

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OTORRINO-FONOAUDIOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM FONOAUDIOLOGIA**

**A MEMÓRIA DE TRABALHO FONOLÓGICA E O
PROCESSAMENTO DA LINGUAGEM NA INFÂNCIA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Joana Bisol Balardin

SANTA MARIA, RS, BRASIL

2006

**A MEMÓRIA DE TRABALHO FONOLÓGICA E O
PROCESSAMENTO DA LINGUAGEM NA INFÂNCIA**

por

Joana Bisol Balardin

**Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Fonoaudiologia da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS)
como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Fonoaudiologia.**

Orientadora: Prof. Dra. Helena Bolli Mota

Santa Maria, RS, Brasil

2006

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo incentivo, inspiração e apoio constantes.

À Prof. Dra. Helena Bolli Mota, pela amizade, exemplo, incentivo e os ensinamentos passados durante a minha formação e, principalmente, por oportunizar minha iniciação científica.

Aos Professores Dra. Márcia Keske-Soares, Dra. Carla Aparecida Cielo e Dr. Cláudio Cechela, pela oportunidade de compartilhar de seu conhecimento sendo sua aluna.

Às minhas grandes amigas e colegas, Ângela, Ana Paula, Leisa, Maria das Graças e Paula, pela amizade, convivência e momentos inesquecíveis durante a minha formação.

Às Professoras Dra. Carolina Lisbôa Mezzomo e Dra. Carla Aparecida Cielo pela disposição e pelas colaborações na avaliação deste trabalho.

A todos aqueles que, de alguma forma, participaram da minha vida na Universidade Federal de Santa Maria. Muito obrigado!

EPÍGRAFE

“Somos aquilo que lembramos.”

Norberto Bobbio

“... e também somos aquilo que decidimos esquecer.”

Iván Izquierdo

RESUMO

Monografia de Especialização
Curso de especialização em Fonoaudiologia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

A MEMÓRIA DE TRABALHO FONOLÓGICA E O PROCESSAMENTO DA LINGUAGEM NA INFÂNCIA

AUTORA: Joana Bisol Balardin
ORIENTADORA: Helena Bolli Mota
Santa Maria, agosto de 2006.

Tema: As relações entre o circuito fonológico da memória de trabalho e o processamento da linguagem na infância começaram a ser investigadas a partir do momento em que os pesquisadores adotaram o Modelo de Memória de Trabalho, proposto inicialmente por Baddeley & Hitch em 1974, como pressuposto teórico para avaliar a interferência da memória de curto prazo na aquisição da linguagem. Objetivo: apresentar uma revisão abrangente e não-sistemática da literatura sobre o papel do circuito fonológico da memória de trabalho no processamento da linguagem oral na infância, desde a criação do modelo até os dias atuais. Para tanto, serão apresentados os conceitos de memória e aprendizagem, seguidos de uma descrição detalhada do modelo de memória de trabalho, principalmente do seu componente fonológico, e, por fim, os resultados de estudos envolvendo o circuito fonológico e a aquisição da linguagem na infância. Resultados: as pesquisas revisadas envolvendo o circuito fonológico e a linguagem na infância, desenvolvidas desde a criação do Modelo de Memória de Trabalho, contribuíram para que a memorização de palavras familiares deixasse de ser a principal função do componente fonológico do modelo para dar lugar à função de suportar o aprendizado fonológico. Conclusão: apesar da grande variedade de estudos envolvendo a memória de trabalho fonológica, precisar seu exato papel no desenvolvimento normal e patológico da linguagem ainda é uma tarefa difícil, sendo necessários futuros estudos mais abrangentes, tanto de caracterização das habilidades do circuito fonológico, como de avaliação de estratégias de reabilitação dos déficits de memória apresentados por crianças com alterações específicas de linguagem.

Palavras-chave: linguagem, memória de trabalho, criança.

ABSTRACT

Monograph of Specialization
Course in Speech, Language and Hearing Sciences
Federal University of Santa Maria

PHONOLOGICAL WORKING MEMORY AND LANGUAGE PROCESSING IN CHILDHOOD

AUTHOR: Joana Bisol Balardin
ADVISOR: Helena Bolli Mota
Santa Maria, august, 2006.

Background: the relations between the phonological loop of working memory and language processing in childhood started to be investigated at the time of Working Memory Model, initially proposed by Baddeley & Hitch (1974), was adopted as theoretical approach to evaluate the role of short-term memory in language acquisition. Objective: to show a wide-ranging and non-sistematic review about the role of working memory phonological loop in language processing in childhood, since it creation until present-days. For this, concepts about memory and learning will be presented, followed by a detailed description of the working memory model, especially of it phonological component, and, in the end, there will be shown study results about the association of phonological loop and language acquisition in childhood. Results: the revised researches about the relation of phonological loop and language processing in childhood contributed to a change in the mean function of phonological component. Now, it has the role of support the learning of new phonological forms, more than simply memorize familiar words forms. Conclusion: although the existence of a wide range of data concerning phonological working memory, it has been difficult to specify their specific role in normal and pathological language development. So, future studies with the objective to characterize the phonological loop skills better and to evaluate the effectiveness of rehabilitation strategies are necessary.

Keywords: language, working memory, child.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Modelo de três componentes de memória de trabalho de Baddeley & Hitch (1974): relações entre a central executiva, o circuito fonológico e o bloco visuo-espacial19
- FIGURA 2 – Modelo de memória de trabalho revisado: relações da central executiva com os subsistemas e a memória de longo-prazo.....21
- FIGURA 3 – Estrutura e funcionamento do circuito fonológico, de acordo com a modalidade sensorial do *input*..... 24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Conceituando memória	13
2.2 A memória como um pré-requisito para a aprendizagem.....	15
2.3 O modelo de memória de trabalho.....	18
2.3.1 A central executiva.....	19
2.3.2 O bloco visuo-espacial.....	21
2.3.3 O circuito fonológico.....	22
2.3.3.1 O circuito fonológico e o processamento da linguagem na infância.....	27
2.3.3.2 Pesquisas sobre o circuito fonológico e o processamento da linguagem.....	31
2.3.3.3 Remediando os problemas de memória fonológica.....	36
2.4 Considerações finais.....	38
4 CONCLUSÕES	39
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A aquisição da linguagem talvez seja o marco desenvolvimental que mais receba atenção na vida de uma criança, tanto por parte da família como dos pesquisadores das ciências da comunicação humana. Nela está impressa a habilidade de manipular e discriminar os sinais de fala, bem como de adquirir os padrões sonoros da linguagem para que seja construído um sistema de linguagem semelhante ao adulto na sua constituição e uso.

Apesar desse processo dar-se, na maioria das vezes, de forma rápida e espontânea, algumas crianças falham em desenvolver habilidades normais de linguagem, apesar de apresentarem condições intelectuais, físicas, sociais e emocionais normais. Tais crianças apresentam problemas específicos de expressão e/ou de compreensão da linguagem.

Uma grande variedade de déficits lingüísticos e cognitivos tem sido identificada na tentativa de explicar as dificuldades que as crianças com déficits específicos de linguagem apresentam. Grande discussão reside no fato de a natureza dessas dificuldades serem provenientes de alterações específicas nos mecanismos inatos da linguagem, de acordo com as teorias lingüísticas, ou oriundas de déficits cognitivos em sistemas gerais processadores da linguagem, como nas habilidades perceptivas e de memória.

De acordo com esta última perspectiva, nos últimos vinte anos, inúmeras pesquisas têm conferido à memória verbal de curto-prazo um papel fundamental na manifestação das dificuldades específicas de linguagem, bem como e conseqüentemente, na aquisição e no desenvolvimento normal.

Para estudar como os recursos de memória de curto-prazo influenciam o desenvolvimento da linguagem, o modelo teórico preferencialmente utilizado pelos pesquisadores tem sido o modelo de memória de trabalho, proposto inicialmente por Baddeley e Hitch, em 1974. O modelo está intimamente associado ao funcionamento cognitivo geral, servindo de base para o pensamento, a linguagem e o raciocínio. Inicialmente, os autores propuseram o modelo com três componentes, cada um responsável pelo armazenamento e processamento de determinado tipo de informação: um, relacionado à informação verbal e acústica, o circuito fonológico; outro, referente à manipulação de estímulos espaciais e visuais, o bloco visuo-

espacial; e um terceiro, a central executiva, um sistema de controle atencional limitado do qual os dois primeiros componentes são dependentes.

O componente que tem sido apontado como o que possui as mais fortes implicações sobre os vários aspectos do processamento da linguagem é o circuito fonológico, ainda mais pelas evidências, advindas de estudos com crianças, adultos e pacientes neuropsicológicos, de que o principal papel do circuito seria suportar o aprendizado de novas formas fonológicas. Intensa pesquisa estabeleceu que as habilidades que medem o funcionamento do circuito fonológico das crianças estão criticamente relacionadas à aquisição do vocabulário, tanto na língua materna como na segunda língua, com a produção da fala, com a compreensão da linguagem e com o desenvolvimento da leitura.

Por sua importância contemporânea como modelo teórico para a caracterização do desenvolvimento normal e patológico da linguagem, e prática por fornecer subsídios para a avaliação e tratamento das desordens da linguagem, faz-se necessário, tanto para clínicos quanto para pesquisadores da área dos distúrbios da comunicação humana, o conhecimento do funcionamento do circuito fonológico da memória de trabalho.

Desta forma, esta monografia de especialização pretende apresentar uma revisão abrangente e não-sistemática da literatura sobre o papel do circuito fonológico da memória de trabalho no processamento da linguagem na infância, desde a criação do modelo até os dias atuais. Para tanto, serão apresentados: (1) os conceitos de memória e aprendizagem, (2) uma descrição detalhada do modelo de memória de trabalho, principalmente do seu componente fonológico (3) os resultados de estudos envolvendo o circuito fonológico e a aquisição da linguagem na infância.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta primeira parte da revisão de literatura serão introduzidos alguns termos relacionados à memória e ao processo de aprendizagem com o objetivo de localizar o leitor dentro das perspectivas de estudo aqui apresentadas.

2.1 Conceituando memória

A memória pode ser definida como a incrível habilidade dos indivíduos de armazenar informações e conhecimentos sobre si mesmos e o mundo que os cerca. É ela que permite ao sujeito a consciência de sua própria existência e continuidade de suas vidas, além de ser a base para o reconhecimento das pessoas e dos objetos, e para o desenvolvimento da linguagem (Xavier, 1993).

