção e manipulação de informações dentro do loop fonológico. O recipiente fonológico é uma espécie de arquivo que armazena por um período breve de tempo representações fonológicas de estímulos da fala, da escrita ou estímulos visuais. Já o processo de articulação subvocal ajuda a manter as representações fonológicas ativas através da subvocalização. Este processo é essencial uma vez que os traços fonológicos representados no recipiente fonológico, decorrentes da decodificação, têm uma duração muito limitada, na média entre 1 e 2 segundos (cf. Baddeley, 1986). Defende-se a tese na literatura específica que o processo de subvocalização é extremamente importante, pois não só impede a deterioração do traço fonológico como também facilita a consolidação de estruturas fonológicas em sistemas de memória de longo prazo. Por exemplo, ao escutarmos um determinado segmento da fala ou lermos uma sentença, o loop fonológico opera da seguinte forma. Inicialmente, são mantidas representações fonológicas das palavras impressas ou faladas por um período breve de tempo. Durante este período é feita a análise da estrutura fonológica das palavras ou são utilizadas estratégias de correspondência entre fonemas e grafemas. A manutenção ativa destes traços fonológicos é auxiliada pelo processo de subvocalização. O resultado deste processo é a ligação com um possível referente semântico. A operação do loop fonológico é amparada pela central executiva que, na maioria da vezes, aloca

recursos ou controla o fluxo de informações mantidas na memória de trabalho para a extração do conteúdo proposicional de segmentos da fala, estímulos visuais ou de segmentos textuais.

A existência do recipiente fonológico e do processo de articulação subvocal é amparada por um corpo amplo de evidências laboratoriais e clínicas. Um efeito interessante observado para evidenciar a operação do recipiente fonológico é o efeito da similaridade fonológica. A recuperação de itens estudados em experimentos de recuperação imediata (*immediate recall*) é muito baixa quando os itens estudados apresentam similaridade de traços fonéticos ou articulatórios (cf. Conrad e Hull, 1964; Baddeley, 1986). Especula-se, neste caso específico, que o traço fonológico deteriorará com mais facilidade pois a similaridade entre os traços fonológicos dificulta a retenção. Um outro fenômeno interessante evidenciado nos estudos do loop fonológico é a supressão articulatória que parece interferir diretamente no processo de articulação subvocal. Os dados apontam para o seguinte efeito: se um sujeito durante um experimento de memória, por exemplo recuperação livre ou imediata, for instruído a dizer, durante a aprendizagem dos itens, uma determinada palavra de forma constante em (p.ex. sim, sim, sim, etc.), a manutenção dos itens estudados na memória de trabalho é afetada de forma considerável. Estima-se que, ao dizer a palavra “sim” (ou qualquer outra palavra) durante a aprendizagem dos itens, o processo de subvocalização é interrompido de forma que os traços fonológicos não são mantidos ativos. Eles deterioram na memória de trabalho com mais facilidade, impedindo uma análise fonológica mais acurada. Um terceiro fenômeno evidenciado que caracteriza a importância do loop fonológico no processamento fonológico é o efeito da duração da articulação. Segundo os dados da literatura e apresentados de forma extensiva em Baddeley (1986); Gathercole e Baddeley (1993), a performance em testes de memória que contenham itens com uma duração articulatória menor é melhor do que a de itens com uma duração articulatória maior. Sendo assim, seria mais fácil experimentalmente lembrar uma palavra como “casa” do que “universidade”. Vale a pena enfatizar que não é o número de sílabas o fator determinante do efeito e sim a duração da articulação da palavra. Explica-se esse fato através do tempo extra necessário para o processo de subvocalização. Um tempo maior de articulação

implica a deterioração mais rápida dos traços fonológicos armazenados no recipiente fonológico.

