

# CONTEÚDO

A 15

Apresentação

Editorial

Artigos

**Comunicação alternativa e facilitadora para as afasias: histórico de pesquisa e aplicação** Capovilla, F.C. (Instituto de Psicologia USP)

**Análise computadorizada de leitura em voz alta via rotas fonológica e lexical** Capovilla, F.C.; Macedo, E.C.; Duduchi, M.; Sória, R.A.B. (Instituto de Psicologia USP; Sociedade Brasileira de Neuropsicologia; Processamento de Dados FATEC; Escola Politécnica USP)

**Processos verbais de fala interna na codificação de mensagens picto-ideográficas por uma paralisada cerebral usando um sistema computadorizado de comunicação** Capovilla, F.C.; Gonçalves, M.J.; Macedo, E.C.; Duduchi, M. (Instituto de Psicologia USP; Curso de Fonoaudiologia FISC; Sociedade Brasileira de Neuropsicologia; Processamento de Dados FATEC)

**Sistemas computadorizados para comunicação e aprendizagem pelo paralisado cerebral: sua engenharia e indicações clínicas** Capovilla, F.C.; Macedo, E.C.; Duduchi, M.; Capovilla, A.G.S.; Thiers, V.O. (Instituto de Psicologia USP; Sociedade Brasileira de Neuropsicologia; Processamento de Dados FATEC; Institut de Réadaptation en Déficience Physique de Québec)

**Processamento de informação na memória de trabalho do paralisado cerebral: efeitos de primazia e recência e natureza da consolidação** Capovilla, F.C.; Nunes, L.R.O.P.; Macedo, E.C.; Nunes, L.R.O.P.; Araújo, I.; Bernat, A.B.; Duduchi, M.; Nogueira, D.; Passos, M.; Magalhães, A.P.; Madeira, S. (Instituto de Psicologia USP; Mestrado em Educação UERJ; Sociedade Brasileira de Neuropsicologia; Departamento de Psicologia, UFRJ)

**Sistema de multimídia para ensino de símbolos Bliss a paralisado cerebral: explorando processos de aprendizagem direta e emergente I** Capovilla, F.C.; Thiers, V.O.; Macedo, E.C.; Duduchi, M. (Instituto de Psicologia USP; Institut de Réadaptation en Déficience Physique de Québec; Sociedade Brasileira de Neuropsicologia; Processamento de Dados, FATEC)

**Desenvolvimento lingüístico na criança dos dois aos seis anos: tradução e standardização do Peabody Picture Vocabulary Test de Dunn & Dunn, e da Language Development Survey de Rescorla** Capovilla, F.C.; Capovilla, A.G.S. (Instituto de Psicologia USP)

**Desenvolvimento do vocabulário receptivo-auditivo da pré-escola à oitava série: normatização fluminense baseada em aplicação coletiva da tradução brasileira do Peabody Picture Vocabulary Test** Capovilla, F.C.; Nunes, L.R.O.P.; Nogueira, D.; Nunes, D.; Araújo, I.; Bernat, A.B.; Capovilla, A.G.S. (Instituto de Psicologia USP; Mestrado em Educação UERJ; Departamento de Psicologia, UFRJ)

# CIÊNCIA COGNITIVA

## TEORIA, PESQUISA E APLICAÇÃO

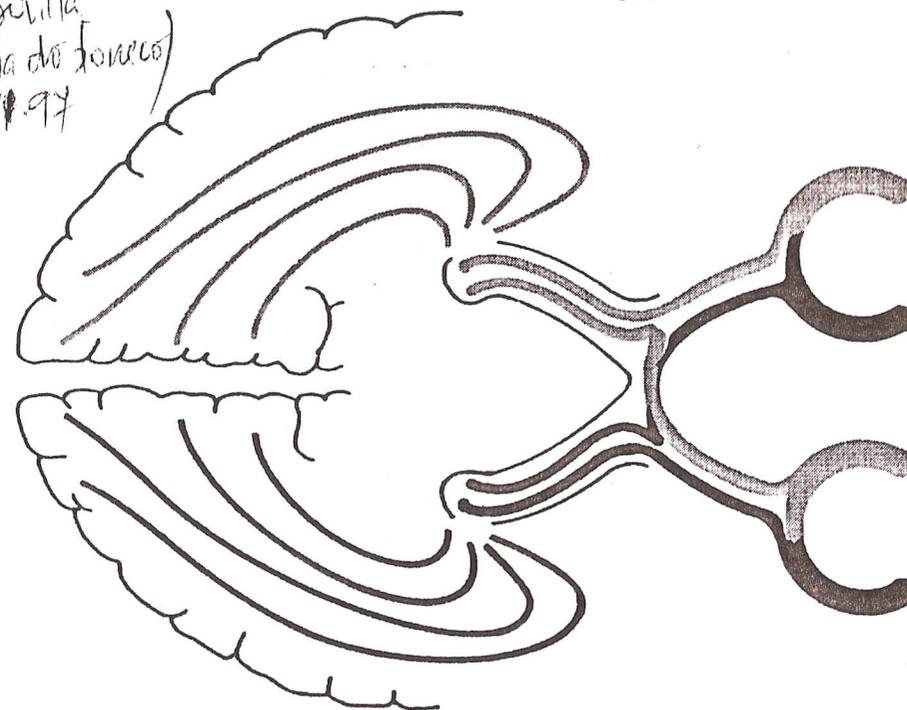
A15

v.1, n.1, p.1-430, jan./jun. 1997

ISSN ~~0000-0000~~

1415-1472

Capovilla  
(Cópia do livro)  
4/11/97



Universidade de São Paulo  
Instituto de Psicologia

Capovilla, F.C.; Macedo, E.C.; Duduchi, M.; Capovilla, F.C.; Thiers, V.O.

WECHSLER, D. *David Wechsler test de inteligencia para adultos*. Buenos Aires, Argentina, Paidós, 1984.

WECHSLER, D. *David Wechsler test de inteligencia para niños*. Buenos Aires, Argentina, Paidós, 1991.

WOODCOCK, R.W.; CLARK, C.R.; DAVIES, C.O. *Peabody Rebus Reading Program*. Circle Pines, MN, American Guidance Service, 1969.

CIÊNCIA COGNITIVA: TEORIA, PESQUISA E APLICAÇÃO, v.1, n.1, p.243-292, 1997

**PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO NA MEMÓRIA DE  
TRABALHO DO PARALISADO CEREBRAL:  
EFEITOS DE PRIMAZIA E RECÊNCIA,  
E NATUREZA DA CONSOLIDAÇÃO<sup>1</sup>**

**Fernando César Capovilla**

*Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo*

**Leila Regina d'Oliveira de Paula Nunes**

*Mestrado em Educação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

**Elizeu Coutinho de Macedo**

*Sociedade Brasileira de Neuropsicologia*

**Débora Nunes, Ivânia Araújo, Ana Beatriz Bernat**

*Departamento de Psicologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro*

**Marcelo Duduchi**

*Processamento de Dados, Faculdade Tecnológica de São Paulo*

**Daniel Nogueira, Mirna Passos,**

**Ana Paula Magalhães, Soraya Madeira**

*Mestrado em Educação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

**Resumo:** Dois experimentos avaliaram o grau de desenvolvimento da memória de trabalho e a natureza do ensaio subjacente à consolidação de informação. Participou um paralisado cerebral espástico-atetóide não-vocal e não-alfabetizado de 15a3m de idade, e usuário de sistema de comunicação computadorizado *ImagoAnaVox* havia dois anos. O Experimento 1 usou uma variante do procedimento de recordação livre, em que após ouvir cada série de palavras, o sujeito selecionava, via tela sensível no monitor de seu sistema, as figuras cujos nomes eram falados pelo examinador. Foi obtida uma curva de posição serial típica, com acerto superior nos itens iniciais (primazia) e finais (recência). A primazia indica consolidação baseada em algum tipo de ensaio.

<sup>1</sup> Esta pesquisa foi conduzida com o apoio da FAPERJ.

Replicando o procedimento, metade com e metade sem anteparo, o Experimento 2 analisou a natureza do ensaio, se aberto ou encoberto e se visual ou subvocal. A presença do anteparo anulou a primazia e acentuou a recência. Na sua ausência, a primazia foi tão forte quanto a recência. Assim, a consolidação foi artefato do ensaio aberto de busca visual na tela do sistema. A inabilidade em fazer ensaio encoberto (visuo-espacial ou subvocal) confirma expectativas teóricas para não-alfabetizados.

**Descritores:** Memória. Meios alternativos de comunicação. Informação. Paralisia cerebral. Processos cognitivos. Distúrbios da linguagem.

### **Colocação do problema: a memória de trabalho e a sua importância para a comunicação alternativa**

O armazenamento temporário de informação é essencial ao desempenho de uma série de atividades cognitivas, como a aprendizagem, o raciocínio, a codificação e a decodificação de mensagens. O termo *memória de trabalho* diz respeito a este armazenamento temporário de informação que permite o seu processamento. Trata-se de uma capacidade básica fundamental ao desenvolvimento e ao desempenho cognitivos. O estudo das características, recursos e limitações da memória de trabalho é de grande importância prática quando se lida com pessoas que precisam fazer uso de recursos alternativos de comunicação devido a distúrbios de natureza motora e/ou cognitiva, quer adquiridos (Capovilla, 1997) ou do desenvolvimento (Capovilla, Gonçalves et al., 1997).

Quando o objetivo é levar essas pessoas a fazer uso funcional efetivo de recursos alternativos para estabelecer comunicação com o meio social, boa parte do sucesso ou fracasso da implementação de um dado sistema de comunicação com um dado sujeito está relacionado à habilidade do psicólogo e do engenheiro de sistemas em ajustar as características do sistema às características do sujeito. É preciso calibrar a magnitude da oferta das conseqüências motivadoras, que são produzidas pelos recursos avançados que esse sistema pode oferecer, à magnitude da demanda que a operação de tal sistema impõe aos recursos limitados de memória de trabalho do

usuário.

Para compreender melhor por que a memória de trabalho é tão importante à comunicação alternativa, consideremos inicialmente o caso da paralisia cerebral com seus distúrbios motores. Sabe-se que distúrbios motores adquiridos na fase perinatal podem resultar em atrasos cognitivos posteriores que advêm em conseqüência da redução na habilidade de controlar os mundos físico e social e de interagir com ele. Quando a presença de distúrbios motores dificulta a fala e a escrita, a codificação das mensagens precisa ser feita por meios alternativos. Em conseqüência da incapacidade de expressar-se por meio de palavras, há uma disparidade entre os códigos com que se pensa e aqueles com que se pode expressar o pensamento (Capovilla, Gonçalves et al., 1997). Neste caso, enquanto a recepção e o processamento de informação se dão de maneira auditiva (i.e., "pensar em palavras"), a codificação dessa informação para fins de comunicação precisa dar-se de maneira visual (i.e., auto-expressão via símbolos semantográficos). A necessidade de tal transcodificação, por si só, representa um aumento extraordinário de demanda sobre os recursos limitados de capacidade da memória de trabalho. Isto torna a expressão por meio de recursos alternativos de comunicação muito mais trabalhosa do que a expressão oral (von Tetzchner & Jensen, 1996).

Como na pessoa ouvinte-falante tanto o pensar como o expressar-se ocorrem por meio de palavras (Eysenck & Keane, 1990), o próprio pensar tem um efeito facilitador sobre a recuperação (*retrieval*) dessas palavras que ocorre a partir dos bancos de memória no momento da expressão. Por outro lado, na pessoa ouvinte não-falante, além da necessidade de transcodificar desde as palavras até os símbolos, há a necessidade de recuperar esses símbolos a partir dos bancos de símbolos do sistema de comunicação. É como se o falante-ouvinte (ou surdo-sinalizante) pudesse fazer a recepção, processamento e expressão de informação, todos no âmbito de um mesmo sistema primário de representação, a língua falada (ou a língua de sinais); enquanto que o paralisado cerebral ouvinte tem que fazer a recepção e o processamento na língua falada, mas, no momento da expressão do pensamento, tem que fazer uso de um sistema secundário de representação, equivalente a uma escrita, só que não alfabética (fonológica), mas semantográfica (visual).