As definições de aprendizado e memória inter-relacionam-se. De acordo com Izquierdo (2002), memória é a aquisição, conservação e evocação de informações, sendo a aquisição denominada de aprendizado e a evocação de recordação ou lembrança. Para Bear et al (2002) aprendizado é a aquisição de novas informações ou novos conhecimentos e memória é a retenção da informação aprendida. Kandel et al (2002) define memória como a capacidade de armazenamento e evocação de informações adquiridas através da experiência.

Considerando-se a abordagem neuropsicológica, a memória e o aprendizado são adaptações dos circuitos cerebrais ao ambiente que ocorrem ao longo de toda a vida, e que envolvem diversas estruturas e sistemas de neurotransmissores e neuromoduladores, além de múltiplos aspectos cognitivos. Assim, a memória e o aprendizado nos permitem responder apropriadamente a situações que experimentamos anteriormente.

A representação física ou a localização de uma memória é chamada de engrama, também conhecido como traço de memória (Bear et al, 2002). O engrama não pode ser detectado pela simples observação de aspectos anatômicos, bioquímicos ou eletrofisiológicos. Somente a expressão de um comportamento alterado acusa a existência de memória (Kandel et al, 2002).

Existem diversos tipos de memória e, sob o aspecto prático ou clínico, as classificações mais utilizadas dizem respeito ao seu conteúdo e tempo de duração.

Com relação ao conteúdo, a memória pode ser classificada como declarativa ou procedural. As memórias que registram fatos, eventos ou o conhecimento são chamadas declarativas, pois os seres humanos podem relatar como as adquiriram. Entre as memórias declarativas estão as referentes aos eventos que assistimos ou vivenciamos, denominadas de episódicas. Já as memórias de conhecimentos gerais são chamadas de semânticas. Denominam-se de memórias procedurais as memórias de habilidades ou capacidades motoras ou sensoriais que comumente chamados de hábitos e que não conseguimos declarar como, por exemplo, nadar, andar, soletrar, etc (Izquierdo, 2004).

Com relação ao tempo de duração, as memórias podem ser classificadas em memórias de curto e longo-prazo. A memória de curto-prazo, ou de curta duração, estende-se desde os primeiros segundos ou minutos seguintes ao aprendizado, até 3-6 horas após o estímulo. Sua função é manter o indivíduo em condições de responder a determinados estímulos imediatos, sendo extremamente vulnerável a interferências e perturbações (Zanatta & Izquierdo, 2003). Já as memórias de longo-prazo referem-se àquelas que podem ser recordadas por dias, meses ou anos após terem sido armazenadas. Tais memórias demoram para ser consolidadas, sendo lábeis e suscetíveis a interferências logo após sua aquisição (Bear et al, 2002).

A capacidade de armazenamento da memória de longa duração é ilimitada, enquanto a quantidade de informação capaz de ser armazenada na memória de curto-prazo é limitada. Uma informação pode ser armazenada temporariamente como memória de curta duração, mas o armazenamento permanente como memória de longa duração requer um processo de consolidação, que não necessariamente requer a memória de curto-prazo como intermediária, podendo os dois tipos de memória ocorrer em paralelo (Kandel et al, 2002).

É importante salientar que a singularidade do termo memória é referida na literatura como equivocada, pois parece não existir um sistema de memória único capaz de suportar toda a experiência mnemônica. Na verdade, evidências de uma variedade de estudos com adultos, pacientes neuropsicológicos e crianças, além de pesquisas bioquímicas e de neuroimagem, indicam a existência de diversos sistemas de memória que, de forma relativa, funcionam independentes uns dos outros (Xavier, 1993).

Uma outra classificação da memória, e a que mais interessa aqui, diz respeito a sua funcionalidade. Nessa classificação, enquadra-se a memória de trabalho, que

envolve a manipulação da informação mantida na mente ou manutenção de alguma informação enquanto o indivíduo recebe e processa outros estímulos (Gazzaniga et al, 2006). O modelo da memória de trabalho desenvolvido por Baddeley e Hitch em 1974 parece ser a mais completa, porém não a única tentativa teórica para explicar um sistema de memória de curto-prazo.

Os pesquisadores têm opiniões divididas sobre a questão de se a memória de trabalho deve ser caracterizada como um componente estrutural distinto ou simplesmente como a porção ativada da memória declarativa de longo-prazo. Baddeley e seus colaboradores têm, consistentemente, representado a memória de trabalho como um sistema complexo, do qual os componentes são estruturalmente diferentes entre si e da memória de longo-prazo. Logie (1996) sustenta a idéia de que os componentes da memória de trabalho têm base na ativação de representações na memória de longo-prazo. Nesta visão, a memória de trabalho é um componente estrutural distinto do sistema cognitivo, porém seu conteúdo é o conjunto de itens ou nódulos que estão sendo ativados através de processos interpretativos na memória de longo-prazo. Uma terceira visão, seria a de que a memória de trabalho seria a parte da memória de longo-prazo que estaria no foco da atenção (Cowan, 1995).

Embora a ligação entre memória de trabalho e memória de longo-prazo não tenha sido descrita em detalhes, existe uma aceitação geral de que a informação que entra nos subcomponentes da memória de trabalho, pode igualmente entrar na memória sensorial e na memória de longo-prazo.

Apesar de originalmente desenvolvido com o objetivo de explicar o funcionamento da memória de curto-prazo de adultos, o modelo de Baddeley e Hitch (1974) vem se mostrando de grande valor para a caracterização do desenvolvimento da memória na infância, em uma variedade de tarefas cognitivas, entre elas a aquisição da linguagem.

2.2 A memória como um pré-requisito para a aprendizagem

A aquisição e o desenvolvimento da linguagem oral e escrita têm como base a aquisição de novos conceitos, o que caracteriza um processo de aprendizagem. Uma vez que os conceitos de aprendizagem e memória complementam-se, pode-se

dizer que, dentro de uma perspectiva cognitiva, os comportamentos de linguagem que resultam do processo de aprendizagem linguística, mediados pela atenção, e que são retidos por nós, podem ser designados como memórias.

As relações entre a memória e o aprendizado lingüístico têm sido contempladas a partir de duas diferentes perspectivas de estudo: o modelo de processamento da informação e o modelo clássico. Com relação ao primeiro, acredita-se que a memória seja formada por estágios que incluem atenção, codificação, armazenamento e recuperação das informações (Sohlberg & Mateer, 2001). Já o modelo clássico soma aos conceitos do modelo de processamento da informação os construtos de memória de curto-prazo, memória de trabalho e memória de longo-prazo. Os modelos são aceitos como compatíveis entre si, e, na literatura existente, constata-se que os autores fazem uso dos conceitos de ambos os modelos livremente. A seguir, para uma melhor compreensão, alguns desses principais conceitos serão apresentados.

De acordo com o modelo de processamento da informação, a atenção é a base dos processos de aprendizado lingüístico e memória, nos quais um estado mental que lhe serve de entrada (*input*), como por exemplo a fala que a mãe dirige à criança, produz um estado diferente do anterior (*output*). Tarefas atencionais são processadas via ativação do sistema reticular, ao nível de tronco encefálico. De forma resumida, o sistema reticular envia *input* sensorial de todos os sentidos para o tálamo, que classifica essas informações e as envia para os lobos cerebrais, de acordo com sua natureza (*input* auditivo para o lobo temporal, *input* visual para o lobo occipital e *input* sensorio-motor para o lobo parietal), para que sejam processadas (Nahas & Xavier, 2005).

A atenção, assim como a memória, não tem sido considerada como um construto unitário, mas sim constituída de mecanismos distintos que muitas vezes se complementam. Ela seria formada por processos mais básicos, responsáveis pelo estado de alerta conferido aos indivíduos, e por processos mais complexos (Nahas & Xavier, 2004). Muir (1996) propôs a existência de três formas básicas de atenção: a vigilância ou atenção sustentada, a atenção dividida, e a atenção seletiva.

A atenção sustentada ou vigilância é definida como a habilidade de manter-se o foco atencional durante um período de tempo. Muir (1996) a define como “*um estado de prontidão para detectar e responder a certas alterações específicas na situação de estímulos*”. A atenção sustentada pode ser medida através de tarefas

comportamentais nas quais é examinada a mudança no número de detecções corretas em função do tempo, sendo a piora indicativa de perda ou instabilidade da concentração.

A atenção dividida refere-se à possibilidade de atender concomitantemente a duas ou mais fontes de estimulação, o que pode envolver tanto aspectos espaciais como temporais (Nahas & Xavier, 2005). Para medir a atenção dividida utilizam-se provas que envolvam o desempenho concomitante de duas ou mais tarefas. Devido aos recursos atencionais serem limitados, a habilidade de processar dois estímulos concomitantes está na dependência dos níveis de processamento requeridos para cada informação, em cada canal. À medida que o processamento torna-se mais automático, o indivíduo é capaz de lidar efetivamente com o material adicional (Gomes et al, 2000). De forma alternativa, o processamento da informação em tarefas de atenção dividida pode não ser simultâneo, mas sim sucessivo, e a atenção é na realidade deslocada entre os canais (Broadbent, 1982).

A atenção seletiva refere-se à capacidade de direcionar a atenção para uma determinada porção do ambiente, enquanto os demais estímulos à sua volta são ignorados. Tarefas envolvendo atenção seletiva avaliam a resistência a algumas formas de distração e, portanto, requerem a focalização dos recursos de processamento em um número restrito de canais sensoriais. Essa resistência à distração pode ocorrer tanto para assegurar o processamento perceptual de sinais sensoriais importantes, via um mecanismo de filtragem, quanto para assegurar a seleção e execução adequadas de ações importantes (Nahas & Xavier, 2005).

Assumindo-se que o indivíduo tenha atentado ao estímulo, a próxima etapa do processo de memória, segundo o modelo de processamento da informação, é a codificação. Esta, por sua vez, requer que o indivíduo analise a informação a ser codificada. A seguir, a informação codificada deve ser armazenada, ou seja, transferida para um local do cérebro para que seja acessada permanentemente formando a chamada memória de longo-prazo. Nesse estágio, a informação pode sofrer os efeitos adversos de fatores interferentes, pelos quais as informações previamente adquiridas são esquecidas devido aos efeitos da aprendizagem de novas informações. Por último, a informação deve ser recuperada, ou seja, o indivíduo deve lembrar-se do conteúdo previamente aprendido pela evocação ou pelo reconhecimento do mesmo. A evocação exige que o indivíduo expresse o que foi aprendido e o reconhecimento necessita da identificação dos itens aprendidos,

sendo esse último processo mais fácil para os indivíduos, representando uma medida mais fidedigna da memória e do aprendizado (Sohlberg & Mateer, 2001).