A importância do loop fonológico tem sido registrada através de estudos que apresentam evidências sobre o papel deste mecanismo na aquisição do léxico ou no desenvolvimento da leitura (cf. Gathercole e Baddeley, 1993). Em estudos longitudinais com crianças de estado cognitivo normal e crianças com alguma disfunção neurológica em diversas idades apontam para correlações positivas e estáveis entre o volume e a qualidade do léxico adquirido pelas crianças e as suas habilidades fonológicas, como por exemplo a discriminação de fonemas ou altos escores em testes de repetição de logatomas (os testes de repetição de logatomas exigem que a criança aplique regras fonológicas em palavras sem significado). A hipótese levantada nestes estudos é que o loop fonológico esteja contribuindo de forma significativa para a retenção de um traço mais estável em sistemas de memória de longo prazo (cf. Baddeley, Gathercole e Papagno, 1998). Se esta habilidade não estiver operando normalmente, as chances são grandes que o traço seja instável e que não haja uma ligação com um referente semântico. O estudo extensivo da paciente PV em Vallar e Baddeley (1984) demonstra com muita clareza a contribuição do loop fonológico para a aquisição de novas palavras. Embora os resultados destes estudos vêm sendo replicados de forma consistente em outras pesquisas, vale a pena enfatizar que a maioria dos estudos faz uso de correlações para a explicação do comportamento de duas ou mais variáveis (neste caso habilidades fonológicas e aquisição do léxico). Dado o fato que estudos correlacionais têm suas limitações, deve haver cautela na interpretação dos estudos uma vez que a existência de outros fatores, por exemplo o contexto social e lingüístico, como determinantes da relação entre o processamento fonológico e a aquisição do léxico não pode ser excluída. De qualquer forma, a existência de uma relação aparentemente estável e positiva entre habilidades fonológicas e a aquisição do léxico é, sem dúvida, uma base sólida para o desenvolvimento de pesquisas futuras.

O loop fonológico parece exercer também um papel essencial no desenvolvimento da leitura (cf. Gathercole e Baddeley, 1993). Especificamente, o loop fonológico parece contribuir de forma significativa para o desenvolvimento de uma estratégia denominada

de estratégia de decodificação. O desenvolvimento desta estratégia decorre, por sua vez, de duas habilidades distintas: a consciência fonológica e a memória fonológica. A consciência fonológica permite que identifiquemos estruturas fonológicas de palavras e a memória fonológica nos permite a construção de correspondências entre fonemas e letras. As duas habilidades implicam o armazenamento temporário dos resultados do processamento fonológico para a decodificação de palavras durante o processo da leitura. Estudos experimentais sobre o desenvolvimento da leitura evidenciam que crianças que têm uma performance baixíssima em testes de memória fonológica (por ex. testes de segmentação de fonemas), apresentam déficits expressivos no desenvolvimento da leitura. A causalidade deste fenômeno reforça a tese da importância da manutenção temporária de traços fonológicos, por exemplo para efeitos de comparação com representações em sistemas de memória de longo prazo, no desenvolvimento da leitura (cf. Ellis, 1989; Gathercole e Baddeley, 1993).

### **2.2.2 O notebook visual e espacial (*visuo-spatial sketch pad*)**

O notebook visual e espacial é um subsistema da memória de trabalho responsável pela criação e manutenção de imagens e objetos ativos na memória por um determinado período de tempo. Dos três subsistemas da memória de trabalho investigados até o presente momento, o notebook é o componente menos analisado, muito embora existam evidências amplas da sua existência (cf. Logie, 1995). O trabalho do notebook visual e espacial pode ser imaginado da seguinte forma: ao sermos perguntados, por exemplo, o caminho exato de uma rua, fazemos uma descrição para o (a) interlocutor(a) do melhor caminho a ser seguido (p.ex. vire à esquerda, siga em frente, etc.). Durante a descrição, mantemos traços visuais (prédios, semáforos) ou espaciais (esquerda, direita, descidas, subidas) ativos na memória de trabalho, que ajudam na ilustração mental do caminho. A manutenção destes traços é responsabilidade do notebook visual e espacial, auxiliado também pela central executiva que aloca recursos de processamento (p.ex. capacidade da memória de trabalho) na realização da operação. Ao lermos um mapa ou descrevermos a fisionomia de uma pessoa também está em operação o notebook visual e espacial.