É importante analisar as variáveis que afetam a velocidade e a

precisão da recuperação de símbolos de sistemas tradicionais e computadorizados de comunicação alternativa. O efeito das características de imageabilidade dos símbolos sobre a precisão e a rapidez de sua recuperação foi analisado em dois estudos, um com símbolos Bliss implementados em tabuleiro de madeira (Capovilla, Thiers & Seabra, 1994; Thiers & Capovilla, 1996) e outro com picto-ideogramas PIC implementados em sistema computadorizado (Capovilla, Gonçalves et al., 1997). Nos dois casos foi descoberto que símbolos representativos de substantivos tendem a ser recuperados mais facilmente do que aqueles representativos de verbos, e que estes tendem a ser mais facilmente recuperados do que aqueles representativos de modificadores (adjetivos e advérbios). O estudo de Thiers e Capovilla também analisou o efeito da presença ou ausência da palavra escrita associada ao símbolo Bliss, do código de cores de fundo indicativo da categoria semântica a que pertence o símbolo, e da distribuição relativa dos símbolos no tabuleiro. No sujeito em alfabetização que acabava de deixar a leitura logográfica (Frith, 1985, 1986) e adotar a hipótese alfabética (Lemle 1991), foi observado que o comprimento da palavra escrita associada ao símbolo tendia a funcionar como pista. Mesmo sendo incapaz de ler e cometendo erros com frequência quase absoluta, o comprimento da palavra escolhidas estava significativamente correlacionado ao comprimento das palavras faladas apresentadas pelo examinador. Tal procedimento pode ser considerado uma prova simples aplicável ao paralisado cerebral de uma das habilidades de consciência fonológica mais elementares (Capovilla e Capovilla, no prelo).

O efeito da distribuição relativa de símbolos picto-ideográficos, ao longo das várias telas que compõem o sistema computadorizado *PIC-Comp* (Capovilla, Gonçalves et al., 1996), sobre o tempo de acesso léxico-simbólico a tais símbolos no paralisado cerebral também foi objeto de análise experimental (Capovilla, Gonçalves et al., 1997). Neste estudo foi descoberto que o tempo de acesso ao picto-ideograma é uma função direta da posição deste ao longo do sistema: quanto mais remoto o picto-ideograma, tanto maior o tempo de acesso a ele. Neste sentido, as propriedades da busca e recuperação de informações (picto-ideogramas) a partir de um sistema externo de representação (sistema de comunicação computadorizado) assemelham-se àquelas de busca de informações (palavras, conceitos) a partir do sistema interno (o léxico mental). Do

mesmo modo como a mente contém conceitos distribuídos em classes hierarquicamente organizadas (cf. diagramas de redes hierárquicas semânticas de Collins & Quillian, 1969, 1970), o sistema computadorizado contém pictogramas distribuídos em telas hierarquicamente organizadas. O modo como as informações são armazenadas em sistemas externos ou internos de representação de informações é de grande importância à precisão e velocidade com que tais informações podem vir a ser recuperadas quando necessário e, logo, à eficácia da comunicação alternativa.

Há ainda outros problemas não inerentes à transcodificação, mas relacionados a ela, como por exemplo, o modo como os símbolos a serem resgatados durante a codificação encontram-se organizados nos sistemas de comunicação alternativa. Há pelo menos duas variáveis importantes: o tipo de *display*: passivo ou ativo, e o modo como a informação encontra-se organizada na árvore do conhecimento (i.e., o formato da rede). Trata-se de questões de engenharia de sistemas muito importantes ao sucesso da implementação do uso desses sistemas (Capovilla, Macedo, Duduchi, Capovilla et al., 1997; Capovilla, Thiers, Macedo et al., 1997). Enquanto que em *displays* passivos em pranchas de madeira todos os símbolos requeridos para a codificação de mensagens encontram-se à vista do usuário; nos ativos eles encontram-se invisíveis aos olhos do usuário, precisando ser resgatados a partir de busca ativa ao longo das telas do sistema (ou "navegação"). Assim como o uso do *display* ativo oferece um vocabulário virtualmente ilimitado, mas demanda muito mais recursos da memória, ele é mais indicado para usuários com um nível de funcionamento cognitivo mais elevado (Capovilla, no prelo, 1996).

Do mesmo modo, a informação pode encontrar-se organizada num único nível subordinado de poucas classes genéricas contendo muitos elementos cada uma; ou em vários níveis de subordinação sucessiva, com classes mais específicas organizadas hierarquicamente e contendo menos elementos cada uma. Como exemplo da organização num único nível conceptual, os itens CANÁRIO e SALMÃO poderiam pertencer à mesma categoria genérica ANIMAIS que, devido à sua natureza bastante ampla, provavelmente conteria centenas de itens. O simples acréscimo de um nível conceptual adicional de subordinação resultaria numa redução substancial da necessidade de navegação intra-categoria.

Com isto, aqueles mesmos itens poderiam pertencer às categorias AVE e PEIXE, subordinadas à categoria ANIMAIS. A estratégia de organizar o conhecimento numa hierarquia conceptual de vários níveis de subordinação sucessiva contendo um maior número de classes específicas com um menor número de membros cada uma resulta numa economia de recursos motores mas numa maior demanda dos cognitivos. Se por um lado a busca de um dado item envolve um menor número de toques, por outro lado ela envolve uma maior precisão na escolha das rotas corretas para ter acesso a um dado item. Assim, tal estratégia de organização de conhecimento é mais apropriada a usuários com nível de funcionamento cognitivo mais elevado (Capovilla, Macedo, Duduchi, et al., 1995).

Essas duas simples variáveis relacionadas ao *design* dos sistemas (i.e., o tipo de *display* e a estrutura de organização conceptual dos itens) afetam dramaticamente não apenas os recursos motivadores que um sistema pode oferecer ao usuário (como por exemplo o tamanho do vocabulário disponível), como também os recursos cognitivos e/ou motores que sua operação pode demandar desse mesmo usuário. Enquanto tais recursos cognitivos e motores são distintos, na prática do uso de um sistema de comunicação eles não são de modo algum independentes. De fato, quanto maior a dificuldade motora do usuário, tanto maior será a lentidão com que ele conseguirá resgatar os símbolos a partir do sistema. Em consequência dessa lentificação do processo de recuperação dos símbolos (ou *lexical retrieval*), a demanda sobre sua memória de trabalho tende a aumentar proporcionalmente. Uma vez que a memória de trabalho é definida como “o armazenamento temporário de informação em conexão com o desempenho de outras tarefas mais complexas” (Tulving, 1995, p.755), pode-se conceber que quanto maior o número e a complexidade das atividades concorrentes relacionadas que demandam aquela informação armazenada, e quanto maior o número de informações armazenadas e o tempo durante o qual elas precisam estar disponíveis para processamento, tanto maior a demanda sobre a memória de trabalho.

Para se ter uma idéia da complexidade envolvida na codificação de mensagens usando um sistema computadorizado como aquele empregado no presente estudo, o *ImagoVox* (Capovilla, Macedo, Duduchi, Capovilla et al., 1996), pode-se considerar alguns dos

comportamentos envolvidos no desempenho. Para poder codificar uma sentença por meio do arranjo seqüencial de símbolos (figuras, pictogramas, semantogramas, etc.), nossos dados de pesquisa (Capovilla, Macedo, Duduchi, Gonçalves et al., 1996; Capovilla, Gonçalves et al., 1997) têm sugerido que, antes de tudo, é preciso formular mentalmente uma sentença em palavras. Feito isto, é preciso buscar cada um dos símbolos correspondentes a cada palavra, na ordem em que as palavras são dispostas na sentença soada mentalmente. No caso do *display* ativo, para resgatar um dado símbolo é preciso primeiramente identificar a categoria a que pertence, tocar tal categoria desdobrando-a em seus símbolos componentes, rastrear a tela à vista em busca do símbolo e, caso ele não se encontre naquela tela à vista, varrer a(s) tela(s) seguinte(s) até encontrá-lo. Uma vez que o símbolo tenha sido encontrado, é preciso evocar novamente a sentença “de cabeça”, e acompanhar com os olhos no computador quais são os símbolos da sentença que já foram arranjados. Isto é feito com o propósito de checar se a ordenação dos símbolos está correta (i.e., se ela corresponde à ordem das palavras soadas na cabeça), e saber onde a sentença parou e, portanto, qual é o próximo símbolo a ser selecionado. Isto pode ser feito comparando as palavras soadas “de cabeça” da sentença pensada às palavras associadas aos símbolos que o usuário nomeia durante a inspeção da seqüência de símbolos selecionados na tela do computador.

Assim, durante todo o processo de transcodificação da imagem acústica das palavras com que se pensa (Capovilla, 1997; Capovilla, Gonçalves et al., 1997) para os símbolos visuais com que se expressa tal pensar, parece imprescindível manter refrescada a memória da imagem acústica das palavras da sentença formulada. Para entender melhor como isto pode ser feito e quais são os fatores envolvidos, é necessário analisar mais detidamente aquele que é talvez o mais importante modelo de memória de trabalho, o de Baddeley (1986, 1992a, 1992b, 1995).

#### O processamento de informação na memória de trabalho

*Memory is a trick that evolution has invented to allow its creatures to compress physical time.* (Tulving, 1995)

De acordo com o modelo de Baddeley e Hitch (1974), a memória de trabalho é constituída de três componentes: um *executivo central* e dois auxiliares, uma *tábua de desenho visuo-espacial* encarregada de

eter e manipular informações visuo-espaciais, e um *circuito de reverberação fono-articulatória* encarregado de reter e manipular informações verbais ouvidas. O executivo central tem uma capacidade de atenção limitada, e é responsável pela seleção das estratégias de processamento de informação, de seu planejamento e distribuição entre os dois auxiliares, regulando o fluxo de informação entre eles e a memória de longo prazo. A evidência da existência de sistemas separados para processar as informações visuo-espaciais e fono-articulatórias é dada pelos efeitos diferenciais de interferência produzidos por certas tarefas concorrentes. Por exemplo, tarefas concorrentes de rastreamento de pontos luminosos tendem a interferir com a retenção de informação armazenada mnemonicamente com base em diferentes localizações espaciais (Baddeley & Lieberman, 1980). Por outro lado, tarefas concorrentes de articulação de material verbal tendem a interferir com o processamento de material verbal armazenado por meio de ensaio subvocal e repetição (Baddeley & Lewis, 1981).

Mais recentemente descobriu-se que a tábua de desenho visuo-espacial não é unitária, mas divide-se em um componente visual e outro espacial. A codificação visual ocorre nos lobos occipitais e destina-se ao processamento de informação relativa a cor e forma. A codificação espacial ocorre nos parietais e destina-se ao processamento de informações relativas ao local no espaço (Farah, 1988). Componentes frontais também encontram-se envolvidos, conforme evidência obtida com macacos (Goldman-Rakic, 1988). O envolvimento de componentes occipital, parietal e frontal em humanos também foi confirmado por estudos de tomografia por emissão de pósitrons (Jonides et al., 1993).