Já o modelo clássico incorpora os conceitos de memória de curto-prazo, memória de trabalho e memória de longo-prazo, descritos na seção “conceituando memória”, aos conceitos do modelo de processamento da informação. Nesta abordagem, para que a aprendizagem ocorra, os estímulos devem sofrer os efeitos dos processos de atenção para que sejam selecionados, sendo então transferidos para a memória de curto-prazo ou para a memória de trabalho, e, posteriormente, alocados na memória de longo-prazo (Nahas & Xavier, 2005).

Especificamente, nos últimos vinte anos, grande atenção tem sido dedicada às relações entre a aprendizagem da linguagem e a memória de trabalho. As proposições de que uma das principais funções desse sistema de memória seria o de suportar o desenvolvimento do sistema de processamento da linguagem na infância (Gathercole & Baddeley, 1993) levaram ao desenvolvimento de inúmeras linhas de pesquisa que buscassem comprovar e expandir esse conhecimento.

Após a breve apresentação dos conceitos envolvidos nos processos de memória e aprendizagem, serão apresentadas as informações colhidas da literatura referentes ao principal objetivo do presente trabalho: a caracterização do modelo de memória de trabalho e suas implicações para o processamento da linguagem na infância.

2.3 O modelo de memória de trabalho

O termo memória de trabalho parece ter sido criado por Miller, Galanter e Pribram em 1960, e foi adotado por Baddeley e Hitch em 1974 para enfatizar as diferenças entre o novo modelo de três componentes e os antigos modelos unitários de memória de curto-prazo. A principal diferença relatada pelos autores referia-se à memória de trabalho ser mais do que simplesmente um sistema de armazenamento temporário, e sim um construto com caráter dinâmico, envolvido na manipulação das informações necessárias a um diversificado e complexo conjunto de atividades cognitivas como a linguagem, o raciocínio, e o pensamento, que só seria possível por meio da interação desse sistema com a percepção, a memória de longo-prazo e a ação. Essa abordagem teórica possibilitou o desenvolvimento de uma série de

tarefas para analisar as diferentes atividades da memória de trabalho, em diferentes populações (Baddeley, 2003a).

O modelo proposto por Baddeley e Hitch (1974) está dividido em três subsistemas: o circuito fonológico, relacionado com o armazenamento e a manipulação da informação verbal e acústica; o bloco visuo-espacial, relacionado com o armazenamento e a manipulação das informações visuo-espaciais; e, um subsistema atencional de controle limitado, a central executiva, ao qual os dois primeiros teriam uma relação de dependência (Figura 1).



Fig.1. Modelo de três componentes da memória de trabalho de Baddeley e Hitch (1974).

Após a publicação do modelo, as pesquisas científicas envolvendo a memória de trabalho vêm direcionando seus interesses para as funções cognitivas relacionadas com cada um dos sistemas da memória de trabalho. Indiscutivelmente, o circuito fonológico é o componente mais conhecido e melhor descrito. A seguir, será realizada uma breve descrição dos componentes da central executiva e bloco visuo-espacial do modelo de memória de trabalho, seguida de uma descrição pormenorizada do componente circuito fonológico, incluindo seus aspectos teóricos e resultados de pesquisas.

2.3.1 A central executiva

A central executiva é descrita por Baddeley (1986) como o mais importante componente da memória de trabalho, porém o menos compreendido até hoje. No modelo original (Baddeley & Hitch, 1974), a central executiva era tratado simplesmente como um componente de processamento de informações complexas, as quais os pesquisadores não conseguiam relacionar de forma direta ou específica aos outros dois componentes.

Com a evolução do modelo teórico, foi atribuído à central executiva todo o controle atencional da memória de trabalho, que parece ter, em grande parte, como substrato neuroanatômico, os lobos frontais (Stuss & Knight, 2002), e ter sua função fracionada em outros subprocessos executivos (Baddeley, 2001).

Os processos executivos são relatados como um dos principais fatores que determinam as diferenças individuais em tarefas que medem a memória de trabalho, as chamadas tarefas de *span* complexo (Daneman & Carpenter, 1980). Tais tarefas consistem na combinação simultânea de armazenamento e processamento de informações, como, por exemplo, ler uma lista de sentenças e memorizar a última palavra da cada sentença para, ao término da leitura da lista, evocar as palavras lembradas. O desempenho em tarefas de *span* complexo tem-se mostrado fortemente correlacionado a um grande conjunto de habilidades cognitivas complexas, incluindo a compreensão leitora (Baddeley, 2003a).

Com o decorrer das pesquisas, o modelo de memória de trabalho até então existente tornou-se questionável, principalmente no que diz respeito às relações entre a memória de trabalho e a memória de longo-prazo. O modelo de três componentes não fornecia subsídios que explicassem como ocorria a integração da informação advinda dos subsistemas e da memória de longo-prazo, em forma de conhecimento prévio, de forma que essas informações fossem ativadas e manipuladas simultaneamente (Adams & Gathercole, 2000).

Assim, um quarto componente foi proposto e incorporado ao modelo de memória de trabalho, o chamado armazenador episódico. Foi estabelecido que o novo componente possuía uma capacidade de armazenamento limitada, capaz de unir informações provenientes dos diferentes subsistemas do modelo com as informações da memória de longo-prazo conferindo-lhes validade episódica, sendo controlado pelos recursos atencionais da central executiva e com acesso consciente de seu conteúdo (Baddeley, 2000).

Essa relação pode ser observada na figura 2, na qual cada subsistema pode interagir com as informações que foram adquiridas previamente e que estão armazenadas na memória de longo-prazo (Baddeley, 2003b).

O armazenador episódico foi proposto como um subsistema completamente separado dos outros, porém também tem sido considerado como o componente de armazenamento da central executiva (Baddeley, 2001). Sob esse ponto de vista, as informações da memória de longo-prazo são transferidas para o armazenador

episódico, ao invés de simplesmente serem ativadas na própria memória de longo-prazo. Essas proposições enfatizam ainda mais o caráter de processamento da memória de trabalho, capaz de formar novas representações, ao invés de apenas ativar memórias antigas, além de sustentar as abordagens que enfatizam que as diferenças individuais em medidas de memória de trabalho estão relacionadas aos processos executivos mais que simplesmente aos subsistemas, como o circuito fonológico (Baddeley, 2003b).

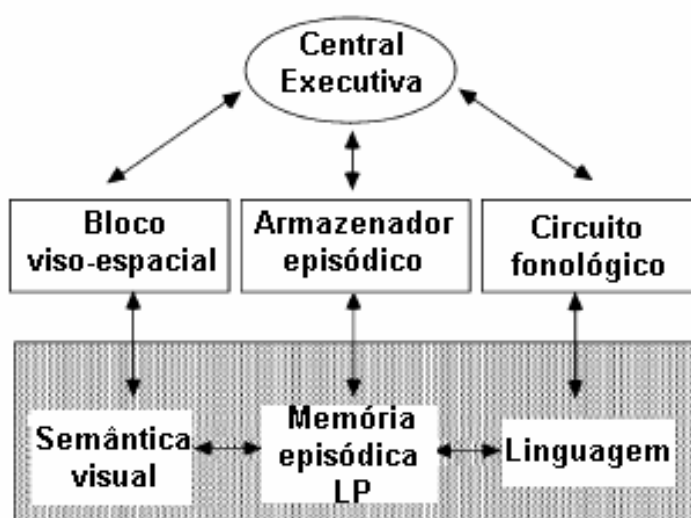


Figura 2. Modelo de memória de trabalho revisado: relações da central executiva com os subsistemas e a memória de longo-prazo (Baddeley, 2003b).

2.3.2 O bloco visuo-espacial

O bloco visuo-espacial é o componente visual equivalente ao circuito fonológico. Especializado em integrar a informação visual, espacial e provavelmente a cinestésica em uma representação unificada, que pode ser manipulada e armazenada temporariamente, o bloco também possui capacidade limitada, tipicamente de mais ou menos três ou quatro objetos. O bloco tem sido relatado como fundamental na orientação espacial e na solução de problemas visuo-espaciais (Baddeley, 1986).

Embora na prática poucas memórias possam ser classificadas como exclusivamente visuais ou espaciais, a distinção entre uma capacidade de

processamento visual e espacial é consistente com achados neuropsicológicos de pacientes com memória visual, mas não espacial, preservada (Gathercole, 1998).

Para avaliação do bloco visuo-espacial, Pickering & Gathercole (2001) propuseram uma tarefa que consiste na construção, pelo examinador, de formas tridimensionais utilizando-se blocos arranjados de forma não-sistemática, tendo a criança que reproduzir a construção da forma, na mesma ordem de apresentação. O número de blocos utilizados em cada forma aumenta gradativamente em cada tentativa, até a quarta, ou até a criança cometer mais de um erro na mesma tentativa, sendo a tarefa interrompida e contabilizado o número de seqüências corretamente realizadas.

Evidências recentes indicam que o componente visuo-espacial da memória de trabalho teria um importante papel para a aprendizagem. Em um estudo com adolescentes entre 11 e 14 anos, foram encontradas fortes e distintas relações entre medidas de memória de trabalho fonológica e visuo-espacial e o desempenho escolar. Os escores em tarefas visuo-espaciais estiveram particularmente relacionados ao desempenho em matemática e ciências (Jarvis & Gathercole, 2003).

2.3.3 O circuito fonológico

O circuito fonológico é o componente melhor desenvolvido do modelo de memória de trabalho e sobre o qual existe o maior número de relatos teóricos e estudos empíricos. O circuito também é designado como memória de trabalho fonológica, ou simplesmente, memória fonológica.

Especializado em reter informação verbal por um curto período de tempo, este componente é formado por um armazenador fonológico temporário passivo, que armazena informações por um curto período de tempo, e por um processo de ensaio articulatorio, análogo à repetição subvocal (repetição mental) (Gathercole & Baddeley, 1993).