Como no caso do loop fonológico, as pesquisas sobre o notebook visual e espacial têm se beneficiado de forma significativa de estudos de caso da neurologia e da neuropsicologia (cf. Gathercole, 1994; Kolb e Whishaw, 1996). As evidências apontam, principalmente em estudos neuropsicológicos, que existem sistemas cerebrais distintos para o processamento visual e para o processamento espacial. Um estudo detalhado de um paciente com uma lesão bilateral no lobo temporal em Farah, Hammond, Levine e Calvanio (1988) indica que enquanto o processamento visual do paciente em tarefas como distinção de cores e avaliação do tamanho de determinados objetos era próximo do normal, o seu processamento espacial estava seriamente comprometido. Os resultados indicam a necessidade de uma diferenciação teórica mais precisa do notebook visual e espacial. Estudos neuropsicológicos apontam também para a importância do notebook visual e espacial na realização de tarefas simples, como por exemplo o reconhecimento do caminho de casa ou da fisionomia de parentes ou amigos conhecidos. Um déficit neste subcomponente da memória de trabalho pode acarretar em prejuízo considerável na qualidade de vida do paciente. Ao contrário da relação estreita entre o loop fonológico e o processamento da linguagem, ainda há uma carência de evidências conclusivas sobre a participação do notebook visual e espacial em operações lingüísticas (cf. Gathercole e Baddeley, 1993).

### **2.2.3 A central executiva (*central executive*)**

A central executiva é o subsistema de memória de trabalho de maior importância no modelo. Entre as suas funções principais está o controle atencional de processos cognitivos, no sentido de coordenação do fluxo de informações mantidas ativas na memória de trabalho. A idéia de um sistema de controle, fazendo a interação entre diversos tipos de informações recuperadas de sistemas de memória de longo prazo, já havia sido proposta, por exemplo, em outros modelos teóricos da memória humana (consultar Baddeley, 1986). A inovação da central executiva está no seu princípio regulador de gerenciamento das informações mantidas ativas na memória de trabalho. Segundo este princípio, é responsabilidade da central executiva o auxílio na manutenção de informações de ordem verbal, visual ou espacial na memória de trabalho,

realizando, por exemplo, a alocação de recursos de capacidade ou mediando a ligação entre as informações mantidas ativas na memória de trabalho e informações de sistemas de memória de longo prazo. A central executiva é um sistema que, ao contrário dos outros subsistemas da memória de trabalho, não está atrelada a um tipo específico de informação e que apresenta uma flexibilidade muito grande no seu funcionamento (p.ex. na alocação de recursos para o processamento de informações através do uso de estratégias cognitivas). A central executiva do modelo de memória de trabalho de Baddeley (1986) é muito semelhante, com relação ao seu funcionamento, ao sistema de controle atencional proposto por Shallice (1982).

Enquanto nos trabalhos iniciais de Baddeley e Hitch (1974) e Baddeley (*ibid.*) o trabalho da central executiva referia-se à coordenação das informações dos outros subsistemas, o loop fonológico e o notebook visual e espacial, acredita-se hoje em dia que o funcionamento da central executiva é bem mais complexo (cf. Gathercole, 1994; Baddeley, 2000). Esta nova forma de pensar sobre o funcionamento da central executiva deve-se, em grande parte, aos avanços feitos em estudos de caso na área de neuropsicologia. Parte-se do princípio que a central executiva é responsável não só pela regulação das informações mantidas ativas na memória de trabalho, mas também em operações de planejamento e tomada de decisão, correção imediata de erros (p.ex. ao pronunciar erroneamente uma palavra), supressão de pensamentos ou ações irrelevantes e a seleção e aplicação de estratégias (cf. Baddeley, 1996). Por exemplo, pacientes com disfunção executiva, proveniente na maioria das vezes de lesões em diversas partes do lobo frontal, apresentam uma performance baixíssima em tarefas que exijam o controle de informações ou a seleção e aplicação de estratégias específicas. Nestes pacientes o alto nível de distração na realização de uma tarefa que exija planejamento e perseverança é uma das características básicas, entre outros distúrbios. Esta distração e, até certo ponto, um determinado desinteresse em relação a uma atividade, impede que eles mantenham um nível contínuo de interesse na atividade (cf. Baddeley, 1986; Shallice e Burgess, 1991; Gathercole, 1994; Kolb e Whishaw, 1996). A complexidade no funcionamento da central executiva tem levado alguns autores a criticar o modelo

unitário da central executiva (cf. Baddeley, 1996). Segundo este ponto de vista, a central executiva deve ser fracionada em diversos subsistemas que contemplem as diversas funções descritas acima.