Mais recentemente descobriu-se que o circuito de reverberação fono-articulatória não é tampouco unitário, mas compõe-se de dois subsistemas separados, um para o armazenamento fonológico passivo dos sons, e o outro para a sua manipulação ativa por meio da articulação subvocal (Baddeley, 1986, 1992 a, b). O *armazenador fonológico passivo* está relacionado à recepção da fala, e corresponde à *memória sensorial ecóica* do modelo modal de Atkinson e Shiffrin (1968). Tal sistema consegue reter a informação fonológica durante cerca de dois segundos após sua audição. A duração da memória sensorial ecóica foi demonstrada por Treisman (1964) num

experimento de escuta dicótica. Nesse experimento a mesma mensagem era apresentada a ambos os ouvidos dos sujeitos, sendo que eles eram solicitados a ecoar (i.e., repetir) a apenas a mensagem que apresentada a um dos ouvidos. Treisman introduziu um atraso entre as apresentações da mensagem a ambos os ouvidos e manipulou sistematicamente sua duração. Foi observado que quando a mensagem apresentada ao ouvido não-ecoado precedia a mensagem apresentada ao ouvido ecoado elas eram fundidas (i.e., percebidas e relatadas como sendo uma única mensagem), mas apenas quando a diferença de atraso entre as duas apresentações da mensagem fosse inferior a dois segundos. Treisman concluiu que no sistema de memória sensorial ecóica a informação degrada-se em cerca de dois segundos, diferentemente do sistema de memória sensorial icônica, em que a informação degrada-se em apenas 500 milissegundos, conforme estabelecido por Sperling (1960).

O *processo de controle articulatório* está relacionado à produção da fala. Como um circuito recursivo, sua função é refrescar a informação fonológica na memória auditiva, cada vez que ela está a ponto de degradar-se, com a passagem do tempo, no armazenador fonológico passivo (Baddeley, 1986, 1992 a). As informações fonológicas, que são reverberadas pelo processo de controle articulatório, podem ser obtidas tanto diretamente, por recepção auditiva direta de palavras recém-ouvidas a partir do meio-ambiente, como indiretamente, por sua evocação a partir da memória de longo prazo quando o sujeito nomeia, quer aberta ou encobertamente, os itens que identifica por meio da visão, tato, olfato, etc. Nos dois casos, as informações fonológicas são reverberadas pelo processo de controle articulatório. Assim, o circuito de reverberação fono-articulatória é muito importante para permitir processar informação verbal na memória de trabalho, permitindo que tal informação sobreviva para além dos dois segundos de duração da memória sensorial ecóica (Treisman, 1964) e seja consolidada, i.e., passe para a memória de longo prazo (Carlson, 1987).

O papel do circuito de reverberação fono-articulatória para a eficiência de processamento na memória de trabalho é confirmado por estudos de tomografia por emissão de pósitrons (Paulesu, Frith & Frackowiak, 1993). É também confirmado por estudos experimentais com universitários, estudos de desenvolvimento com crianças, e estudos clínicos em cérebro-lesados. Tais estudos abrangem casos

em que ele encontra-se temporariamente desabilitado por uma tarefa concorrente de *supressão articulatória* (Baddeley & Lewis, 1981); ou insuficientemente desenvolvido, como em não-alfabetizados (Halliday et al., 1990; Hitch et al., 1989); ou comprometido, como em certos cérebro-lesados. Na bibliografia, exemplos de casos de distúrbios de memória de trabalho em cérebro-lesados, devidos a dano no circuito de reverberação fono-articulatória, são encontrados no afásico de condução KF (Shallice & Warrington, 1974) e nos pacientes JB (Shallice & Butterworth, 1977) e PV (Basso et al., 1982), todos com distúrbio em parte do circuito de reverberação fono-articulatória, o armazenador fonológico passivo (Baddeley, 1986). De acordo com Baddeley (1995), o circuito de reverberação fono-articulatória subjaz ao *digit span*, sendo que o número de itens que uma pessoa é capaz de reter é uma função conjunta da taxa de degradação da informação no armazenador fonológico passivo e da taxa de articulação subvocal para manter a informação fonológica refrescada por meio de seu ensaio encoberto.

Em suma, de acordo com o modelo de Baddeley (1986), o *circuito de reverberação fono-articulatória* é composto de um *armazenador fonológico passivo*, que é relacionado diretamente à percepção da fala, e de um *processo de controle articulatório*, que é relacionado à produção da fala. As informações fonológicas sobre as palavras podem penetrar o armazenador fonológico passivo de três modos: diretamente, via *apresentação auditiva direta*; ou indiretamente via *processo de controle articulatório* (articulação subvocal) ou informação fonológica recuperada a partir da *memória de longo prazo* durante a nomeação subvocal de eventos observados. Como a informação no armazenador fonológico passivo (i.e., memória sensorial ecóica) esvanece-se em cerca de dois segundos, no circuito de reverberação fono-articulatória, a função do processo de controle articulatório é retro-alimentar o armazenador fonológico passivo, permitindo o ensaio encoberto e a consolidação da informação. Na ausência de um processo de controle articulatório bem desenvolvido, como pode ocorrer no paralisado cerebral não-alfabetizado, para que haja aprendizagem de leitura-escrita, a memorização de correspondências grafo-fonêmicas, de regras de posição e de pronúncias e grafias excepcionais precisa apoiar-se na via de apresentação auditiva direta repetida e sistemática que deve ocorrer simultaneamente à visual e de modo controlado pelo

paralisado cerebral, justamente como é a articulação sob controle da criança normal (Capovilla, no prelo; Capovilla, Macedo, Capovilla, no prelo).

Tal situação ideal ocorre quando o paralisado cerebral incapaz de articular a fala pode usar um sistema de comunicação como aquele do presente estudo, *ImagoAnaVox* com voz digitalizada (Capovilla, Macedo, Duduchi, Gonçalves et al., 1996). Neste caso, sua aprendizagem de leitura-escrita pode aproximar-se bastante à de uma criança capaz do processo de controle articulatório. A diferença é a seguinte: para retro-alimentar a informação fonológica no armazenador fonológico passivo impedindo que ela se degrade ao fixar o texto, enquanto a criança que vocaliza pode fazer uso do *processo de controle articulatório* (subvocalizando o que ouviu), a paralisada cerebral precisa fazer uso da *apresentação auditiva direta*. Ela pode conseguir isto via sistema de comunicação como *ImagoAnaVox* ao selecionar repetidamente a sílaba cada vez que a imagem fonológica no armazenador fonológico passivo se esvanecer. Assim, do mesmo modo que a criança normal vê uma sílaba, aponta-a a um adulto e ouve o adulto pronunciá-la (apresentação auditiva direta), repete a pronúncia abertamente (processo de controle articulatório e apresentação auditiva direta), olha novamente para a sílaba e repete subvocalmente para si a pronúncia (processo de controle articulatório); a paralisada cerebral, incapaz de articular fala mas usando um sistema de comunicação como *ImagoAnaVox* com voz digitalizada, vê uma sílaba, seleciona-a e ouve o computador pronunciá-la (apresentação auditiva direta), fixa-a visualmente enquanto a imagem ecóica no armazenador fonológico passivo ainda está vívida e, quando esta começar a decair, repete o processo (apresentação auditiva direta).

De acordo com este modelo, nos dois casos a informação fonológica tende a consolidar-se na memória de longo prazo, e ambas as crianças eventualmente aprendem a ler e escrever, passando da leitura logográfica à alfabética e desta à ortográfica (Frith, 1985, 1986). Como o paralisado cerebral pode evocar a voz digitalizada do sistema de comunicação *ImagoAnaVox* direta ou indiretamente (via toque ou gemido), ele pode resgatar a imagem auditiva das palavras e sílabas quando quiser (i.e., fazer apresentação auditiva direta para refrescar o armazenador fonológico passivo). Na aprendizagem de leitura-escrita via sistemas de comunicação alternativa, as palavras

escritas e soadas funcionam como modelo e a escrita é corrigida sistematicamente, comparando o som obtido ao modelo desejado.

O circuito de reverberação fono-articulatória também tem grande importância na *compreensão da linguagem* tanto na forma *falada* como na *escrita*. Neste caso sua função é reter no armazenador fonológico passivo a *forma superficial* da sentença, ou seja, a ordem exata das palavras na sentença, por tempo suficiente para permitir, via transformações frutos de análise sintática, a consecução de sua *forma profunda* ou proposicional. (i.e., *kernel sentence*, Chomsky, 1965). Quando a fala interna (i.e., processo de controle articulatório) estiver impedida, ocorrem problemas com a compreensão de sentenças cujo significado deriva basicamente de sua sintaxe. A fala interna pode encontrar-se impedida de maneira estável e insidiosa em quadros de lesão cerebral, como a afasia de Broca em que se encontra presente o agramatismo expressivo e receptivo. Pode também encontrar-se apenas temporariamente desabilitada como na tarefa de *supressão articulatória* (Baddeley & Lewis, 1981) em que o sujeito é instruído a articular repetidamente uma não-palavra. Experimentos têm sido conduzidos para avaliar como a desabilitação experimental temporária da fala interna e seu impedimento na lesão cerebral afetam a compreensão da linguagem.

Por exemplo, procurando descobrir o papel que a fala interna desempenha na leitura de pessoas normais, Baddeley e Lewis (1981) pediram a universitários para indicar se sentenças tinham ou não sentido, separando as bem-formadas (ex.: "o cirurgião operou o paciente") das anômalas. Havia dois tipos de anomalias: a *semântica* em que uma palavra era inadequada à frase (ex.: "o rinoceronte operou o paciente" ou "descendo as escadas chega-se ao sótão"), e a *sintática* em que as palavras eram adequadas, mas estavam em ordem trocada (ex.: "o bebê deu à luz uma mãe saudável"; "o paciente operou o cirurgião"). A supressão articulatória não afetou a habilidade dos sujeitos de detectar anomalias semânticas, mas reduziu sua habilidade de detectar anomalias sintáticas, aumentando significativamente a frequência de erros. Ao desabilitar o circuito de reverberação fono-articulatória, a supressão articulatória reduziu a retenção de informação sobre a ordem das palavras na sentença, afetando assim a compreensão das sentenças, quando esta dependia daquela retenção. Assim, ao desabilitar o circuito de reverberação

fono-articulatória, a tarefa de supressão articulatória resultou numa espécie de agramatismo receptivo experimental.

Num experimento clássico sobre agramatismo receptivo em afásicos de Broca, os quais tipicamente apresentam *dificuldade articulatória de natureza central*, Schwartz, Saffran e Marin (1980) apresentaram a afásicos agramáticos pares de figuras retratando dois entes, como por exemplo duas pessoas, animais ou veículos, e uma ação entre eles, como por exemplo aplaudir, alvejar, escoicear ou guinchar. Em cada par os papéis de agente e paciente da ação encontravam-se alternados. A tarefa do afásico era apontar para a figura que representava a sentença simples falada pelo examinador. Por exemplo, "aponte a figura contendo um palhaço aplaudindo uma bailarina". O desempenho dos afásicos agramáticos em tal tarefa foi próximo do acaso. Novamente, quando a compreensão da sentença depende do elemento sintático *ordem das palavras*, a dificuldade articulatória central é crítica. Quando o significado das sentenças deve ser obtido pela análise baseada na ordem das palavras, perturbações no circuito de reverberação fono-articulatória, quer por lesão, quer por desabilitação temporária, tendem a levar ao insucesso. Um exemplo ulterior da literatura para ilustrar isto é o da paciente MV (Bub et al., 1987), que possuía um distúrbio da fala interna. MV tinha problemas em compreender sentenças escritas, mas apenas quando estas tinham anomalias sintáticas (ordem alterada), e não semânticas (palavras inadequadas).