A natureza sensorial da informação verbal é que determina a rota de entrada no armazenador fonológico. Quando o *input* é auditivo, a informação ganha acesso direto ao armazenador através da percepção auditiva. Já a informação verbal na modalidade visual possui acesso indireto: os grafemas precisam ser convertidos em fonemas, processo esse que é realizado pelo outro componente do circuito, o ensaio

articulatório. Além da conversão grafema-fonema, o ensaio articulatório também é responsável, através de um processo de chamada subvocal, por manter a informação no armazenador fonológico, tendo um papel preventivo contra o declínio do traço de memória, uma vez que o mesmo tende a permanecer no armazenador apenas por poucos segundos (Baddeley, 2001).

O processo de ensaio articulatório ocorre em tempo real, o que determina que a capacidade de memória imediata seja limitada. A memória imediata é avaliada através de medidas de *span*, definidas como a maior seqüência de dígitos, letras ou palavras capazes de serem recordadas imediatamente após sua apresentação. A medida que o número de itens a serem recordados aumenta, a lista atinge um ponto no qual o traço de memória do primeiro item desaparece antes que ele possa sofrer o processo de ensaio, visto que cada item é ensaiado numa seqüência temporal (Baddeley & Hitch, 1974).

A figura 3, extraída de Vallar e Papagno (2002 apud Baddeley, 2003b), fornece uma especificação do funcionamento do circuito fonológico. Em resumo, a informação verbal apresentada acusticamente é analisada (a) e ganha acesso direto ao armazenador, a memória fonológica de curto-prazo (b), que retém a informação em código fonológico. Para prevenir a perda da informação, o processo de ensaio articulatório é implementado, ou, simplesmente, a programação motora da fala é efetivada (c). Na modalidade visual, a informação é codificada (d), e sofre a conversão grafema-fonema, antes de ser realizada a programação motora (c).

A maioria das pesquisas que visam avaliar o circuito fonológico utiliza medidas de memória imediata, como a recordação de listas de dígitos, letras ou palavras semanticamente não-relacionadas, nas quais as características do material têm sido usadas como indicação do tipo de rota de entrada no armazenador fonológico. Para letras não relacionadas, a natureza do código é acústica ou fonológica; seqüências de letras acusticamente semelhantes como B, P, D, T são lembradas de modo menos eficiente do que letras acusticamente diferentes como K, R, W, X, Y (Baddeley, 1986). Similaridade acústica ou fonológica também possui efeito negativo sobre a recordação imediata de listas de palavras não-relacionadas, enquanto que o significado parece ter pouca influência (Baddeley, 2001), sendo essencial para a aprendizagem e a recordação a longo-prazo que, por sua vez, parece não ser afetada pela similaridade fonológica (Conrad & Hull, 1964 apud Baddeley 1986).

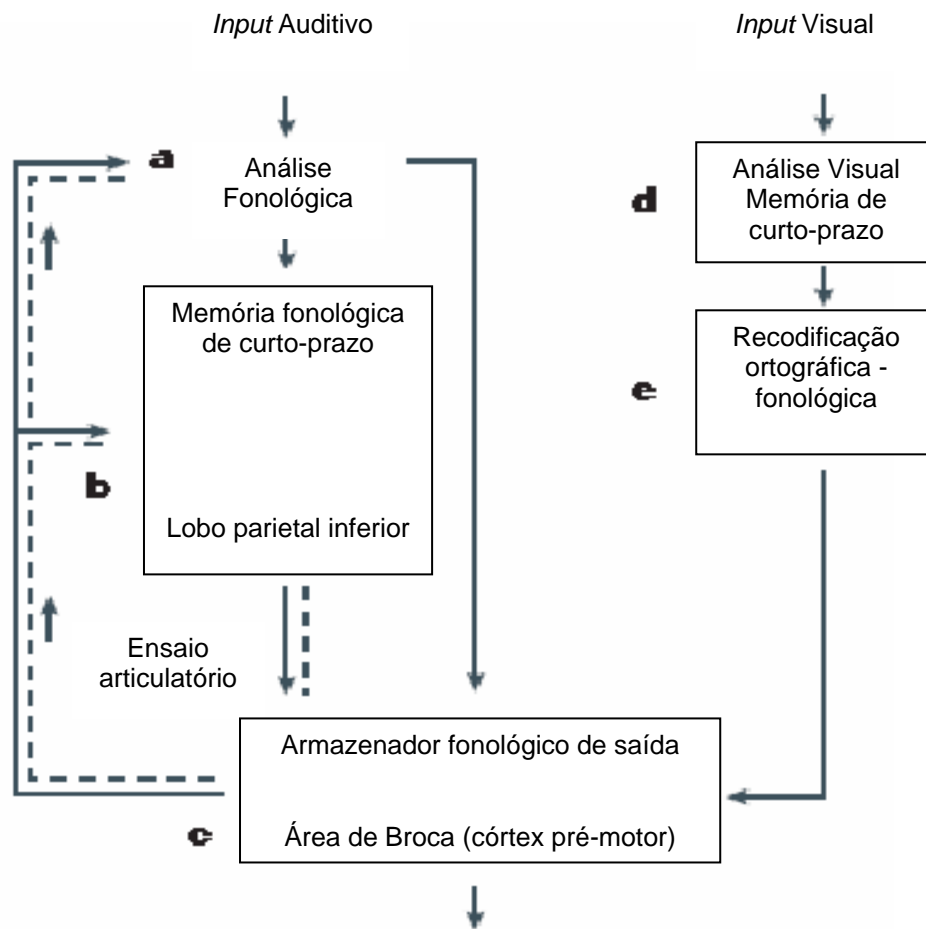


Figura 3. Estrutura e funcionamento do circuito fonológico, de acordo com a modalidade sensorial do *input*. Extraída de Vallar & Papagno (2002 apud Baddeley, 2003b).

O efeito descrito acima, conhecido como efeito da similaridade fonológica, é freqüentemente descrito como um marcador da existência do circuito fonológico (Logie et al, 1996). O efeito tende a desaparecer quando o índice de erro em tarefas de recordação imediata alcança a faixa dos 50%, indicando que o sujeito está abandonando os mecanismos do circuito para adotar estratégias alternativas, como a codificação semântica ou visual (Hanley & Bakopoulou, 2003).

Evidências para o papel do ensaio articulatório advém do chamado efeito do tamanho da palavra: o *span* diminui a medida que o tamanho da palavra aumenta, ou seja, uma lista de palavras formadas por poucas sílabas, como “sim”, “dia”, “mão”, “sol”, tem mais chance de ser recordada corretamente do que uma lista de palavras trissilábicas, como “caminhão”, “pacote”, “caneta”, “panela”. A sugestão de

que esse efeito reflete um processo de ensaio mais lento para palavras com maior número de sílabas é sustentada pelo fato de tal efeito ser anulado quando a repetição subvocal é impedida, pedindo-se ao sujeito para que repita um som irrelevante (Thomson & Buchanan, 1975 apud Baddeley, 2001). Esse processo prejudica o desempenho, pois impede que o traço de memória seja mantido pelo processo de ensaio e, quando o estímulo é apresentado visualmente, não permite que o sujeito realize a subvocalização (repetição mental) para que os itens da lista sejam registrados no armazenador fonológico (Baddeley, 2000).

A interpretação do efeito do tamanho da palavra é controversa. Sabe-se que palavras mais longas demoram mais tempo para serem imediatamente recordadas, sendo mais suscetíveis ao esquecimento (Cowan, 1995). Porém o efeito de tamanho também ocorreu quando foi mantida uma constância no intervalo de apresentação dos itens a serem recordados, mostrando que o próprio processo de ensaio pode ser afetado (Baddeley et al, 2002).

A recordação imediata de material verbal também sofre efeitos negativos da exposição concomitante ou subsequente a estímulos de fala irrelevantes, ainda mais se este for fonologicamente semelhante ao material que deve ser armazenado e recordado (Beaman, 2004).

Os dois componentes do circuito fonológico também são suportados por evidências neuropsicológicas. O processo de repetição subvocal parece não depender do controle periférico da articulação, visto que este processo parece estar preservado em pacientes anártricos. Do contrário, pacientes com dispraxia, que perderam a capacidade de programação motora superior, obtiveram reduzidos índices de memória fonológica (Baddeley & Wilson, 1985 apud Baddeley, 2003a).

Smith & Jonides (1997), em um estudo de neuroimagem, relataram a seguinte arquitetura neural do circuito fonológico: (I) o ensaio articulatório seria mediado pelas áreas frontais relacionadas com a fala no hemisfério esquerdo (área de Broca, área motora suplementar, e a área pré-motora, áreas 44 e 6 de Broadman), além de parte do cerebelo no hemisfério direito, cuja projeção nas áreas frontais é conhecida; (II) o armazenador fonológico de curto-prazo seria mediado pelo córtex parietal posterior esquerdo, área 40 de Broadman; (III) o componente executivo seria mediado pela parte dorsolateral do córtex pré-frontal (área 9 e 46 de Broadman). Além disso, os sistemas atencionais que respondem por qualquer atividade complexa parecem ser

mediados pelo córtex parietal superior e posterior (área 7 de Broadman) e a parte anterior do giro angulado (área 7 de Broadman), além de outras áreas.

As habilidades da memória de trabalho fonológica geralmente são avaliadas através de índices, como o *memory span* (*word span/digit span*) e a repetição de não-palavras, e de tarefas complexas como os *complex memory span*, entre eles o *reading span* e o *counting span*.

O *memory span* é a mais longa lista de palavras ou dígitos que um indivíduo pode repetir sem erro. O valor do *memory span* dependerá da velocidade com a qual o indivíduo realizará o processo de ensaio articulatório, sendo aproximadamente equivalente ao número de itens possíveis de serem ditos em 1,5 – 2 segundos, tempo após o qual ocorre o enfraquecimento dos traços de memória no armazenador fonológico (Baddeley, 1986).

Na tarefa de repetição de não-palavras, a criança precisa identificar uma seqüência de fonemas apresentada auditivamente, reter essa seqüência, e apresentá-la em um sinal de fala. Uma não-palavra consiste em um estímulo com regras estruturais de uma língua natural, ou seja, que pode ser lido, escrito ou repetido, mas que não possui um significado conceitual ou um valor semântico no léxico da linguagem (Santos & Bueno, 2003). As dificuldades do teste variam conforme o tamanho da seqüência de fonemas (número de sílabas) ou com o grau de semelhança com palavras reais (Gathercole & Baddeley, 1989).