Ao contrário do notebook visual e espacial, cujas evidências sobre a sua participação no processamento da linguagem ainda são inconclusivas, a central executiva parece exercer um papel essencial na compreensão da linguagem e tem sido investigada de forma significativa nos últimos anos (cf. Baddeley e Gathercole, 1993; Caplan, 1996; Caplan e Waters, 1999). A compreensão da linguagem é uma atividade complexa que envolve a decodificação do sinal visual ou auditivo, o acesso lexical, como também a análise sintática, semântica e pragmática da informação. Esse processo resulta na construção de uma representação mental que nos permite abstrair o conteúdo de uma determinada proposição. Este processo ocorre de uma forma linear e, na maioria das vezes, de forma automática. O papel da memória de trabalho, em específico da central executiva, na complexa operação de compreensão da linguagem parece ser crucial pois precisamos manter ativas determinadas representações mentais na memória de trabalho para que possamos entender as informações que ainda necessitam ser processadas. A central executiva aloca os recursos necessários para a construção do conteúdo proposicional de uma determinada mensagem e propicia a interação entre as informações na memória de trabalho e informações em sistemas de memória de longo prazo (cf. Just e Carpenter, 1992; Gathercole e Baddeley, 1993; Carpenter, Myake e Just, 1994; Baddeley, 1996).

A importância da central executiva na compreensão da linguagem é amparada por estudos clínicos de pacientes com distúrbios neurológicos e por estudos experimentais. Por exemplo, pacientes com demência do tipo Alzheimer apresentam déficits cognitivos significativos. Entre estes, está a baixa performance em diferentes testes de memória e alguns testes lingüísticos (cf. Kolb e Whishaw, 1996; Caplan e Waters, 1999). Estes pacientes apresentam também déficits expressivos em operações nas quais a central executiva exerce um papel determinante, como por exemplo operações de planejamento e tomada de decisão (cf. Morris, 1984; 1986). Além disto, observa-se nestes pacientes uma diminuição na quantidade de informações mantidas ativas na

memória de trabalho, mensurada através de testes de *digit span* ou *listening span*. Estes dois fatores parecem contribuir para os déficits na compreensão da linguagem. Embora a causa para estes sintomas não tenha uma explicação uniforme, parte-se do princípio que a deterioração avançada de determinadas partes do córtex cerebral contribua para este fenômeno. Em testes experimentais de aceitabilidade e gramaticalidade de sentenças diversas observa-se o seguinte padrão: um teste experimental muito usado nestes estudos é a apresentação de sentenças ambíguas com relação ao sentido ou com relação à estrutura gramatical. A mensuração do tempo de resposta dos sujeitos sobre a aceitabilidade da sentença aponta para o fato que sujeitos em estado cognitivo normal conseguem resolver as ambiguidades nas sentenças de forma mais eficiente. Defende-se a hipótese, neste caso específico, que esses sujeitos conseguem manter na memória de trabalho interpretações múltiplas da sentença em questão, permitindo assim a solução de ambiguidades de forma mais rápida. Já pacientes com a doença de Alzheimer não conseguem manipular os recursos necessários na memória de trabalho para construção de representações múltiplas durante a compreensão da linguagem. Tanto em testes de gramaticalidade quanto de aceitabilidade sintática, a sua performance é baixa comparada com controles (cf. Caplan e Waters, 1999). A dificuldade de portadores da doença de Alzheimer na compreensão de sentenças complexas, por exemplo orações relativas, decorre aparentemente dos déficits apresentados na central executiva. Como a sua capacidade de manipulação e integração de informações está reduzida em virtude da patologia, há também uma impossibilidade de construção de representações sintáticas complexas na memória de trabalho. As representações mantidas ativas na memória de trabalho da parte inicial da sentença sofrem uma deterioração mais rápida, impossibilitando por exemplo que partes posteriores da sentença sejam processadas eficientemente.

Em estudos experimentais com sujeitos em estado cognitivo normal observa-se também que o funcionamento da central executiva é relacionado com outras variáveis. Além da complexidade sintática de uma frase (p.ex. orações simples e relativas), a ambiguidade lingüística, problemas de coerência e coesão, bem como a extensão de um texto, e fatores temporais

(p.ex. a leitura em um tempo determinado) podem influenciar de forma significativa o desempenho da central executiva na representação mental da estrutura sintática de frases. A construção mental da estrutura sintática significa, neste contexto específico, a determinação dos papéis temáticos da frase e o uso desta estrutura para a decodificação semântica. Diversos estudos apontam que a eficiência na construção da estrutura sintática é relacionada com a compreensão da linguagem (cf. Martin, 1993; Daneman e Merikle, 1996; Caplan e Waters, 1999).