O estudo de Capovilla (no prelo) demonstra o emprego do sistema de comunicação *ImagoAnaVox* como prótese cognitiva em substituição ao *processo de controle articulatório* na memória de trabalho para fomentar o desempenho da memória de trabalho e a aquisição de leitura-escrita por parte de um paralisado cerebral incapaz de articular. Tal abordagem, embora nova, tem pleno respaldo na bibliografia em áreas circunjacentes de processamento de informação, como a da dislexia e da consciência fonológica (Capovilla e Capovilla, no prelo; Capovilla, Macedo, Duduchi, Sória, 1997). Por exemplo, de acordo com Webster e Plante (1992), o *ensaio subvocal* mantém na *memória de trabalho* a informação codificada fonologicamente para o processo de *recodificação fonológica* que é necessário para a aquisição, o desenvolvimento e a prática da leitura. De acordo com Jenkins e Bowen (1994), um *distúrbio fonológico expressivo* pode afetar o desempenho em tarefas

de consciência fonológica porque impede a codificação fonológica eficiente na memória de trabalho. Quando o processo de controle articulatorio encontra-se insuficientemente desenvolvido como no paralisado cerebral pré-alfabetizado, o fornecimento de uma prótese de processo de controle articulatorio pode auxiliar na aquisição e desenvolvimento eficazes tanto da leitura e escrita, na medida em que expande a consciência fonológica, quanto da comunicação por meios alternativos, na medida em que permite a mediação de processos verbais (fala encoberta) nas escritas pictorial e silábica.

A importância da fala interna para facilitar a escrita foi enfatizada por Luria (1970), embora tenha sido demonstrado que ela não é condição necessária. Por exemplo, os pacientes EB de Levine, Calvino e Popovics (1982) e RD de Ellis, Miller e Sin (1983) liam e escreviam corretamente, embora fossem incapazes de fala encoberta. Demonstrativo de que EB carecia da representação auditiva dos nomes falados de figuras ou palavras conhecidas é o fato de que ele era incapaz de escolher, dentre nomes escritos, os que rimavam com os nomes falados (não apresentados) das figuras que lhe eram apresentadas. Era também incapaz de escolher não-palavras escritas em presença das mesmas não-palavras faladas.

A habilidade do hemisfério direito em ler "ideograficamente" fazendo reconhecimento visual direto das palavras em termos de sua configuração geral (*gestalt*), sem a mediação de processos fonológicos, foi estabelecida por Zaidel e Peters (1981) numa série de cinco experimentos com dois pacientes que haviam sido submetidos a comissurotomia completa como forma de controlar crises epiléticas intratáveis. Os experimentos examinaram a habilidade do hemisfério direito desconectado em fazer decodificação fonológica, em tarefas cada vez mais exigentes, como associar palavras escritas e figuras com base na rima entre os sons de seus nomes falados correspondentes; associar palavras escritas homófonas não-homógrafas; e associar pseudo-palavras escritas homófonas não-homógrafas.

Apesar de mudos, os hemisférios direitos desses pacientes tinham habilidades de linguagem receptiva (Sperry & Gazzaniga 1967), com vocabulário auditivo no nível de 12 a 18 anos de idade (Zaidel, 1973, 1978 a, b, c) e vocabulário de leitura no nível de 6a6m a 10a6m (Zaidel, 1981). Nos dois pacientes, o hemisfério direito

podia compreender mais palavras do que conseguia ler, logo o hemisfério direito desconectado lia apenas ideograficamente, obtendo o significado do texto diretamente, sem intermediação de processos de decodificação fonológica. Como é incapaz de ler as mesmas palavras regulares que pode entender, deduz-se que o hemisfério direito carece de processamento fonológico, como a habilidade de decodificar e codificar fonologicamente. Como é incapaz de evocar a imagem acústica de figuras ou de palavras escritas ou de articular (Liberman, 1974), deduz-se que ele seja incapaz de fazer codificação fonológica e ensaio verbal encoberto. Como a maior parte da memória verbal de trabalho baseia-se no circuito de reverberação fono-articulatoria (Baddeley, 1995), os déficits de memória verbal de curto prazo no hemisfério direito que foram demonstrados por Zaidel (1978 a, b, c) eram teoricamente esperados. Ilustrativo de tais limitações é o fato de que o hemisfério direito só pode compreender sentenças ouvidas com até três elementos, e só lê sentenças ainda menores do que pode compreender auditivamente.

A importância da mediação de processos verbais na escrita pictorial foi demonstrada experimentalmente num estudo com a paralisada cerebral RT não-vocal e não-alfabetizada, e com 13a de idade (Capovilla, Gonçalves et al., 1996, 1997; Gonçalves et al., 1995). Durante sete anos, RT havia feito muito pouco progresso em comunicar-se via tabuleiro Bliss. No último ano, no entanto, fez grande progresso com o sistema pictorial *PIC-Comp* que usa voz digitalizada. Para explicar tal progresso, foi levantada a hipótese de que o uso da voz digitalizada poderia ter facilitado o desenvolvimento da fala interna, que agora estaria a mediar a escrita pictorial. Para verificar a existência da mediação de processos verbais subjacentes, num primeiro estudo RT foi solicitada a compor 18 mensagens (compostas de verbo e objeto) sob diferentes estimulações: ou auditiva verbal (transcrevendo sentenças ouvidas) ou visual não-verbal (descrevendo eventos observados). Resultados mostraram que, para codificar corretamente, RT precisou de menos tempo e de menos rerepresentações de estímulo sob a estimulação auditiva que sob a visual.

Em seguida, num estudo de facilitação, RT foi solicitada a, novamente sob estimulação auditiva *versus* visual, compor sentenças com aqueles mesmos elementos (verbo e objeto), mas combinados

agora de maneiras diferentes. Foi avaliado se o modo prévio de apresentação (visual *versus* auditiva) dos diferentes elementos (verbos e objetos) afetaria a composição de sentenças novas sob diferentes estimulações (visual *versus* auditiva). Resultados indicaram que a transcrição de sentenças ouvidas foi fácil a ponto de não sofrer qualquer benefício de facilitação visual; já a descrição de eventos observados foi difícil, beneficiando-se bastante da facilitação auditiva, sendo que o efeito de facilitação para verbos foi maior que para objetos. A conclusão é que a escrita pictorial por RT envolvia a fala encoberta, e que seu sistema pictorial encontrava-se indexado com base na imagem auditiva dos nomes falados dos pictogramas. Assim, quando solicitada a descrever pictorialmente eventos observados ela tinha que nomeá-los internamente antes de conseguir fazer acesso aos pictogramas no sistema; e a nomeação de ações foi mais difícil que a de objetos. Quando os nomes dos pictogramas já eram fornecidos na apresentação auditiva, o acesso aos pictogramas para a escrita foi muito facilitado.

Em estudos de memória empregando o paradigma da recordação livre de itens previamente ouvidos, o bom funcionamento do circuito de reverberação fono-articulatória pode ser demonstrado pelo *efeito de primazia* em curvas de posição serial. Numa tarefa de memória de trabalho auditiva, ao começar a ouvir uma série de itens apresentados a uma taxa de um por segundo, o sujeito tende a reverberar subvocalmente os itens da série, todos, a cada novo item, desde o começo. Isto é eficaz apenas no início, enquanto o tempo despendido na reverberação da série toda não ultrapassar o intervalo disponível entre a apresentação de um item e a do seguinte (Rundus & Atkinson, 1970). Numa tal tarefa, o efeito de primazia não deve ser observado se o circuito de reverberação fono-articulatória estiver desabilitado como na supressão articulatória, danificado como no cérebro-lesado, ou insuficientemente desenvolvido como no analfabeto.

#### **O uso de sistemas alternativos em auxílio à comunicação e ao pensamento**

Segundo dados da *American Speech-Language-Hearing-Association* (1981), uma a quatro em cada 200 pessoas não pode comunicar-se vocalmente e precisa fazer uso de meios alternativos. Há uma série de sistemas de comunicação alternativa e aumentativa,

como por exemplo a semantografia Bliss (Hehner, 1980), as pictografias PIC (Maharaj, 1980) e PCS (Johnson, 1992) e o sistema computadorizado *ImagoAnaVox* (Capovilla, Macedo, Duduchi, Gonçalves et al., 1996). Quando pessoas com distúrbios de comunicação começam a fazer uso funcional de sistemas para comunicação no dia-a-dia, tais sistemas passam a fazer parte integrante de seu comportamento e cognição sociais, tornando-se assim mais do que meros meios artificiais de comunicação. Nessas circunstâncias, os sistemas de comunicação tendem a integrar-se funcionalmente aos sistemas comportamentais e cognitivos dos usuários, vindo a constituir-se em autênticas *próteses cognitivas e de comunicação* (Capovilla, no prelo). Sistemas de multimídia para comunicação alternativa podem ser empregados como próteses de pensamento e linguagem para superar deficiências, não apenas sensoriais e motoras como também de processamento cognitivo. Nesse contexto mais amplo, tais sistemas deixam de servir a propósitos meramente comunicativos, funcionando como *próteses de processos e funções aferentes, centrais e eferentes* que eventualmente encontram-se prejudicados.

Comunicar-se, especialmente por meios alternativos, envolve traduzir a informação desde um código primário que é usado para pensar, como a língua falada ou a de sinais, até um outro secundário que é usado para codificar mensagens expressivas de tal pensamento, como a ortografia alfabética, a ideografia Bliss e as pictografias PIC e PCS. Tal transcodificação envolve fortemente as habilidades de reter e evocar informações na memória de trabalho. Assim, para poder indicar os sistemas mais apropriados e estimar as chances de sucesso de um determinado candidato à comunicação alternativa, é muito importante poder avaliar a capacidade da memória de trabalho de pessoas com distúrbios da audio-comunicação, como a paralisia cerebral.

Embora seja intuitivamente óbvio que o uso bem sucedido de sistemas de comunicação alternativa dependa fortemente da habilidade do usuário em reter e acessar informações na memória de trabalho, não é possível encontrar na bibliografia procedimentos de medida dessa memória no paralisado cerebral, e dados de análise experimental provenientes de seu uso. Em pessoas falantes tal capacidade pode ser avaliada por meio do *paradigma de recordação livre*. Nesse procedimento, ao ver um sinal marcando o fim de uma

série de palavras ouvidas, o examinando deve repetir o maior número possível de palavras da série. Ao longo de várias séries, o resultado usual é uma *curva de posição serial*, em que a proporção de acertos, como função da posição na série, revela-se maior nos primeiros (*efeito de primazia*) e últimos (*efeito de recência*) itens da série. A recência é consequência da natureza transitória da informação na memória de trabalho; já a primazia é consequência do *ensaio* que permite a consolidação da informação, i.e., sua passagem para a memória de longo prazo (Eysenck & Keane, 1990).

O presente estudo propõe uma variante do procedimento de *recordação livre*, mais adequada para paralisados cerebrais que fazem uso de sistemas de comunicação. Nessa variante usada com o paralisado cerebral no presente trabalho, ao ver um sinal marcando o fim de uma série de palavras ouvidas, ele devia tocar na tela de *ImagoAnaVox* o maior número possível de figuras correspondentes às palavras da série que havia ouvido (tendo o som de *ImagoAnaVox* sido suprimido neste caso). Um primeiro objetivo do presente estudo foi testar tal procedimento para medir a memória de trabalho no paralisado cerebral, e verificar se os dados obtidos ajustam-se àqueles usualmente obtidos em procedimentos-padrão. Se fossem obtidos efeitos de primazia e recência, então a variante do procedimento seria validada como recurso útil para a avaliação paramétrica da memória e para a análise experimental de variáveis e processos envolvidos na consolidação de informações por pessoas com paralisia cerebral.

O objetivo do presente estudo foi aprofundar a compreensão do processamento de informação na memória de trabalho do paralisado cerebral. Participou do estudo um paralisado cerebral atetóide de 15a3m, não-alfabetizado, não-vocal e usuário do sistema *ImagoAnaVox*. Dois experimentos foram conduzidos. No Experimento 1 após ouvir cada uma de centenas de séries de uma a quatro palavras, o rapaz devia selecionar no sistema as figuras cujos nomes eram falados pelo examinador. O objetivo era verificar se seria obtida uma curva de posição serial típica, com proporção de acerto maior para os itens iniciais (primazia) e finais (recência). A presença de primazia indicaria a consolidação de informação e a presença de algum tipo de ensaio por parte do sujeito. No Experimento 2 após ouvir cada uma de centenas de séries de uma a

cinco palavras, o rapaz devia selecionar no sistema as figuras cujos nomes havia ouvido. Todas as séries eram apresentadas duas vezes, sendo que numa delas o sujeito tinha a visão bloqueada por um anteparo. O objetivo era analisar a natureza do ensaio subjacente à consolidação, ou seja, se aberto ou encoberto, e se visual ou fonológico-articulatório.