Os testes de recordação de não-palavras parecem solicitar mais confiavelmente a memória de trabalho fonológica, devido ao fato de o estímulo ser desconhecido e por isso sofrer menos as influências lexicais e do uso de estratégias mnemônicas que possibilitem o mascaramento das reais condições do sistema de memória (Gathercole, 1995).

As tarefas denominadas de *complex memory span*, apesar de apresentarem resultados em termos de número de itens recordados, fornecem uma medida da capacidade de processamento e de armazenamento da memória de trabalho. No *reading span* (Danemen & Carpenter, 1980 apud Just & Carpenter, 1992), os sujeitos devem ler silenciosamente uma lista de sentenças não relacionadas entre si e recordarem-se, em voz alta, da última palavra de cada sentença na ordem em que ocorriam. Outro exemplo de tarefa complexa de memória de trabalho inclui o *listening recall test*, que consiste na apresentação de sentenças curtas à criança, que as deve classificar, uma a uma, como verdadeiras ou falsas, e, ao final da

apresentação de todas as sentenças, repetir a última palavra de cada uma delas na ordem em que foram apresentadas (Pickering & Gathercole, 2001).

A diferença entre as tarefas complexas, como o *reading span*, e as tarefas simples de recordação de seqüências de dígitos ou de palavras, é que as primeiras medem a eficiência do processamento da central executiva em acessar as representações temporariamente ativadas da memória de longo-prazo, e as segundas, medem a capacidade de armazenamento do circuito fonológico (Just & Carpenter, 1992).

Em relação ao desenvolvimento das habilidades do circuito fonológico nas crianças, o seu desempenho nas tarefas que medem a memória de trabalho fonológica, como a repetição de dígitos, parece aumentar de acordo com o avanço da idade cronológica. Isso pode ser explicado pelo fato de que é possível que o armazenador fonológico do circuito esteja presente desde os primeiros anos de vida, ao passo que o processo de especialização do ensaio articulatório só seja completado próximo dos sete anos de idade (Gathercole & Adams, 1993). Assim, crianças pequenas parecem não aproveitarem-se da estratégia do ensaio articulatório para memorizar, pois ao serem solicitadas a repetir listas de itens não foram observados sinais indicativos do ensaio, como por exemplo, movimentos de mímica facial de lábios e língua (Gathercole, 1998).

A intensa pesquisa em torno do circuito fonológico possibilitou que seu significado funcional, inicialmente relacionado à recordação de números de telefone (Baddeley & Hitch, 1974), passasse a ser atribuído à função de sustentar o aprendizado da estrutura fonológica da linguagem (Baddeley et al, 1998). Sabe-se hoje que a memória de trabalho fonológica está relacionada com a manipulação da informação fonológica envolvida em uma ampla variedade de aspectos do processamento da linguagem, entre eles a produção da fala, a aquisição do vocabulário, a compreensão da linguagem e, também, a leitura.

2.3.3.1 O circuito fonológico e o processamento da linguagem na infância

Passados mais de trinta anos da formulação do modelo de Baddeley e Hitch (1974), no qual foi inicialmente proposta a existência do circuito fonológico, um grande número de pesquisas contribuiu para que se obtivessem evidências

empíricas da relação entre o funcionamento do circuito fonológico e o processamento da linguagem.

A idéia inicial de que o circuito fonológico tivesse um papel crucial na aquisição da linguagem (Baddeley et al, 1988) teve origem com a constatação de que déficits específicos no funcionamento do circuito, apesar de inteligência e memória de longo-prazo normais, impediam o aprendizado de uma segunda língua, por meio do aprendizado de novas palavras.

Essas evidências eram suportadas pelo fato de que os mesmos fatores que impediam o funcionamento da memória de trabalho fonológica, como os efeitos do tamanho da palavra, da supressão articulatória, e da similaridade fonológica, também impediam a aquisição do vocabulário de uma segunda língua (Papagno & Vallar, 1992). Resultados similares foram encontrados em diversos estudos subseqüentes sobre aquisição de segunda língua, que correlacionaram habilidades de memória fonológica e medidas de vocabulário e sintaxe, em adultos e crianças (Service, 1992; Service & Kohonen, 1995; Dufva & Voeten, 1999; Ardila, 2003).

Apesar de amplamente confirmados, os resultados iniciais de Baddeley et al (1988) estiveram, durante muito tempo, restritos à aquisição de segunda língua. Motivados a fortificar o papel do circuito fonológico no processamento da linguagem e do próprio modelo de memória de trabalho como pressuposto teórico, Baddeley e seus colaboradores buscaram a comprovação de efeitos similares na aquisição da língua materna.

Assim, intensa pesquisa durante a última década estabeleceu que as habilidades de memória fonológica das crianças estão criticamente relacionadas a pelo menos quatro aspectos do desenvolvimento da linguagem. Fortes associações com a aquisição e o desenvolvimento da fala e do vocabulário foram relatadas, tanto na língua materna como na segunda língua, com a compreensão da linguagem e com o desenvolvimento da leitura. Atualmente, existem evidências substanciais sobre a associação entre pobres habilidades de memória fonológica na infância e déficits específicos na aquisição da linguagem e das habilidades de leitura, escrita e cálculo, as quais serão descritas adiante.

Antes de descrever os estudos que originaram as afirmações acima citadas, é importante considerar que, embora os termos memória de trabalho fonológica e memória verbal de curto-prazo ou memória fonológica de curto-prazo estejam relacionados, os mesmos podem ser distinguíveis. Enquanto a memória de trabalho

fonológica refere-se aos processos de armazenamento e manipulação concomitantes da informação fonológica, a memória verbal de curto-prazo refere-se, especificamente, ao armazenamento da informação verbal (Adams & Gathercole, 2000). Pickering & Gathercole (2001) desenvolveram uma bateria de testes para avaliação da memória de trabalho em crianças (*Working Memory Test Battery for Children - WMTB-C*), que compreende tanto tarefas de memória de trabalho como tarefas de memória fonológica de curto-prazo. Esses autores consideram a repetição de dígitos na ordem reversa e as chamadas *complex memory span tasks*, como o *reading span*, tarefas sensíveis ao funcionamento da memória de trabalho. Tais tarefas também têm sido relatadas como sensíveis à central executiva. Já as tarefas de repetição de dígitos e de palavras na ordem direta, e a repetição de não-palavras, são referidas como sensíveis à memória fonológica de curto-prazo.

De forma geral, observa-se que os estudos que relacionam a aquisição da linguagem aos sistemas de memória de curto-prazo fazem uso dos termos memória de trabalho e memória fonológica de curto-prazo de forma indiscriminada. Porém sabe-se que as habilidades de memória de curto-prazo estão menos associadas com o desempenho escolar e ao funcionamento cognitivo do que habilidades de memória de trabalho (Daneman & Merikle, 1996). Há, entretanto, uma forte relação entre memória fonológica de curto-prazo e da memória de trabalho fonológica com o aprendizado de novos padrões fonológicos, como será discutido adiante..

Recentemente, na tentativa de auxiliar clínicos e pesquisadores, Gathercole & Alloway (2006) estabeleceram critérios diagnósticos para as alterações da memória de trabalho fonológica e da memória verbal de curto-prazo. Via de regra, escores maiores que um desvio padrão abaixo da média são indicativos de alterações leves, ao passo que escores maiores que 1.33 desvios padrão acima da média indicam alterações moderadas a severas. Para avaliação da memória verbal de curto-prazo, as autoras propõem a tarefa de repetição de dígitos na ordem direta, que consiste na apresentação auditiva de seqüências aleatórias de dígitos para que o sujeito repita imediatamente após ouvi-las. Como o nível de processamento dessa tarefa é mínimo, exigindo apenas que o indivíduo armazene a seqüência ouvida, para a testagem da memória de trabalho é utilizada a tarefa de repetição de dígitos na ordem inversa, o que imprime um aumento no nível de processamento da criança, que deve realizar um reorganização mental do traço de memória.

Embora as tarefas de repetição de dígitos na ordem direta e inversa representem estimativas preliminares válidas do funcionamento da memória verbal de curto-prazo e da memória de trabalho, respectivamente, estas tarefas possuem algumas limitações. A mais significativa delas diz respeito à natureza numérica do estímulo que empregam, o que pode produzir resultados errôneos ao testarem-se crianças com problemas de processamento ao nível de algarismos (Alloway et al, 2004). Além disso, um diagnóstico baseado em um déficit específico evidenciado em apenas uma prova, em um determinado momento, parece estar longe de ser o ideal.

Uma medida que comumente é referida como sensível à memória de trabalho, mas que originalmente foi proposta para avaliação de memória verbal de curto-prazo, é a repetição de palavras sem significado, também referidas como não-palavras ou pseudopalavras. No Brasil, Kessler (1997) e Brodacz (1998), em suas pesquisas de mestrado, propuseram listas de não-palavras, e Santos & Bueno (2003) são os autores do Teste de Repetição de Não-Palavras, validado para o português.

Cabe ainda ressaltar que, quando do diagnóstico de possíveis alterações tanto da memória de trabalho fonológica quanto da memória verbal de curto-prazo, faz-se necessário excluir outras causas potenciais do baixo desempenho nas tarefas. Um dos fatores que pode comprometer o desempenho das crianças nas tarefas de *memory span* são as alterações no processamento motor da fala. Muitas vezes, os erros cometidos pelas crianças na tarefa de repetição de dígitos ou de não-palavras podem ser decorrentes de déficits na programação ou na execução motora da fala, que ficam evidentes quando se usam estímulos fonologicamente complexos e com combinações de fonemas não familiares. Assim, uma avaliação detalhada dos contrastes fonológicos da linguagem, através de exames de discriminação auditiva, podem impedir que os erros cometidos pelas crianças nas avaliações de memória, que correspondam a erros sistemáticos na produção da fala (erros fonológicos), sejam classificados de forma incorreta. Da mesma forma, déficits auditivos também podem contribuir para baixos escores em tarefas de memória de trabalho fonológica e memória verbal de curto-prazo, devido a problemas na discriminação inicial dos itens a serem recordados (Briscoe et al, 2001).