### **3. Sugestões para pesquisas futuras**

De acordo com as evidências experimentais e clínicas apresentadas acima, os subsistemas da memória de trabalho que apresentam um maior envolvimento em aspectos do processamento da linguagem são o loop fonológico e a central executiva. Embora haja especulações na literatura sobre a participação do notebook visual e espacial em atividades lingüísticas (p.ex. a tradução de informações visuais em estímulos verbais), as evidências ainda são muito inconsistentes. Portanto, uma área de pesquisa interessante a ser explorada é, sem dúvida, a tentativa de descobrir o quão importante é o papel deste subsistema da memória de trabalho no processamento da linguagem. Já o loop fonológico e a central executiva parecem exercer um papel fundamental, em graus de importância diferentes, em determinados aspectos do processamento da linguagem, conforme evidenciado acima. Enquanto o loop fonológico contribui de forma significativa na aquisição do léxico, no desenvolvimento da leitura e na compreensão da linguagem, a central executiva atua de forma expressiva no gerenciamento e manipulação de informações mantidas ativas na memória de trabalho, na interação com sistemas de memória de longo prazo e, também, na compreensão da linguagem. Dos três subsistemas da memória de trabalho investigados até agora, o loop fonológico é, sem dúvida, o subsistema cuja participação em aspectos do processamento da linguagem é mais evidente (cf. Gathercole e Baddeley, 1993). Isso decorre da facilidade de investigar este subsistema empiricamente e da quantidade de testes na literatura que são sensíveis ao funcionamento do loop fonológico. Embora a

central executiva tenha uma participação significativa na compreensão da linguagem, sabe-se ainda muito pouco sobre a sua participação em outros aspectos do processamento da linguagem. Neste sentido, seria interessante também que futuras pesquisas se direcionassem para este subsistema da memória de trabalho.

Além de uma investigação mais profunda dos subsistemas da memória de trabalho nos aspectos do processamento da linguagem citados acima, seria interessante que houvesse também pesquisas que contemplassem outros temas relacionados à relação entre a memória de trabalho e o processamento da linguagem. Ainda que as evidências na literatura apontem para uma participação da memória de trabalho no processamento da linguagem, as áreas investigadas até agora de forma mais ampla foram o processamento fonológico, o desenvolvimento da leitura e a compreensão da linguagem.

Sabe-se muito pouco sobre a relação entre a memória de trabalho e a produção da linguagem. Ao produzir a linguagem necessitamos planejar o que será expresso e armazenar temporariamente tanto os planos quanto os resultados destes planos para a recuperação de palavras ou sentenças. A complexidade deste processo lingüístico exige um mecanismo de armazenamento e manipulação temporária de informações. Há uma probabilidade muito grande que a memória de trabalho esteja envolvida neste processo. Embora existam testes na literatura que sejam sensíveis ao funcionamento da memória de trabalho durante a produção da linguagem (cf. Daneman, 1991), as conclusões sobre quais subsistemas da memória de trabalho estejam envolvidos na produção da linguagem ainda são muito vagas. Há especulações sobre o papel da central executiva no planejamento do conteúdo proposicional da fala, porém há poucos estudos sobre este tema (cf. Gathercole e Baddeley, 1993). A relação entre a memória de trabalho e a produção da linguagem é, portanto, um campo de pesquisa vasto a ser explorado.