### Experimento 1

**Analisando a memória de trabalho no paralisado cerebral: em busca de evidências de efeitos de primazia e recência**

#### Método

##### Participante

Participou do estudo um rapaz de 15a3m, com paralisia cerebral atetóide e incapaz de comunicar-se vocalmente. Embora fosse aluno de escola especial, ainda não havia sido alfabetizado. Antes de participar do presente estudo, o rapaz havia participado de uma série de experimentos no Mestrado em Educação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro em que havia aprendido a reconhecer os símbolos no sistema de comunicação alternativa *ImagoVox* (Capovilla, Macedo, Duduchi, Capovilla et al., 1996). Ao início daquela série de estudos seu desempenho na Escala de Maturidade Mental Columbia computadorizada (Capovilla, Macedo, Raphael et al., 1995; Capovilla, Thiers et al., no prelo) equivalia ao de uma criança de 5a de idade.

##### Aparato

Foi empregado um microcomputador 486 equipado com *kit multimídia* 4x e tela sensível ao toque. O microcomputador executava o sistema de comunicação *ImagoVox*. Ele contém cerca de 1330 itens compostos de fotos e filmes coloridos digitalizados do usuário e de seu ambiente natural, sendo que a cada um deles corresponde seu respectivo nome escrito e falado com voz digitalizada. Os itens de *ImagoVox* encontram-se distribuídos em 36 categorias, as quais distribuem-se em duas telas. Cada categoria contém até 70 itens, distribuídos em até seis telas com 16 itens cada uma. No Apêndice, a Ilustração 1 contém uma das telas de categorias do sistema *ImagoAnaVox*. A Ilustração 2 contém uma das telas de frutas, e as Ilustrações 3 e 4 contêm duas telas de verbos animados. O *layout* de tela do sistema *ImagoVox* é essencialmente idêntico àquele

do sistema *ImagoAnaVox*, com a diferença de que, em vez de 40 itens por tela, são exibidos apenas 24.

O *layout* do sistema *ImagoVox* é composto de quatro linhas de seis células cada uma. Há três janelas, uma superior contendo as linhas 1 e 2, uma medial contendo a linha 3, e uma inferior contendo a linha 4. A janela superior pode ser emoldurada de azul ou de vermelho. Quando estiver emoldurada de azul as linhas reúnem as figuras que representam as primeiras categorias semânticas do sistema (e.g., *pessoas*, *pedidos*, *verbos*, *sentimentos*, *lugares*, etc.). Quando uma dessas figuras é tocada, a categoria por ela representada desdobra-se em itens de escolha. Quando tal desdobramento de uma dada categoria ocorre, a moldura da janela superior muda para vermelho e as duas primeiras linhas reúnem os primeiros itens da categoria escolhida que foi desdobrada. Por exemplo, a categoria *pessoas* contém itens como o próprio usuário, seus familiares, professores, amigos, etc., sendo que cada pessoa é representada pela própria foto. Quando um desses itens é tocado ele migra para a janela inferior emoldurada de amarelo na quarta linha, começando a compor uma sentença. Ao mesmo tempo, o nome falado do item escolhido soa com voz digitalizada.

A janela medial, emoldurada de verde na linha 3, contém os indicadores dos três modos de comunicação: *declarativo* para afirmações simples, *imperativo* para ordens e pedidos, e *interrogativo* para perguntas. Ao tocar um ou outro desses modos de comunicação, o usuário deixa clara ao interlocutor a natureza de sua sentença, se uma pergunta, um pedido ou um simples comentário. Além disso, a janela contém também respostas sim e não para perguntas, e o comando *soar* sentenças, que faz com que a sentença composta pela seleção seqüencial dos itens e reunida na janela inferior soe com voz digitalizada. Assim, o sistema *ImagoVox* permite comunicação com base em sentenças formadas pelo arranjo seqüencial de fotos e filmes tirados do próprio usuário e de seu ambiente natural. Sua força reside em sua grande iconicidade e máxima personalização.

Para o presente estudo foram separadas 12 categorias semânticas: *pessoas*, *adjetivos*, *verbos*, *advérbios*, *pedidos*, *sentimentos*, *escola e trabalho*, *alimentos*, *frutas*, *bebidas*, *aparelhos*, e *meios de transporte*. Cobrindo as 12 categorias, foram empregadas

ao todo 306 figuras que eram dispostas em 23 telas, com duas a 22 figuras por tela. Foram empregadas 35 figuras de *pessoas* divididas em duas telas, 30 de *adjetivos* em duas telas, 53 de *verbos* em quatro telas, 15 de *advérbios* em uma tela, 19 de *pedidos* em duas telas, 34 de *sentimentos* em três telas, 20 de *escola e trabalho* em uma tela, 39 de *alimentos* em duas telas, 22 de *frutas* em duas telas, dez de *bebidas* em uma tela, 31 de *aparelhos* em duas telas, e 18 de *meios de transporte* em uma tela.

### Procedimento

O experimento foi conduzido em 17 sessões com 60 min de duração cada uma. As sessões ocorriam em todos os dias úteis da semana, e a cada dia eram conduzidas duas sessões. A cada sessão eram apresentadas 24 séries de palavras que designavam as figuras do sistema. As 24 séries eram divididas em seis blocos de quatro séries cada um. Assim, cada bloco era composto de quatro séries, uma com um item, outra com dois, outra com três, e outra com quatro itens. Em cada bloco eram aleatorizadas a ordem das séries e a das categorias semânticas.

Ao início da sessão, estando sentado ao lado do experimentador e diante da tela do computador que continha os itens de uma dada categoria desdobrada, o rapaz era instruído acerca da natureza da tarefa. As instruções explicavam que o experimentador iria falar algumas palavras (i.e., nomes de pessoas, coisas, ações, lugares, etc.) e então fazer um sinal com a mão, e que a tarefa do rapaz era tocar na tela as figuras cujos nomes o experimentador havia dito, na mesma ordem em que eles haviam sido ditos. O experimentador solicitava que o rapaz prestasse bastante atenção às palavras e à sua ordem, pois elas seriam faladas por ele apenas uma vez.

O experimentador pronunciava as palavras de maneira clara e pausada a uma taxa de uma por segundo. Imediatamente após cada série de uma a quatro palavras, por meio de um sinal com a mão, ele instava o rapaz a começar a selecionar as figuras. À medida que o rapaz ia selecionando os itens, estes migravam para a área de composição de sentenças enquanto o experimentador indicava com o dedo quantos itens já haviam sido selecionados. Foram apresentadas duas séries de pré-teste, sendo que ao final de cada uma delas o experimentador elogiava o desempenho do rapaz em caso de acerto, ou oferecia uma segunda oportunidade, em caso de omissão ou troca.

## Resultados

### Efeito da posição do item nas seqüências de quatro itens

A Figura 1 representa a proporção de acerto como função da posição que o item ocupava ao longo da seqüência de quatro elementos. Como pode ser observado, guardadas as proporções, a curva obtida assemelha-se muito a uma típica curva de posição serial, com maior proporção de acerto nos itens iniciais (primazia) e finais (recência). De modo a avaliar a significância estatística do efeito da posição do item na seqüência, foi feita ANCOVA da proporção de acerto como função da posição que o item ocupava na seqüência de quatro elementos (pós 1, pós 2, pós 3, pós 4), tendo como covariantes a ordem das sessões (sessão 1 a 17) e a ordem de aparecimento das seqüências de quatro elementos no experimento (ordem 1 a 100). Foi observado um efeito significativo da posição que o item ocupava na seqüência de quatro elementos ( $F_{[3,390]} = 2,73; p = 0,04$ ). Análise de comparação de pares via teste Fisher LSD revelou que a proporção de acertos em itens na posição 4 foi superior àquelas de itens nas posições 2 e 3. A superioridade da posição 4 em relação às posições 2 e 3 sugere efeito de recência do item. Já a ausência de superioridade da posição 4 em relação à posição 1 sugere efeito de primazia na posição 1. Tal primazia, no entanto, não foi tão forte quanto a recência, já que não houve diferença significativa entre a posição 1 e as posições 2 e 3.

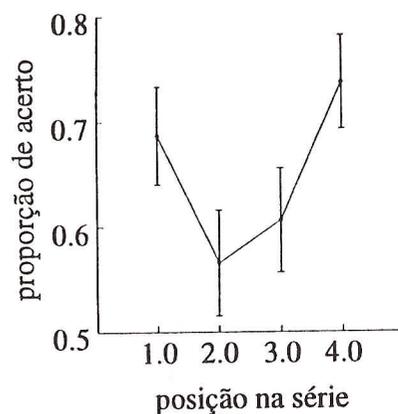


Figura 1. Proporção de acerto como função da posição que o item ocupava ao longo da seqüência de quatro elementos. São representados médias e desvios-padrão.

## Discussão e Conclusão

A variante do procedimento de recordação livre aqui empregada produziu uma curva de posição serial típica, com claros efeitos de primazia e recência. A *recência* deve-se ao processo de deslocamento decorrente da limitação da capacidade da memória de trabalho a  $7 \pm 2$  itens (Miller, 1956) e à natureza evanescente da informação fonológica no armazenador fonológico passivo (Eysenck & Keane, 1990). A *primazia* é atribuída ao *ensaio*, usualmente baseado no *circuito de reverberação fono-articulatória*, que é importante para consolidar informação na memória de longo prazo. A recência era esperada devido à natureza da memória de trabalho. Já a primazia não, já que o rapaz não era alfabetizado.

Conforme a literatura (Blischak, 1994), a codificação em crianças não-alfabetizadas para a retenção de informação tende a ser predominantemente *visual* e não *fono-articulatória*. De acordo com Baddeley e Hitch (1974) a memória de trabalho é composta de um *executivo central*, um *circuito de reverberação fono-articulatória*, e uma *tábua de desenho visuo-espacial*. Contrariamente ao que ocorre na criança alfabetizada, na não-alfabetizada o processamento de informação na memória de trabalho é mais visual que fono-articulatório (Halliday et al., 1990; Hitch et al., 1989). Ou seja, enquanto a criança alfabetizada emprega mais o circuito de reverberação fono-articulatória, a não-alfabetizada emprega mais a *tábua de desenho visuo-espacial*.

Já que o ensaio subvocal fono-articulatório não seria esperado, que outro tipo de ensaio poderia estar sendo executado para resultar no efeito de primazia? Seria possível que o rapaz estivesse buscando as figuras visualmente com o olhar e memorizando suas posições à medida que ouvia seus nomes? Tal interpretação seria coerente com as expectativas teóricas. Assim, subjacente à consolidação de informação revelada pelo efeito de primazia, poderia estar um ensaio *aberto* em vez de *encoberto*, e *visuo-espacial* (i.e., busca visual da figura e memorização de sua posição) em vez de *fono-articulatório* (i.e., repetição subvocal da série de palavras). Se o rapaz estivesse a fazer um ensaio aberto visuo-espacial baseado na busca visual das figuras e memorização de suas posições relativas, então o uso de um anteparo que impedisse tal busca visual deveria eliminar a possibilidade de tal ensaio aberto, anulando assim a primazia. Por outro lado, se o ensaio fosse de natureza encoberta, a presença do

anteparo não deveria afetar o desempenho.