2.3.3.2 Pesquisas sobre o circuito fonológico e o processamento da linguagem

A maior parte das pesquisas envolvendo a aquisição de linguagem e a memória de trabalho fonológica tem sido focalizada na aquisição do léxico. Em estudos que utilizaram amostras de crianças com desenvolvimento de fala e linguagem normais, o desempenho das mesmas nas tarefas de repetição de não-palavras e de seqüências de dígitos esteve consistentemente relacionado ao conhecimento de vocabulário (Michas & Henry, 1994; Gathercole et al, 1999), sendo que crianças com pobres habilidades de memória fonológica apresentaram pobre desempenho na aquisição de estruturas fonológicas não-familiares. Gathercole et al (1992), em um estudo longitudinal, concluíram que as habilidades de memória de trabalho fonológica, especialmente sua capacidade de armazenamento, em crianças pré-escolares de quatro anos de idade, estiveram fortemente correlacionadas ao tamanho do vocabulário nas mesmas crianças aos cinco anos. Em um outro estudo, Gathercole & Baddeley (1990) referem que os pré-escolares que demonstraram melhor desempenho em memória de trabalho fonológica apresentaram vocabulário mais vastos do que os pré-escolares que apresentaram baixos escores na tarefa de repetição de não-palavras. A interpretação desses achados levou à hipótese de que a capacidade de memória de trabalho fonológica suportaria o aprendizado fonológico de novas palavras (Baddeley et al, 1998).

A repetição de não-palavras tem-se mostrado uma importante ferramenta na investigação de aspectos controversos relacionados ao papel do circuito fonológico do modelo de memória de trabalho. Por exemplo, Baddeley et al (1998) argumentam que a aquisição do vocabulário é dependente da memória fonológica, de acordo com os modelos de memória, ao passo que Snowling et al (1991) acreditam que as representações lexicais exercem um efeito causal no desenvolvimento da memória fonológica, sob a óptica da teoria lingüística. Uma perspectiva de estudo futuro consistiria na análise dos erros das crianças nessas tarefas de repetição de não-palavras, o que poderia auxiliar a compreensão de como os estímulos são codificados na memória fonológica, buscando caracterizá-los como erros fonêmicos, como substituições, omissões, e adições, ou erros de ordem, como as migrações.

Dentro desta perspectiva de estudo, Santos et al (2006) analisaram os erros de 184 crianças no Teste de Repetição de Não-Palavras e verificaram que os erros ocorreram mais em consoantes do que em vogais e foram mais freqüentes em

crianças mais jovens. Em outras palavras, as crianças pequenas ainda não automatizaram a segmentação de palavras freqüentes e por essa razão são menos eficientes no processamento de itens não-familiares (Treiman, 1996). Substituições do tipo *cabaticaba – jabuticaba* evidenciam o uso combinações silábicas como estratégias de memória apoiadas na linguagem na tentativa de aumentar a retenção dos itens. Esse processo fica evidente na repetição de não-palavras polissilábicas, para as quais a capacidade do circuito fonológico é excedida (efeito do tamanho da palavra), e nas quais foi observado um maior número de erros quando comparado ao desempenho de repetição de não-palavras com menor número de sílabas.

Já os estudos que buscaram investigar as relações entre a memória fonológica e a fala (Adams & Gathercole, 1995; 1996) constataram que crianças com pobres habilidades de memória fonológica possuíam produções espontâneas mais curtas, concordando com a hipótese de que o circuito fonológico serviria como um armazenador fonológico de saída, no qual a representação da produção é mantida até que a programação articulatória possa ser aplicada (Gathercole & Baddeley, 1993). Um outro aspecto observado nesses estudos foi a relação entre a capacidade de armazenamento do circuito fonológico, através da repetição de não-palavras, e a aquisição das estruturas sintáticas. Foi observada uma imaturidade na construção sintática das produções das crianças com piores habilidades de armazenamento da memória fonológica, o que pode ser melhor compreendido a partir da hipótese formulada por Speidel (1993), que propõe que a sintaxe é formada a partir da imitação das produções de terceiros que são inicialmente mantidas na memória de trabalho e posteriormente transferidas para a memória de longo-prazo. À medida que mais frases são armazenadas e que seu grau de complexidade aumenta, a criança torna-se apta a usá-las para criar novas produções que se aproximam cada vez mais do modelo adulto. A habilidade de imitar a produção e de mantê-la em algum tipo de memória de curto-prazo antes dela ser incorporada ao conhecimento sintático da criança parece permear a aquisição da sintaxe. Assim, de acordo com essa hipótese, nenhuma estrutura sintática poderia ser afetada de forma negativa por uma redução nas habilidades de memória fonológica. Apenas a quantidade de estruturas disponíveis para serem usadas como sentenças é que poderia ser limitada.

Amostras de crianças com desvios fonológicos também foram descritas como tendo baixos escores em tarefas de repetição de não-palavras e de seqüências de

dígitos (Brodacz, 1998; Linassi et al, 2004). Tais crianças, caracterizadas por alterações específicas na fala sem causa orgânica detectável durante o processo de aquisição da linguagem, possuem problemas organizacionais envolvendo o sistema fonológico da linguagem (Yavas, 1990). Quando da criação do modelo (Baddeley & Hitch, 1974), a função primária atribuída ao circuito fonológico era a de permitir que o ouvinte codificasse um sinal de fala em uma representação fonológica que fosse retida temporariamente em um armazenador fonológico de curto-prazo (Baddeley & Hitch, 1974). Entretanto, o armazenamento da representação fonológica do *input* lingüístico permite ao ouvinte não apenas imediatamente processá-lo, mas também iniciar a criação de representações fonológicas mais permanentes do material de linguagem não-familiar na memória de longo-prazo (Montgomery, 2001). Assim, dificuldades de armazenar e manipular representações fonológicas novas no sistema fonológico poderiam permear as alterações de fala das crianças com desvios fonológicos. Além disso, Linassi et al (2005) constataram que o desempenho em tarefas de repetição de dígitos e de não-palavras apresentou relação positiva com o grau de severidade do desvio fonológico, e Vieira (2005) verificou uma correlação positiva entre habilidades de consciência fonológica e memória de trabalho em crianças pré-escolares com desvios fonológicos, indicando a possibilidade de uma relação entre o desenvolvimento das habilidades de memória fonológica e a aquisição e o desenvolvimento da fala, bem como na organização do sistema fonológico.

Em relação aos distúrbios específicos de linguagem, vários estudos (Gathercole & Baddeley, 1990; Montgomery, 1995; Dollaghan & Campbell, 1998; Edwards & Lahey, 1998; Ellis et al., 2000) têm sugerido que déficits de memória verbal de curto-prazo sejam marcadores fenotípicos desta patologia da linguagem. Entretanto, Archibald & Gathercole (no prelo, apud Gathercole & Alloway, 2006) relataram que os déficits de memória de trabalho fonológica, medida por meio de tarefas de *span* complexo, de um grupo de crianças com distúrbio específico de linguagem eram mais marcantes e consistentes do que déficits de memória verbal de curto-prazo, medidas através da repetição de não-palavras, nessas mesmas crianças. Gathercole & Baddeley (1990) foram os primeiros a propor uma relação causal entre déficits específicos de linguagem e alterações de memória de trabalho fonológica. Os autores propuseram que crianças com distúrbios específicos de linguagem possuem uma capacidade reduzida de processar e armazenar a

informação fonológica, sendo essa a principal causa de seu distúrbio de linguagem. No entanto, Gathercole & Alloway (2006) referem que déficits de memória de trabalho fonológica podem não ser a principal causa das alterações de linguagem presentes nos distúrbios específicos. De acordo com os autores, os problemas de memória teriam um efeito potencializador dos déficits, agindo inclusive nas alterações de aprendizagem das crianças com distúrbios específicos de linguagem.

O envolvimento da memória de trabalho fonológica no armazenamento e na produção de sentenças também já foi confirmado através do estudo de Hanten & Martin (2001), assim como sua associação com o desenvolvimento da leitura (Muter & Snowling, 1998; Dufva et al., 2001; Griffiths & Snowling, 2002) e com habilidades de consciência fonológica (Oakhill & Kyle, 2000). Esses estudos utilizaram tarefas de medida complexas, as chamadas *complex span tasks*. De acordo com Bayliss et al (2005), os resultados dessas provas são melhores preditores de desempenho em atividades cognitivas complexas, como a leitura, do que os testes de memória fonológica, como a repetição de não-palavras, que avaliam apenas a capacidade de armazenamento. Swanson (2003) acredita que pobres habilidades de memória de trabalho comprometem o processo crucial da leitura de recuperar e manter o conhecimento da memória de longo-prazo ativo enquanto o novo *input* é integrado ao conhecimento já existente. Uma outra sugestão é a de que a leitura impõe grandes demandas da memória de trabalho, sendo as crianças com déficits nas habilidades desse construto prejudicadas nas habilidades de leitura. Como resultado, o processo de incremento da aquisição do conhecimento em leitura e de suas habilidades, ou seja, o processo pelo qual o treino e a exposição ao material de leitura melhora a própria leitura, está prejudicado nessas crianças (Gathercole, 2004).

De forma específica, as ligações entre a memória de trabalho e a aquisição da leitura são permeadas por um intenso debate envolvendo, principalmente, o circuito fonológico e a consciência fonológica. Duas diferentes abordagens tem discutido essa relação. A mais predominante delas acredita que as medidas de memória de trabalho fonológica e de consciência fonológica tenham mecanismos de processamento fonológico comuns (Bowey, 1996). Já uma visão alternativa acredita que embora ambas as medidas sejam suportadas pela eficiência de processamento fonológico, elas refletem o funcionamento de sistemas cognitivos distintos (Gathercole et al, 1991). Yopp (1988), em um estudo no qual foram usadas oito

diferentes medidas de consciência fonológica, sugeriu que testes de segmentação requerem apenas uma operação, enquanto testes de detecção de rimas, aliteração e manipulação de fonemas requerem grandes demandas de memória. Baddeley (1986) e Wagner & Torgesen (1987) sugeriram que devido às provas de detecção de rimas e aliteração terem demandas de processamento e armazenamento simultâneas, esses testes possuem muitas das características de um teste de memória de trabalho. Entretanto, Snowling et al (1994) não encontraram relação entre o desempenho de crianças em tarefas de detecção de rimas e memória de trabalho. Porém o teste utilizado por esses autores como sendo sensível à memória de trabalho avaliava apenas a capacidade de armazenamento das informações, o que melhor caracteriza uma tarefa de memória fonológica de curto-prazo. Já Leather e Henry (1994) encontraram uma forte correlação positiva entre o desempenho de crianças na tarefa de exclusão fonêmica e em provas de *span* complexo, como o *counting span* e o *listening span*, indicando para a hipótese de que a consciência fonológica não pode ser considerada um construto unitário, e sim analisada considerando quais as demandas exigidas por cada tipo de tarefa.