Existe também uma carência muito grande, tanto no contexto brasileiro quanto no cenário internacional, na área de mensuração da memória de trabalho e no desenvolvimento de testes sensíveis ao funcionamento da memória de trabalho. Vale a pena lembrar que o subsistema da memória de trabalho mais

“próximo” ao processamento da linguagem é o loop fonológico. A estreita relação entre o loop fonológico e o processamento fonológico ou o acesso lexical foi identificada através dos inúmeros testes desenvolvidos especialmente para a mensuração desta capacidade da memória de trabalho. Como dito acima, a central executiva exerce um papel significativo na compreensão da linguagem, porém a falta de testes específicos que determinem se a central executiva também tem uma participação em outras atividades lingüísticas impede que se saiba mais sobre esse subsistema da memória de trabalho (cf. Baddeley, 1996). Dada a importância da memória de trabalho em determinados aspectos do processamento da linguagem, seria interessante que houvesse um empenho maior em pesquisas sobre o desenvolvimento de testes específicos para a memória de trabalho. Já para o contexto de pesquisa brasileiro, seria aconselhável que pesquisadores trabalhassem de forma mais intensiva na adaptação de testes utilizados no contexto internacional e, também, na normatização de testes para a realidade da população brasileira. Uma última sugestão de pesquisa seria a relação da memória de trabalho com o processamento de segundas línguas. As evidências na literatura sobre este tema são poucas e contraditórias (cf. Harrington e Sawyer, 1992; Osaka e Osaka, 1992). Levanta-se, por exemplo, a hipótese que o processamento de segundas línguas é amparado pelos mesmos recursos capacitórios necessários para o processamento da língua materna. Correlações estáveis entre a compreensão em língua materna e língua estrangeira em testes de leitura amparam esta hipótese. Há, todavia, a necessidade de uma pesquisa mais ampla sobre este tema para conclusões mais consistentes.

#### **4. Conclusões**

O artigo se propôs a apresentar evidências relacionando a memória de trabalho com aspectos do processamento da linguagem. Com base nas evidências apresentadas no tópico 2.2, pode ser concluído que a memória de trabalho exerce um papel fundamental em atividades como o processamento temporário de traços fonológicos, a aquisição do léxico, o desenvolvimento da estratégia de decodificação nas fases iniciais do desenvolvimento da leitura e na compreensão da linguagem. Em cada uma destas atividades,

os subsistemas da memória de trabalho, principalmente o loop fonológico e a central executiva, atuam de forma significativa. Em virtude desta importância, levanta-se a hipótese na literatura que a memória de trabalho seja um mecanismo flexível de suporte para o processamento da linguagem (cf. Gathercole e Baddeley, 1993). De acordo com as circunstâncias, o sistema de memória de trabalho entraria em funcionamento no desempenho de determinadas operações lingüísticas. As evidências apresentadas, tanto na área de psicologia cognitiva e psicolingüística experimental quanto na área de neuropsicologia cognitiva, dão suporte empírico para esta hipótese.

O artigo também mostra a necessidade de que sejam realizadas mais pesquisas sobre a relação entre a memória de trabalho e outras áreas do processamento da linguagem, como por exemplo a produção da linguagem. Uma percepção mais acurada sobre o papel da memória de trabalho em diferentes aspectos do processamento pode reforçar a hipótese de que o armazenamento e manipulação temporários de informações sejam imprescindíveis no processamento da linguagem. Por último, vale ainda lembrar que muito do que se sabe hoje em dia sobre o construto memória de trabalho e a sua função no processamento da linguagem foi obtido não somente através de pesquisas experimentais na área de psicolingüística experimental ou psicologia cognitiva, mas também, e principalmente, através de estudos de sujeitos com algum tipo de disfunção neurológica ou neuropsicológica. Estes estudos têm contribuído de forma significativa para o entendimento da estrutura e processos da memória de trabalho (cf. Vallar e Baddeley, 1984; Vallar e Shallice, 1990; Gathercole, 1994). A importância da evidência proveniente de pacientes com algum tipo de disfunção é devida à possibilidade de testagem de hipóteses e postulados teóricos originários de pacientes de funcionamento cognitivo normal. É justamente este tipo de evidência que serve, muitas vezes, como parâmetro para a rejeição de teorias sobre o funcionamento cognitivo ou sobre algum aspecto do processamento da linguagem. A convergência de evidências de fontes diversas é essencial para um melhor entendimento da forma como funciona o aparato cognitivo humano.

## **Referências bibliográficas**

ATKINSON, R. e SHIFFRIN, R. Human memory. A proposed system and its control processes. In: SPENCE, K. e SPENCE, J. (Eds.): *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press, 1968, p. 89-195.

BADDELEY, A. *Working memory*. Oxford: Oxford University Press, 1986.