Em suma: se pelo menos um dos dois auxiliares do executivo central da memória de trabalho (i.e., a tábua de desenho visuo-espacial ou o circuito de reverberação fono-articulatória) do rapaz estiver funcionando razoavelmente bem, a ponto de sustentar algum tipo de ensaio encoberto, é provável que a presença de um anteparo não suprima por completo o efeito de primazia. Por outro lado, se este não for o caso e o ensaio pelo rapaz for mesmo dependente quase que exclusivamente da busca visual manifesta do item cujo nome é ouvido e da memorização relativa de sua posição, então a presença de um anteparo deverá ter efeito devastador sobre a consolidação de informação, suprimindo assim o efeito de primazia. É possível que a presença do anteparo possa até mesmo acentuar a recência, devido à liberação dos recursos centrais de atenção, até então comprometidos com a busca visual manifesta, para concentração no sistema auditivo apenas. Tal questão foi analisada no Experimento 2, numa análise experimental dos efeitos observados para determinar a natureza do ensaio subjacente ao efeito de primazia, i.e., à consolidação da informação pelo paralisado cerebral.

### Experimento 2

**Analisando a consolidação da informação no paralisado cerebral: Processo aberto de busca visual e ensaio de posição versus processos encobertos visuais ou subvocais**

#### Visão Geral

No Experimento 1 sobre memória de trabalho no paralisado cerebral foi empregada uma variante do procedimento de recordação livre com o rapaz AG, com paralisia cerebral atetóide, de 15a3m, não-alfabetizado e não-vocal. Foi obtida uma curva de posição serial típica com efeitos de recência e primazia. Primazia indica presença de ensaio, que pode ser de natureza tanto visual como fono-articulatória. Sabe-se que a passagem do ensaio visual ao fono-articulatório ocorre com a alfabetização (Blischak, 1994). Como AG não era alfabetizado, esperava-se que fosse incapaz de ensaio fono-articulatório e que, portanto, a primazia deveria ter resultado de ensaio visual, já que o procedimento permitia o ensaio de busca visual e memorização das posições das figuras à medida que seus nomes eram ouvidos. Se este fosse o caso, o uso de um anteparo que impedisse o ensaio de busca visual deveria eliminar a primazia.

No Experimento 2 foram apresentadas ao rapaz centenas de séries de um a cinco itens, sendo que durante a audição de metade das séries a visão do monitor do sistema era impedida por um anteparo. Se o ensaio subjacente ao efeito de primazia observado no Experimento 1 tiver sido baseado em busca visual aberta no monitor do sistema, é possível que o anteparo venha a acentuar a recência, devido ao impedimento de alocação de recursos centrais de atenção ao ensaio de busca visual aberta, forçando assim sua concentração nos sistemas auxiliares internos de processamento de informação para ensaio encoberto. A questão é quão eficazes seriam tais sistemas auxiliares internos. Se a análise da frequência de acerto em função da posição na série vier a revelar ausência de primazia sob o anteparo, então isto indicaria que aqueles sistemas auxiliares internos não são eficazes em sustentar um mínimo de consolidação. Uma tal evidência de inabilidade em fazer ensaio encoberto eficaz (visuo-espacial ou fono-articulatório) confirmaria as expectativas baseadas na bibliografia quanto ao processamento de informação em pré-alfabetizados (Halliday et al., 1990; Hitch et al., 1989), em especial, com distúrbios fono-articulatórios (Jenkins & Bowen, 1994; Webster & Plante, 1992).

### Introdução

No Experimento 1 foram descritos os resultados obtidos com o rapaz AG de 15 anos de idade. AG ti. ha paralisia cerebral, não era capaz de vocalizar e não era alfabetizado. AG havia sido exposto durante dois anos, em sessões de 60 min., três a cinco vezes por semana, ao sistema de multimídia para comunicação alternativa *ImagoVox* (Capovilla, Macedo, Duduchi, Capovilla et al., 1996), num programa sistemático de uso de sistema de comunicação alternativa computadorizado no Mestrado em Educação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Naquele estudo o próprio *ImagoVox* foi empregado como instrumento para a análise da memória de trabalho. Como AG não vocalizava, mas comunicava-se pela seleção de itens do sistema via tela sensível ao toque, foi empregada uma adaptação do paradigma de recordação livre em que, em vez de repetir vocalmente as palavras que havia ouvido, ele devia selecionar na tela as figuras correspondentes às palavras que havia ouvido na série.

Naquele procedimento em cada uma de 17 sessões eram requeridas 24 séries de quatro palavras. A cada nova série era aberta

uma nova tela, sendo aleatorizados a categoria semântica, o tamanho da série e as posições dos itens corretos na tela. Os resultados replicaram uma bela curva de posição serial, com claros efeitos de primazia e de recência. O próximo passo era fazer uma análise experimental da natureza do efeito de primazia de modo a descobrir os mecanismos subjacentes à consolidação de informação pelo paralisado cerebral. A interpretação tradicional é de que o *efeito de recência* deve-se ao processo de *deslocamento* decorrente da limitação da capacidade da memória de trabalho a  $7 \pm 2$  itens, bem como à natureza evanescente da informação armazenada; enquanto que o *efeito de primazia* deve-se ao *ensaio encoberto*, baseado no circuito de reverberação fono-articulatória.

Naquele estudo, o efeito de recência era esperado devido à natureza da memória de trabalho. Mas o efeito de primazia não, já que o rapaz não era alfabetizado e, conforme a bibliografia (Blischak, 1994), a codificação em crianças não-alfabetizadas para a retenção de informação tende a ser predominantemente *visual* e não *subvocal*. Já que o ensaio fono-articulatório não seria esperado, que outro tipo de ensaio poderia estar sendo executado para resultar em efeito de primazia? Seria possível que ele estivesse buscando visualmente as figuras e memorizando suas posições à medida que ouvia seus nomes? Tal ensaio, em vez de subvocal (baseado no circuito de reverberação fono-articulatória), seria visuo-espacial (baseado na tábua de desenho visuo-espacial). Mais precisamente, neste caso ele poderia ser visuo-espacial aberto e não encoberto. Ao ouvir a seqüência de itens, em vez de repeti-la subvocalmente a cada novo item, ele poderia estar buscando as figuras na tábua de desenho visuo-espacial (ou em sua prótese, a tela de *ImagoVox* no computador) à medida em que ouvia seus nomes, buscando memorizar suas posições.

Se este fosse o caso, então o uso de um anteparo impedindo tal busca visual aberta deveria eliminar o efeito de primazia. Portanto, se tal arrazoado fosse procedente, seria esperada primazia na ausência de anteparo, mas não em sua presença. Um achado desta natureza seria demonstrativo de que o rapaz tem dificuldades em fazer ensaio encoberto, quer baseado no circuito de reverberação fono-articulatória quer na tábua de desenho visuo-espacial, e que faz uso do sistema de comunicação como prótese da tábua de desenho visuo-espacial (Capovilla, no prelo). Isto estaria em conformidade com a

bibliografia sobre memória. Além disso, ao interromper a alocação dos recursos centrais de atenção e memória à busca visual, o anteparo poderia exigir a concentração no sistema auditivo, eventualmente acentuando assim o efeito de recência, o que poderia constituir um primeiro passo para o exercício do ensaio encoberto.

O Experimento 2 foi elaborado com o objetivo de testar a hipótese de que o efeito de primazia observado no Experimento 1 não constituiu fruto de ensaio encoberto (nem imagético via tábua de desenho visuo-espacial nem ensaio subvocal baseado no circuito de reverberação fono-articulatória), mas sim um artefato de ensaio aberto baseado na busca visual dos itens e na memorização de suas posições relativas em cada tela. Para tanto o desempenho, na variante da tarefa de recordação livre, foi comparado sob duas condições: presença e ausência de um anteparo que impedia a inspeção visual da tela enquanto o experimentador recitava a série de nomes para AG.

### Método

#### Participante

O mesmo rapaz, AG, participou do Experimento 2.

#### Aparato

Foi empregado o mesmo aparato: um microcomputador 486 equipado com *kit multimídia* 4x e tela sensível ao toque. O microcomputador executava o sistema de comunicação alternativa *ImagoVox*.

#### Procedimento

O experimento foi conduzido em 20 sessões, com duas sessões diárias de 60 min cada uma. A cada sessão eram apresentadas a AG 30 séries de palavras que designavam as figuras do sistema. Em cada uma das 20 sessões eram requeridas seis séries de um item, seis de dois, seis de três, seis de quatro e seis de cinco itens, sendo o tamanho das séries aleatorizado intra-sessão, de modo que não havia qualquer ordem crescente ou decrescente. Numa das sessões diárias durante a audição das 30 séries o rapaz tinha sua visão do monitor do sistema computadorizado bloqueada por um anteparo, e na outra sessão não. A ordem das sessões com e sem anteparo era aleatorizada em cada dia. Deste modo, o anteparo era manipulado sessão a sessão de 30 séries cada, e não série a série.

### Resultados

**Análise 1. Proporção de acerto como função do tamanho da série, do anteparo e da categoria gramatical do item solicitado (considerando todas as séries de 1 a 5 itens)**

A Figura 2 representa a proporção de acerto em função do tamanho da série e da categoria gramatical do item. ANCOVA da proporção de acerto (0-1) como função do tamanho da série (1 a 5 itens), da categoria gramatical dos itens (substantivos: S, verbos: V, modificadores como adjetivos e advérbios: M), e do anteparo (presença, ausência), tendo como covariantes a iconicidade média da categoria semântica (0-1), a ordem das séries (1-20) e a ordem das tentativas (1-600) revelou efeito significativo do tamanho da série ( $F_{[4,558]} = 8,18; p = 0,000$ ) e da categoria gramatical ( $F_{[2,558]} = 22,96; p = 0,000$ ), mas não de qualquer interação ou covariante. Em termos de tamanho da série, comparação entre pares via teste conservador Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto em séries com 1 item foi maior do que nas com 3, 4 ou 5 itens, e que nas séries com 2 itens foi maior do que nas com 4 e 5 itens. Comparação de pares via teste liberal Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto nas séries com 1 ou 2 itens foi maior que nas com 3, 4 ou 5 itens. Em termos de categoria gramatical, comparações entre pares Bonferroni e Fisher LSD revelaram que a proporção de acerto em S foi maior que em V e M.

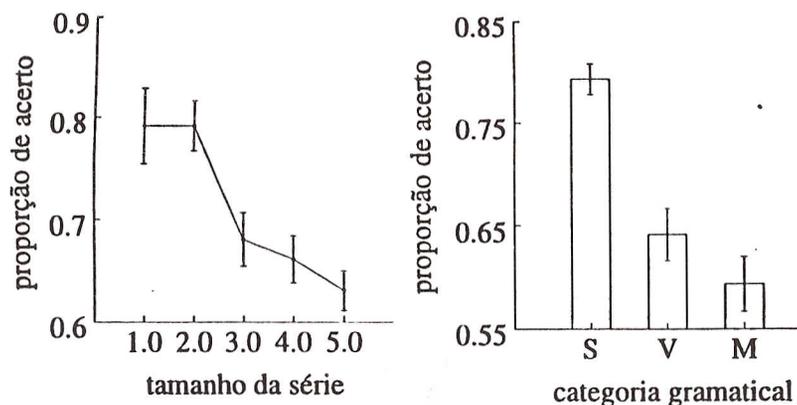


Figura 2. Proporção de acerto em função do tamanho da série (1 a 5 itens) e da categoria gramatical do item (S, V, M).

A análise de regressão da proporção de acerto em função da iconicidade da categoria semântica do item (avaliada no Experimento

1) revelou efeito da iconicidade ( $F_{[1,589]} = 11,8, p = 0,001$ ). Do mesmo modo, a análise de regressão da proporção de acerto em função do tamanho da série revelou efeito dessa variável ( $F_{[1,589]} = 28,5; p = 0,000$ ).