Em relação à aprendizagem, Alloway et al (2004), em um recente estudo longitudinal, buscaram investigar as relações entre a avaliação inicial do professor sobre o progresso de crianças britânicas de 4 e 5 anos, quando do ingresso na escola, e o desempenho das mesmas em tarefas de memória de trabalho, memória fonológica de curto-prazo, e consciência fonológica. As avaliações de leitura, fala, e escuta realizadas pelos professores estiveram associadas às habilidades de memória fonológica de curto-prazo. Já as avaliações de escrita estiveram relacionadas ao desempenho das crianças nas tarefas sensíveis à memória de trabalho e à consciência fonológica, e os escores nas avaliações de cálculo e desenvolvimento pessoal e social estiveram relacionados apenas ao desempenho em tarefas de memória de trabalho. Os resultados deste estudo reiteram as evidências sobre o papel específico do circuito fonológico de suportar o aprendizado de novas formas fonológicas na aquisição do vocabulário (Baddeley et al, 1998), e, de forma mais específica, do envolvimento da memória de trabalho em habilidades cognitivas complexas.

Apesar do grande número de estudos correlacionais, as conseqüências práticas dos déficits na memória de trabalho fonológica para a aquisição da linguagem e a aprendizagem durante a infância ainda são obscuras. Os resultados

de um recente estudo longitudinal, realizado por Gathercole et al (2005), mostraram que crianças que apresentavam pobres e persistentes habilidades de memória de trabalho fonológica dos 4 aos 7 anos, atingiram níveis normais de desempenho nas áreas de vocabulário, linguagem oral, e leitura aos 8 anos. Os autores, entretanto, sugerem que os déficits apresentados pelas crianças poderiam resultar de alterações em habilidades gerais de memória de trabalho, muito mais condizentes ao funcionamento da central executiva, do que ao componente do circuito fonológico. Por isso, há dúvidas quanto aos déficits da memória de trabalho fonológica serem diretamente responsáveis pelas alterações de linguagem das crianças, ou se outras variáveis cognitivas contribuem para o desenvolvimento desses distúrbios.

2.3.3.3 Remediando os problemas de memória fonológica

Uma vez que alterações tanto de memória verbal de curto-prazo quanto de memória de trabalho estão fortemente relacionadas a déficits na aquisição e no desenvolvimento da linguagem, remediar de forma efetiva esses déficits torna-se uma prioridade. Como sugestão, apesar da ampla aceitação da eficácia dos modelos e técnicas de terapia existentes para o tratamento das desordens do processamento da linguagem na infância, serão apresentadas a seguir algumas sugestões propostas recentemente por Gathercole & Alloway (2006) para serem somadas aos procedimentos de reabilitação de linguagem infantil já existentes.

Medidas que almejem ampliar a capacidade de armazenamento da memória verbal de curto-prazo têm como alvo o processo de ensaio. O ensaio deve ser treinado em crianças que ainda não fazem uso desse processo. Inicialmente, ele é obtido pedindo à criança que repita em voz alta cada um dos itens a serem memorizados, no final da apresentação, na ordem em que foram apresentados. O elemento chave desta estratégia é encorajar a criança a ensaiar de forma cumulativa, pela vocalização de todas as palavras que foram apresentadas de forma rápida para que as mesmas não sejam esquecidas. Uma vez que a criança é capaz de usar a estratégia de modo efetivo, o mesmo procedimento é realizado, porém utilizando a repetição mental.

Esse treinamento deve ser associado a, por exemplo, treinos de vocabulário, nos quais são apresentadas novas palavras em diferentes contextos, nos quais a criança deve ter diversas oportunidades para praticar tanto a repetição imediata como o reconhecimento e a repetição tardia dos itens em meio a novas estruturas. Para aumentar a eficácia do aprendizado, novas palavras devem ser apresentadas e a memória para as mesmas testada em intervalos de dias, e subsequentemente semanas.

Em algumas crianças, os déficits de memória de trabalho fonológica expressam-se não apenas na linguagem, mas também em outros aspectos do desenvolvimento, como a aprendizagem. Esses déficits podem se manifestar como esquecimentos freqüentes tanto em iniciar uma tarefa como no andamento da mesma, ou ainda incapacidade de realização de atividades que demandem armazenamento e processamento simultâneos de informações. Para a remediação desses déficits, é sugerido que sejam dirigidas à criança ordens simples e curtas constituídas de vocabulário familiar à criança, além de testar se a criança realmente as compreendeu pedindo que as repita. O uso de pistas externas de memória, como listas de itens de procedimentos, descrevendo a ordem temporal do que deve ser realizado, também são indicadas.

Gathercole et al (no prelo) têm sugerido que crianças com pobres habilidades de memória de trabalho enfrentam e enfrentarão dificuldades em muitas atividades de aprendizado estruturado, entre elas a leitura, a escrita, e o cálculo. Esses fracassos freqüentes podem representar a perda de oportunidades de aprender e adquirir progresso em domínios cognitivos complexos. Isso explica porque é tão importante prover um efetivo suporte de aprendizagem às crianças com déficits de memória, identificando métodos que reduzam a sobrecarga no uso da memória de trabalho na sala de aula. Como exemplo, além das atividades citadas acima, Gathercole & Alloway (2004) sugerem o uso de instruções curtas e com estrutura sintática simples, a utilização de listas de itens ao invés de textos explicativos, e psicoterapia para o desenvolvimento de estratégias de auto-eficácia para as situações nas quais ocorrerem os déficits de memória.

2.4 Considerações finais

As pesquisas desenvolvidas nos últimos vinte anos que tinham como objetivo encontrar uma relação entre a atividade do circuito fonológico e o processamento da linguagem, contribuíram para que a memorização de palavras familiares deixasse de ser a principal função deste componente da memória de trabalho para dar lugar à função de suportar o aprendizado fonológico.

Apesar da grande variedade de estudos correlacionais envolvendo a memória de trabalho fonológica, precisar seu exato papel no desenvolvimento normal e patológico da linguagem ainda é uma tarefa difícil, sendo necessários futuros estudos mais abrangentes, tanto de caracterização das habilidades do circuito fonológico, como de avaliação de estratégias de reabilitação dos déficits de memória apresentados por crianças com alterações específicas de linguagem. Além disso, a ampliação do uso de tarefas de *span* complexo, atualmente menos utilizadas do que as tarefas simples de repetição de dígitos e não-palavras e referidas na literatura como melhores preditoras de desempenho em atividades cognitivas complexas, podem fornecer novos *insights* sobre as relações entre linguagem e memória.

Assim, a interface entre a memória de trabalho e a linguagem constitui-se num campo latente de pesquisa na área das neurociências e dos distúrbios da comunicação humana. Revisões de literatura sobre o tema criam a oportunidade para que sejam verificadas as constatações e dúvidas deixadas pelos resultados dos estudos dos últimos trinta anos sobre o circuito fonológico e sua relação com a linguagem, motivando a realização de novos trabalhos e promovendo reflexões sobre o tema.

4 CONCLUSÕES

Com base neste estudo, foi possível concluir que, a maioria dos pesquisadores:

- ao pesquisar as relações entre a memória a aquisição da linguagem utiliza o conceito de memória de trabalho fonológica, apesar de, em grande parte das vezes, avaliar apenas as habilidades de armazenamento da memória de curto-prazo.
- encontrou relações mais consistentes entre habilidades de memória de trabalho e atividades cognitivas complexas, como a aquisição da leitura e o aprendizado aritmético, e entre habilidades de memória verbal de curto-prazo e desenvolvimento da fala.
- forneceu subsídios indiretos sobre a hipótese do circuito fonológico suportar o aprendizado fonológico.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, A.-M.; GATHERCOLE, S. E. Phonological working memory and speech production in young children. **Journal of Speech and Hearing Research**, v. 38, p. 493-414, 1995.

ADAMS, A.-M.; GATHERCOLE, S. E. Phonological working memory and spoken language development in children. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 49A, p. 216-233, 1996.

ADAMS, A.-M.; GATHERCOLE, S. E. Limitations in working memory: Implications for language development. **International Journal of Language and Communication Disorders**, v. 35, p. 95-116, 2000.

ALLOWAY, T. P. et al. A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 87, p. 85-170, 2004.

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

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

BADDELEY, A. Is working memory still working? **Am Psychol**, v. 56, p. 851-64, 2001.

BADDELEY, A. Working memory: looking back and looking forward. **Nat Rev Neurosci**, v. 4, p. 829-39, 2003a.

BADDELEY, A. Working memory and language: an overview. **Journal of Communication Disorders**, v.36, p. 189–208, 2003b.

BADDELEY, A. D., PAPAGNO, C., & VALLAR, G. When long-term learning depends

on short-term storage. **Journal of Memory and Language**, v. 27, p. 586–595, 1988.

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

BAYLISS, D.M. et al. Mapping the Developmental Constraints on Working Memory Span Performance. **Developmental Psychology**, v. 41, n. 4, 579–597, 2005.

BEAMAN, C. P. The Irrelevant Sound Phenomenon Revisited: What Role for Working Memory Capacity? **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 30, n. 5, p. 1106–1118, 2004.

BEAR, M.F; CONNORS, B.W.; PARADISO, M.A. **Neurociências** : desvendando o sistema nervoso. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002. p. 776-807.

BOWEY, J. A. On the association between phonological memory and receptive vocabulary in five-year-olds. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 63, p. 44–78, 1996.

BRISCOE, J. et al. Phonological processing, language, and literacy: A comparison of children with mild-to-moderate sensorineural hearing loss and those with specific language impairment. **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, v. 42, p. 329–340, 2001.

BROADBENT, D. E. Task combination and selective intake of information. **Acta Psychol**, v. 50, p. 253-290, 1982.

BRODACZ, R. **Um estudo sobre a memória de trabalho em crianças com desvios fonológicos**. 1998. 83 f. Dissertação (Mestrado em Letras) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COWAN, N. **Attention and Memory** – An Integrated Framework. Oxford: Oxford University Press, 1995.

DANEMAN, M.; CARPENTER, P. A. Individual differences in working memory and reading. **Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior**, v. 19, p. 450–466, 1980.