BADDELEY, A. Working memory. *Science*, v.255, p. 556-559, 1992.

BADDELEY, A. Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v.49, p. 5-28, 1996.

BADDELEY, A. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, v.4, p. 417-423, 2000.

BADDELEY, A.; GATHERCOLE, S. e PAPAGNO, C. The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, v.105, p. 158-173, 1998.

BADDELEY, A. e HITCH, G. *Working memory*. In: BOWER, G. (Ed.): *Recent advances in learning and motivation*. New York: Academic Press, 1974, p. 47-89.

BADDELEY, A./ WARRINGTON, E. Amnesia and the distinction between long- and short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v.9, p.176-189, 1970.

CAPLAN, D. *Language. Structure, processing and disorders*. Cambridge: MIT Press, 1996.

CAPLAN, D. e WATERS, G. Verbal working memory and sentence comprehension. *Behavioral and Brain Sciences*, v.22, p. 77-126, 1999.

CARPENTER, P.; MIYAKE, A. e JUST, M. Working memory constraints in comprehension. In: GERNSBACHER, M. (Ed.): *Handbook of psycholinguistics*. New York: Academic Press, 1994, p. 1075-1122.

CONRAD, R. e HULL, A. Information, acoustic confusion and memory

- span. *British Journal of Psychology*, v.55, p. 429-432, 1964.
- COWAN, N. Activation, attention, and short-term memory. *Memory and Cognition*, v.21, p.162-167, 1993.
- DANEMAN, M. Working memory as a predictor of verbal fluency. *Journal of Psycholinguistic Research*, v.20, p. 445-464, 1991.
- DANEMAN, M. e MERIKLE, P. Working memory and language comprehension. A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, v.3, p. 422-433, 1996.
- ELLIS, N. Reading development, dyslexia and phonological skills. *Irish Journal of Psychology*, v.10, p.551-567, 1989.
- ERICSSON, K. e KINTSCH, W. Long-term working memory. *Psychological Review*, v.102, p. 211-245, 1995.
- EYSENCK, M. e KEANE, M. *Cognitive Psychology*. Hove: Psychology Press, 2000.
- FARAH, M.; HAMMOND, K.; LEVINE, D. e CALVANOIO, R. Visual and spatial mental imagery. Dissociable systems of representation. *Cognitive Psychology*, v.20, p. 439-462, 1988.
- GATHERCOLE, S. Neuropsychology and working memory. *Neuropsychology*, v.8, p. 494-505, 1994.
- GATHERCOLE, S. e BADDELEY, A. *Working memory and language*. Hove: Lawrence Erlbaum, 1993.
- HARRINGTON, M. e SAWYER, M. L2 working memory capacity and L2 reading. *Studies in Second Language Acquisition*, v.14, p. 25-38, 1992.
- JUST, M. e CARPENTER, P. A capacity theory of comprehension. Individual differences in working memory. *Psychological Review*, v.99, p. 122-149, 1992.

- KOLB, B. e WHISHAW, I. *Fundamentals of human neuropsychology* New York: Freeman, 1996.
- LOGIE, R. *Visuo-spatial working memory*. Hove: Lawrence Erlbaum, 1995.
- MARTIN, R. Short-term memory and sentence processing. Evidence from neuropsychology. *Memory and Cognition*, v.21, p. 176-183, 1993.
- MILLER, G.; GALENTER, E. e PIBRAM, K. *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt, 1960.
- MORRIS, R. Dementia and the functioning of the articulatory loop system. *Cognitive Neuropsychology*, v.1, p. 143-157, 1984.
- MORRIS, R. Short-term forgetting in senile dementia of the Alzheimer's type. *Cognitive Neuropsychology*, v.3, p. 77-97, 1986.
- OSAKA, M. e OSAKA, N. Language-independent working memory as measured by Japanese and English reading span tests. *Bulletin of the Psychonomic Society*, v.30, p. 287-289, 1992.
- SHALLICE, T. e WARRINGTON, E. Independent functioning of verbal memory stores. A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v.22, p. 261-273, 1970.
- SHALLICE, T. e BURGESS, P. Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, v.114, p. 727-741, 1991.
- VALLAR, G. e BADDELEY, A. Fractionation of working memory: neuropsychological evidence for a short-term store. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v.23, p. 151-161, 1984.