**Discussão e conclusões**

Em séries a partir de 2 itens, quanto maior o tamanho da série tanto menor a proporção de acerto. Esta proporção de acerto foi maior para S que V, e para V que M. Considerando os dados de todas as séries de 1 a 5 itens, não houve evidência de que o anteparo tenha tornado a tarefa mais difícil. É possível que as diferenças entre desempenho com e sem anteparo só se manifestem em séries com 4 e 5 itens, em que a capacidade da memória de trabalho passa a ser mais solicitada. Como esta análise considerou todas as séries de 1 a 5 itens, é possível que a ausência de diferença no desempenho em séries de 1 a 3 itens tenha reduzido o efeito como um todo.

**Análise 2. Proporção de acerto em função da posição do item na série, do anteparo e da categoria gramatical solicitada**

**Análise 2.1. Considerando os dados de séries de quatro itens**

A Figura 3 representa a proporção de acerto como função da posição do item na série (acima, à esquerda), da ausência (s) ou presença (c) de anteparo (acima, à direita) e da categoria gramatical (abaixo). ANCOVA da proporção de acerto (0-1) como função da posição (1-4) nas séries, do anteparo (presença, ausência) e da categoria gramatical (S, V, M) tendo como covariantes a iconicidade média (0-1), a ordem das sessões (1-20) e das séries (1-121) ao longo do experimento revelou efeito significativo da posição ( $F_{[3,457]} = 4,28, p = 0,005$ ), do anteparo ( $F_{[1,457]} = 10,34, p = 0,001$ ), e da categoria gramatical ( $F_{[2,457]} = 12,9, p = 0,000$ ), mas não de interações ou covariantes. Em termos de posição na série, comparações entre pares via Bonferroni e Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelaram que a proporção de acerto nos itens na posição 4 foi maior do que nas posições 1 e 2. Em termos de categoria gramatical, comparação entre pares via Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto em itens representativos de S foi maior do que naqueles representativos de V e M. Já a comparação entre pares via Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto em S foi maior que em V, e em V maior que em M.

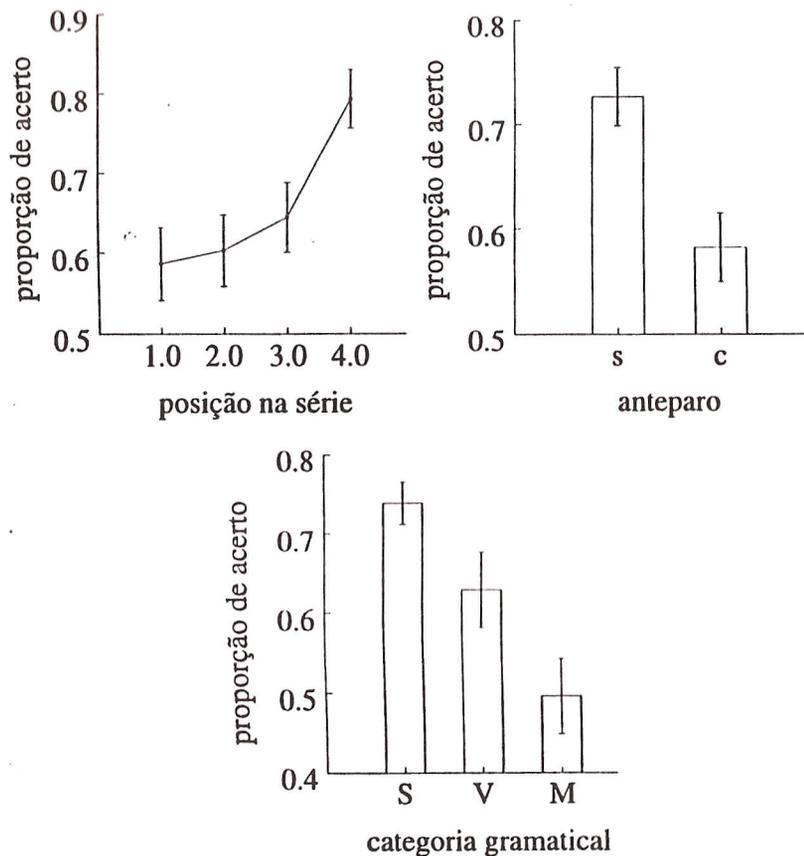


Figura 3. Proporção de acerto como função da posição do item (acima, à esquerda), da ausência (s) ou presença (c) de anteparo (acima, à direita) e da categoria gramatical do item (abaixo, ao centro).

#### Discussão e conclusões

Os dados acima, obtidos com séries de quatro itens, revelaram um claro efeito de recência: quanto maior a posição do item na série, tanto maior a proporção de acerto. Os dados também revelaram o claro efeito do anteparo em reduzir a proporção de acerto. Finalmente, replicaram também os achados anteriores relativos à categoria gramatical: a proporção de acerto foi maior em S que V, e em V que M. Quando se considera o efeito da posição na série sobre a proporção de acerto, chama a atenção a diferença entre as curvas obtidas neste estudo e no anterior. Naquele a proporção de acerto dos itens na posição 1 foi elevada, tanto que não houve diferença significativa entre as posições 4 e 1, o que constituiu a base para a

identificação do efeito de primazia. Já no presente estudo a proporção de acerto em itens na posição 1 foi tão baixa quanto na 2, e significativamente mais baixa que na 4. Ambas as curvas representam os dados de séries de 4 itens. A única diferença entre elas é que a primeira foi obtida sem anteparo, enquanto a segunda foi obtida metade com e metade sem anteparo.

Será que a supressão do efeito de primazia, produzida pelo anteparo em metade dos casos na posição 1, poderia ter rebaixado de modo geral a proporção de acerto em itens naquela posição a ponto de ter causado as diferenças? Para responder esta questão foram analisadas as séries de 5 itens. É possível que a maior extensão dessas séries pudesse facilitar a análise dos efeitos em operação nas séries mais curtas (i.e., de 4 itens). Se a hipótese de supressão de efeito de primazia pelo anteparo estiver correta, é possível que nas séries de 5 itens os efeitos sejam visíveis a ponto de manifestar-se na interação entre anteparo e posição na série.

#### Análise 2.2

##### Considerando os dados de séries de cinco itens

A Figura 4 representa a proporção de acerto em função da posição na série (à esquerda) e da categoria gramatical (à direita). ANCOVA da proporção de acerto (0-1) como função da posição do item (1-5) nas séries, do anteparo (presença, ausência) e da categoria gramatical dos itens (S, V, M) tendo como covariantes a iconicidade média da categoria semântica (0-1), a ordem das sessões (1-20) e das séries (1-117) no experimento revelou efeito da posição ( $F_{[4,552]} = 2,62$ ;  $p = 0,034$ ), da categoria gramatical ( $F_{[2,552]} = 6,57$ ;  $p = 0,002$ ), e da interação entre posição e anteparo ( $F_{[4,552]} = 2,57$ ;  $p = 0,037$ ), mas não de outras variáveis, interações ou covariantes. Em termos de efeito da posição do item na série, comparação entre pares via Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto dos itens na posição 5 foi superior à daqueles na posição 2. Comparação de pares via Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto dos itens na posição 5 foi superior à daqueles nas posições 1 a 4. Em termos de efeito da categoria gramatical, comparações de pares via Bonferroni e Fisher LSD ( $\alpha = 0,05$ ) revelaram que a proporção de acerto de itens S foi superior àquela de itens V e M.

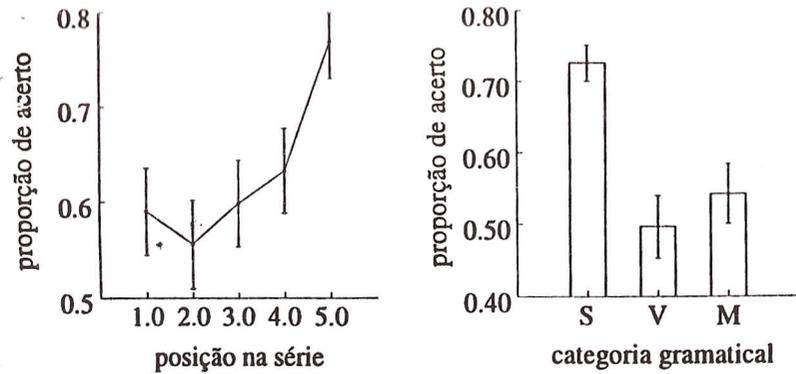


Figura 4. Proporção de acerto como função da posição do item (à esquerda) e da categoria gramatical do item (à direita).

A Figura 5 representa a interação entre a posição do item na série e a presença ou não de anteparo. Em termos de interação entre posição e anteparo, comparação de pares via Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto de itens na posição 5 com anteparo foi superior àquela de itens nas posições 1 e 2 com anteparo, bem como na posição 4 sem anteparo. Comparação de pares via Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ) revelou que a proporção de acerto de itens apresentados com anteparo na posição 5 foi superior a todas aquelas de itens apresentados sem anteparo (inclusive na posição 5), bem como a todas aquelas de itens com anteparo (exceto na posição 4).

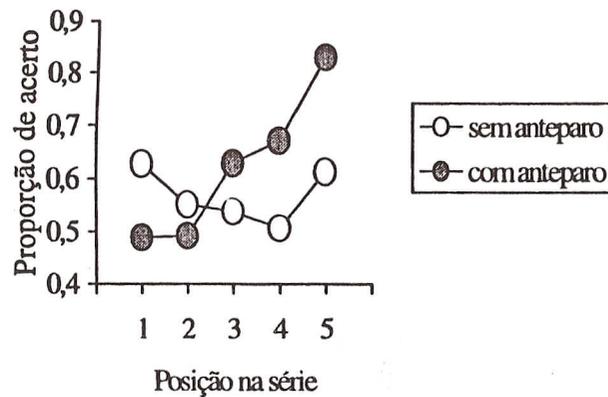


Figura 5. Proporção de acerto como função da interação entre a posição do item na série e a presença ou não de anteparo.

## Discussão e conclusão

No segundo experimento, o procedimento adotado no primeiro foi replicado duas vezes com centenas de séries de quatro itens na Análise 1 e de cinco itens na Análise 2, sendo metade com e metade sem anteparo. Nas séries de cinco itens da Análise 2 os resultados mostraram interação entre a posição do item na série e a presença-ausência de anteparo. Na ausência de anteparo, o efeito de primazia foi tão forte quanto o de recência; mas na presença, o efeito de primazia foi completamente suprimido, enquanto que o de recência, elevado. A supressão do efeito de primazia e, portanto, da consolidação de informação produzida pelo anteparo sugere que o ensaio feito por AG era de natureza aberta, e não encoberto. Se AG fosse capaz de algum ensaio encoberto, quer subvocal baseado no circuito de reverberação fono-articulatória, quer visual baseado na tábua de desenho visuo-espacial, então a supressão da primazia não teria sido tão intensa.

A interpretação alternativa de que a supressão da primazia pudesse ser um artefato de uma espécie de "distração" produzida pela introdução e remoção do anteparo é extremamente improvável, uma vez que o anteparo era manipulado (i.e., introduzido e removido) não série a série dentro da sessão, mas sessão a sessão, sendo que as sessões eram constituídas de 30 séries cada uma. A longa duração das sessões tornaria muito pouco plausível uma tal hipótese de artefato por "distração". A aleatorização da ordem das condições presença e ausência de anteparo entre as duas sessões diárias também invalida a atribuição de quaisquer diferenças entre essas condições à fadiga já que, devido àquela aleatorização, esperasse que a variável fadiga tenha afetado o responder igualmente nas duas condições (presença e ausência de anteparo).