DANEMAN, M.; MERIKLE, P.M. Working memory and language comprehension: A meta-analysis. **Psychonomic Bulletin and Review**, v. 3, p. 422–433, 1996.

DOLLAGHAN, C.; CAMPBELL, T.F. Nonword repetition and language impairment. **Journal of Speech, Language and Hearing Research**, v. 41, p. 1136–1146, 1998.

DUFVA, M.; VOETEN, M.J.M. Native language literacy and phonological memory as prerequisites for learning English as a foreign language. **Applied Psycholinguistics**, v. 20, p. 329–348, 1999.

DUFVA, M. et al. The role of phonological memory, word recognition, and comprehension skills in reading development: from preschool to grade 2. **Reading and Writing**, v. 14, p. 91–117, 2001.

EDWARDS, J.; LAHEY, M. Nonword repetitions of children with specific language impairment: Exploration of some explanations for their inaccuracies. **Applied Psycholinguistics**, v. 19, p. 279–309, 1998.

ELLIS, S., et al. Nonword repetition performance in school-age children with and without language impairment. **Journal of Speech, Language and Hearing Research**, v. 43, p. 865–868, 2000.

GATHERCOLE, S.E. Is nonword repetition a test of phonological memory or long-term knowledge? It all depends on the nonwords. **Mem Cognit**, v. 23, p. 83-94, 1995.

GATHERCOLE S.E.; BADDELEY A.D. **Working memory and language**. Hillsdale (USA): Lawrence Erlbaum Associates (LEA), 1993.

GATHERCOLE, S. E; BADDELEY, A. D. Development of vocabulary in children and short-term phonological memory. **Journal of Memory and Language**, v. 28, p. 200–213, 1989.

GATHERCOLE, S.; BADDELEY, A. The role of phonological memory in vocabulary acquisition: A study of young children learning new words. **British Journal of Psychology**, v. 81, p. 439–454, 1990.

GATHERCOLE, S. et al. Phonological short-term memory and vocabulary development: Further evidence on the nature of the relationship. **Applied Cognitive Psychology**, v. 13, p. 65–77, 1999.

GATHERCOLE, S. E. Working memory and learning during the school years. **Proceedings of the British Academy**, v. 125, p. 365-380, 2004.

GATHERCOLE, S. E.; ALLOWAY, T. P. Working memory and classroom learning. **Dyslexia Review**, v. 15, p. 4–9, 2004.

GATHERCOLE, S. E. et al. Developmental consequences of poor phonological short-term memory function in childhood: a longitudinal study. **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, v. 46, n. 6, p. 598–611, 2005.

GATHERCOLE, S.E.; ALLOWAY, T.P. Practitioner Review: Short-term and working memory impairments in neurodevelopmental disorders: diagnosis and remedial support. **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, v. 47, n.1,p 4–15, 2006.

GATHERCOLE, S.E. et al. Working memory in children with reading disabilities. **Journal of Experimental Child Psychology**, (no prelo).

GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G.R. **Neurociência Cognitiva: a Biologia da Mente.**, 2 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 418-462, 2006.

GOMES, H. et al. The development of auditory attention in children. **Frontiers in Bioscience**, v. 5, p. 108-120, 2000.

GRIFFITHS, Y.M.; SNOWLING, M.J. Predictors of exception word and nonword reading in dyslexic children: The severity hypothesis. **Journal of Educational Psychology**, v. 94, p. 34–43, 2002.

HANLEY, J. R.; BAKOPOULOU, E. Irrelevant speech, articulatory suppression and phonological similarity: a test of the phonological loop model and the feature model. **Psychon.Bull. Rev.**, v. 10, p. 435–444, 2003.

HANTEN, G.; MARTIN, R.C. A developmental phonological short-term memory deficit: A case study. **Brain and Cognition**, v. 45, p. 164–188, 2001.

IZQUIERDO, I. **Memória**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 95p.

IZQUIERDO, I. **Questões sobre memória**. São Leopoldo: Unisinos, 2004.128p.

JARVIS, H.L.; GATHERCOLE, S.E. Verbal and nonverbal working memory and achievements on national curriculum tests at 11 and 14 years of age. **Educational and Child Psychology**, v. 20, p. 123–140, 2003.

JUST, M.A.; CARPENTER, P.A. A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. **Psychol Rev.**, v. 99, n. 1, p. 122-49, 1992.

KANDEL, E.R., SCHWARTZ, J.H., JESSEL, T.M. **Princípios de Neurociências**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

KESSLER, T. M. **Estudo da memória de trabalho em pré-escolares**. 1997. 36 f. Dissertação (Mestrado em Distúrbios da Comunicação Humana) - Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, São Paulo.

LEATHER, C. V.; HENRY, L. A. Working memory *span* and phonological awareness tasks as predictors of early reading ability. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 58, p. 88–111, 1994.

LINASSI, L.; KESKE-SOARES, M.; MOTA, H. Memória de trabalho em crianças com desvios fonológicos. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v. 16, n. 1, p. 75-82, 2004.

LINASSI, L. Z.; KESKE-SOARES, M.; MOTA, H. B. Habilidades de memória de trabalho e o grau de severidade do desvio fonológico. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v. 17, n. 3, p. 383-392, 2005.

LOGIE, R. H. et al. Group aggregates and individual reliability: the case of verbal short-term memory. **Mem. Cogn.**, v. 24, p. 305–321, 1996.

LOGIE, R. H. The Seven Ages of Working Memory. In: Richardson, J.T.E. et al. **Working Memory and Human Cognition**. Oxford: Oxford University Press, p. 31-55, 1996.

LOGIE, R.H. The seven ages of working memory. Cap 2, p.53. In: Richardson J.T.E et al. **Working memory and human cognition**. New York: Oxford University Press, 1996.

MICHAS, I.C.; HENRY, L.A. The link between phonological memory and vocabulary acquisition. **British Journal of Developmental Psychology**, v. 12, p. 147–164, 1994.

MONTGOMERY, J. Examination of phonological working memory in specifically language impaired children. **Applied Psycholinguistics**, v. 16, p. 355–378, 1995.

MONTGOMERY, J.W. Understanding the Language Difficulties of Children With Specific Language Impairments: Does Verbal Working Memory Matter? **American Journal of Speech-Language Pathology**, v. 11, p. 77–91, 2001.

MUIR, J.L. Attention and stimulus processing in the rat. **Cognitive brain research**, v. 3, p. 215-225, 1996.

MUTER, V.; SNOWLING, M.J. Concurrent and longitudinal predictors of reading: The role of metalinguistic and short-term memory skills. **Reading Research Quarterly**, v. 33, p. 320–337, 1998.

NAHAS, T.R. ; XAVIER, G. F. . Atenção. In: Andrade VM; Flávia Heloisa dos Santos; Orlando F.A. Bueno;. (Org.). **Neuropsicologia hoje**. 1 ed. São Paulo: Artes Médicas, v. 1, p. 77-99, 2004.

NAHAS, T.R. ; XAVIER, G. F. . Atenção: Mecanismos e Desenvolvimento. In: Cláudia Berlim de Mello; Mônica C. Miranda; Mauro Muskat. (Org.). **Neuropsicologia do Desenvolvimento**. Conceitos e Abordagens. São Paulo: Memnon Edições Científicas, v. 1, p. 46-76, 2005.

OAKHILL, J.; KYLE, F. The relation between phonological awareness and working memory. **J Exp Child Psychol**, v. 75, n. 2, 152-64, 2000.

PICKERING, S. J.; GATHERCOLE, S. E. **Working memory test battery for children**. London: Psychological Corporation, 2001.

SANTOS, F.H.; BUENO, O.F.A. Validation of the Brazilian Children's Test of Pseudoword Repetition in Portuguese speakers aged 4-10 years. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 36, p. 1533-1547, 2003.

SANTOS, F.H.; BUENO, O.F.A.; GATHERCOLE, S.E. Errors in nonword repetition: Bridging short- and long-term memory. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 39, p. 371-385, 2006.

SERVICE, E. Phonology, working memory and foreign-language learning. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 45A, p. 21–50, 1992.

SERVICE, E.; KOHONEN, V. Is the relation between phonological memory and foreign-language learning accounted for by vocabulary acquisition? **Applied Psycholinguistics**, v. 16, p. 155–172, 1995.

SMITH, E. E.; JONIDES, J. Working memory: a view from neuroimaging. **Cogn. Psychol.**, v. 33, p. 5–42, 1997.

SNOWLING M. et al. Words, nonwords and phonological processes: Some comments on Gathercole, Willis, Emslie & Baddeley. **Applied Psycholinguistics**, v. 12, p. 369-373, 1991.

SNOWLING, M. J. et al. The effects of phonetic similarity and list length on children's sound categorization performance. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 58, p. 160–180, 1994.

SOHLBERG, M.M.; MATEER, C. **Cognitive rehabilitation**: an integrative neuropsychological approach. New York: The Guilford Press, 2001.

SPEIDEL, G. E. Phonological short-term memory and individual differences in learning to speak: A bilingual case study. **First Language**, v. 13, p. 69-91, 1993.

STUSS, D. T.; KNIGHT, R. T. **Principles of frontal lobe function**. New York: Oxford University Press, 2002.

SWANSON, H. L. Age-related differences in learning disabled and skilled readers' working memory. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 85, p. 1–31, 2003.

TREIMAN, R. Errors in short-term memory for speech: a developmental study. **Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition**, v. 21, p. 1197-1208, 1995.

VIEIRA, M.G. **Memória de trabalho e consciência fonológica no desvio fonológico**. 2005. Dissertação (Mestrado em Distúrbios da Comunicação Humana) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

WAGNER, R. K.; TORGESEN, J. K. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. **Psychological Bulletin**, v. 101, p.

192–212, 1987.

XAVIER, G.F. A modularidade da memória. **Psicologia USP**, v. 4, p. 61-115, 1993.

YAVAS, M. S. **Desvios Fonológicos em crianças**. Teoria, pesquisa e Tratamento. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1990.

YOPP, H. K. The validity and reliability of phonemic awareness tests. **Reading Research Quarterly**, v. 13, p. 159–177, 1988.

ZANATTA, M; IZQUIERDO, I. Mecanismos da memória: da formação hipocampal ao córtex parietal. In: Nitrini, R; Caramelli, P; Mansur, L.L. **Neuropsicologia: das bases anatômicas à reabilitação**. Hospital das clínicas, Faculdade de Medicina da Universidade de São Pauli, 2003. p. 131-135.