Ao impedir a estratégia de ensaio aberto baseado na busca visual e memorização de posição, o anteparo impediu a alocação dos recursos do executivo central (atenção) ao ensaio aberto de busca visual, forçando assim sua concentração no ensaio encoberto e no canal auditivo. Conseqüentemente, de maneira esperada, a redução da interferência visual resultou no aumento do efeito de recência. Os resultados da Análise 2, especificamente a supressão de efeito de primazia produzida pelo anteparo, ajudam a explicar os resultados da

Análise 1, i.e., as diferenças obtidas nas curvas de quatro itens entre os Experimentos 1 e 2. Os resultados da Análise 2 indicam que a ausência de efeito de primazia verificada na Análise 1 do Experimento 2 foi devida ao uso do anteparo em metade das séries daquela análise. No Experimento 1, como os dados foram obtidos sem anteparo, havia possibilidade de ensaio aberto baseado em busca visual e memorização de posição. Já no Experimento 2, metade das séries foram feitas com anteparo, e isto foi suficiente para reduzir como um todo o efeito de primazia. No entanto, como a série era relativamente curta, não houve interação entre a posição do item na série e a presença ou não do anteparo.

### Apreciação geral

O Experimento 1 mostrou como empregar um sistema de comunicação alternativa (i.e., *ImagoVox*) como um sistema *AfeCenEfe* (Capovilla, no prelo), ou seja, como uma prótese cognitiva, para medir a capacidade da memória de trabalho de um paralisado cerebral não-vocal. Ao replicar os efeitos de primazia e recência de curvas de posição serial típicas, ele validou o procedimento enquanto teste de memória de curto prazo e de consolidação. Numa análise experimental do processamento de informação envolvido no efeito de primazia, o Experimento 2 demonstrou a natureza visuo-espacial do ensaio aberto feito pelo paralisado cerebral não-alfabetizado nesse tipo de tarefa. Os dois experimentos têm relevância direta ao modelo de três componentes da memória de trabalho (Baddeley & Hitch, 1974): o *executivo central*, o *circuito de reverberação fono-articulatória* e a *tábua de desenho visuo-espacial*. Experimentos baseados nesse modelo demonstraram que, em tarefas de memória de trabalho, enquanto a criança alfabetizada emprega primordialmente o *circuito de reverberação fono-articulatória*, a não-alfabetizada emprega a não tão eficiente *tábua de desenho visuo-espacial* (Halliday et al., 1990; Hitch et al., 1989). Assim, os dados dos dois experimentos estendem para a criança paralisada cerebral não-alfabetizada a evidência relatada na bibliografia acerca de crianças pré-alfabetizadas em geral.

Igualmente importante nesses estudos é a constatação de que AG

não ficava passivo diante de seu *déficit* de memória de trabalho, mas procurava reduzi-lo pela adoção de uma estratégia compensatória. Em outras palavras, seu processamento não era apenas *serial-passivo bottom-up*, mas *interativo bottom-up e top-down*. Frente à dificuldade de fazer ensaio encoberto com base no circuito de reverberação fono-articulatória pouco desenvolvido, seu executivo central procurava fazer ensaio aberto com base na tábua de desenho visuo-espacial, buscando os itens à medida em que ouvia seus nomes, e procurando memorizar suas posições relativas. Em outras palavras, AG fazia uso de seu sistema de comunicação alternativa como *sistema AfeCenEfe*, ou seja, como uma *prótese cognitiva*, para a compensação de sua deficiência de memória de trabalho relacionada ao estágio incipiente de desenvolvimento de seu circuito de reverberação fono-articulatória.

O presente estudo dá suporte ao conceito de sistema *AfeCenEfe* como prótese de linguagem e pensamento (Capovilla, no prelo; Capovilla, Macedo, Capovilla, no prelo). É possível que para permitir um uso funcional eficiente, enquanto sistema externo de representação de conhecimento, um sistema *AfeCenEfe* deva simular as características, fenomenicamente experimentadas, de sistemas internos de representação de informação. Em suporte de tal tese, tem sido observado (Capovilla, Gonçalves et al., 1996, 1997) que o tempo de acesso léxico-simbólico é afetado pela maneira como o conhecimento encontra-se arranjado num sistema de comunicação, o que confirma as expectativas baseadas na literatura (Lindsay & Norman, 1972). Se assim for, em termos de memória de trabalho, a parte simulada do sistema interno que é assistida pela prótese foi a tábua de desenho visuo-espacial.

Nos procedimentos tradicionais com não-paralisados, os efeitos de primazia e recência são demonstrados com séries longas de cerca de 15 itens. Apesar da relativamente grande complexidade da tarefa modificada para o paralisado cerebral, o fato de que os efeitos de primazia e recência tenham sido demonstrados com séries curtas de apenas quatro e cinco itens, por si só, revela a relativamente limitada capacidade de memória de trabalho e de consolidação do paralisado cerebral não-alfabetizado. Conforme a bibliografia, em tarefas envolvendo comunicação, o circuito de reverberação fono-articulatória é mais eficiente do que a tábua de desenho visuo-

espacial, e assim, pode-se esperar que um fortalecimento desse circuito de reverberação fono-articulatória resulte num aumento da eficiência da memória de trabalho. Ao demonstrar a presença de processos fono-articulatórios subjacentes à comunicação via *ImagoAnaVox* com voz digitalizada, o estudo de Capovilla, Macedo, Duduchi, Gonçalves et al. (1996) indica que isto também é verdadeiro para o paralisado cerebral que usa sistemas de comunicação alternativa.

O estudo de Capovilla, Gonçalves et al. (1997) apresenta dados relevantes à presente discussão. Ele analisou a codificação de mensagens picto-ideográficas por uma paralisada cerebral (RT) de 13a6m de idade, não-vocal e não-alfabetizada, com nível de funcionamento de 5a de acordo com a Escala de Maturidade Mental Columbia. Nele, foi encontrado que a composição de sentenças sob estimulação auditiva foi mais fácil do que aquela sob estimulação visual, requerendo menos tempo e menor número de tentativas até a composição correta. Isto sugere que a codificação de mensagens por meio de um sistema picto-ideográfico eminentemente visual não foi visual-direta (i.e., evento-pictograma), mas envolveu a mediação por fala encoberta, ou seja, o pensar em palavras (i.e., evento-palavra-pictograma). Foi também encontrado um efeito de facilitação auditiva mais forte do que visual, o que sugere fortemente que o sistema encontrava-se indexado pela imagem acústica das palavras faladas correspondentes. Nesse estudo, tais dados foram interpretados como corroborativos da bibliografia que afirma que a informação lingüística passa a ser codificada fonologicamente na memória de trabalho a partir dos dez anos de idade (Halliday et al., 1990; Hitch et al., 1989).

À primeira vista, tais dados podem parecer discrepantes em relação aos obtidos no presente estudo. Afinal, ambos os paralisados cerebrais tinham acima de 13 anos de idade, eram não-vocais e não-alfabetizados, e usuários de sistemas pictoriais com voz digitalizada (se bem que AG estava num estágio de treino muito anterior ao de RT). Enquanto que em RT o processamento fonológico parecia razoavelmente estabelecido, já que seu sistema encontrava-se indexado auditivamente (conforme dados de facilitação), em AG ele parecia bastante deficitário (conforme dados indicativos de ausência de consolidação). Como a imagem acústica das palavras estava

envolvida na indexação dos picto-ideogramas, isto significa que tais imagens estavam no armazenador fonológico passivo (AFP). A questão é como se mantinham refrescadas. Sabe-se que o AFP retém a informação fonológica por apenas dois a quatro segundos. Como RT demorava em média um minuto para codificar mensagens de dois elementos (conforme a Figura 5 daquele estudo), não se pode atribuir a eficiência dessa codificação à memória sensorial.

À primeira vista, os dados poderiam sugerir que o circuito de reverberação fono-articulatória (CRFA) de RT estava operacional mas o de AG não o suficiente. No entanto, é preciso examinar mais atentamente os diferentes procedimentos e o modo como se dá o processamento de informação na memória de trabalho. Como vimos, fora a apresentação auditiva direta pelo experimentador, há duas maneiras da informação fonológica ser refrescada no AFP: ou via ensaio encoberto pelo CRFA ou via nomeação encoberta, i.e., recuperação (*retrieval*) a partir da memória de longo prazo (MLP). De acordo com a bibliografia (Eysenck & Keane, 1990), tal recuperação a partir da MLP é favorecida quando a informação foi codificada semanticamente (i.e., com um nível profundo de processamento). Isto ocorre no procedimento experimental quando os elementos da seqüência a ser codificada compõem um todo com sentido, i.e., uma mensagem (como no procedimento ao qual RT foi submetida), mas muito menos quando eles encontram-se dissociados entre si, sendo uma mera seqüência (como no procedimento ao qual AG foi submetido). Em conseqüência, o AFP de RT (que retinha a imagem acústica das palavras associadas aos pictogramas) poderia ter resgatado a informação fonológica da MLP mais provavelmente do que do CRFA. Já no procedimento com AG, dado o tamanho da seqüência (quatro e cinco elementos, contra dois elementos de RT) e a ausência de relação semântica entre os elementos da seqüência, o processamento profundo não era permitido, logo o recurso à MLP era menos eficiente para a tarefa em pauta (i.e., de codificar informação na memória de trabalho), sendo que AG era forçado a fazer uso do processamento superficial fonológico no CRFA. Enquanto a tarefa de codificação de mensagens de dois elementos por RT permitia processamento profundo, a tarefa de memorização auditiva de seqüências não-relacionadas de cinco elementos por AG demandava intensamente processamento superficial, fonológico.

Como corolário desse arrazoado, conclui-se que a indexação auditiva dos picto-ideogramas demonstrada por RT não implica necessariamente no envolvimento de ensaio encoberto (CRFA). Assim, resolve-se a aparente contradição entre os dois estudos. Por outro lado, não podemos excluir a possibilidade de que RT faça ensaio encoberto. Há a possibilidade de RT realmente fazer uso de ensaio encoberto com eficiência, e AG não. O fato do ensaio encoberto não ser necessário não impede seu envolvimento eventual. Para solucionar a questão do uso ou não de ensaio encoberto por RT, seria necessário que o procedimento realizado com AG fosse replicado com RT. Ou seja, seria necessário que RT fosse exposta não apenas a mensagens de dois elementos relacionados semanticamente compondo um todo com significado, mas também a seqüências de até cinco elementos não-relacionados semanticamente.

Agora que os presentes estudos ofereceram uma maneira prática de avaliar a consolidação de informação e a capacidade da memória de trabalho, e de determinar a sua natureza no paralisado cerebral, o próximo passo em estudos subsequentes é analisar as relações bidirecionais entre a capacidade da memória de trabalho e a habilidade de fazer uso funcional de sistemas de comunicação alternativa. Ou seja, como a habilidade de usar um sistema de comunicação aumenta em proporção direta à capacidade da memória de trabalho; e como o treino no uso de um sistema de comunicação, eventualmente levando à aprendizagem de leitura-escrita, pode resultar no aumento da capacidade da memória.

CAPOVILLA, F.C.; NUNES, L.R.O.P.; MACEDO, E.C.; NUNES, D.; ARAÚJO, I.; BERNAT, A.B.; DUDUCHI, M.; NOGUEIRA, D.; PASSOS, M.; MAGALHÃES, A.P.; MADEIRA, S. Information processing in working memory of cerebral-palsied: primacy and recency effects and the nature of consolidation. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, São Paulo, v.1, n.1, p.243-292, 1997.

**Abstract:** Two experiments assessed the degree of working memory development and the nature of the rehearsal underlying consolidation. An illiterate, non-vocal 15y3m old cerebral-palsied boy, who had used a *computerized alternative communication system* for two years, participated. Experiment 1 used a variation of the *free-recall procedure* in which after listening to each of several word-series, the subject selected from the system monitor, via touch-screen, the pictures corresponding to the names spoken by the examiner. A typical *serial-position curve* resulted, with *primacy* and *recency* effects. Primacy indicates consolidation that was based on some sort of rehearsal. Experiment 2 analyzed the nature of the rehearsal, whether overt or covert, and whether visual or subvocal. The procedure was replicated but the monitor was shaded in half of the trials. Shading suppressed primacy and highlighted recency whereas, in the absence of shading, primacy was as strong as recency. Thus, consolidation was an artifact of overt rehearsal based on visual search. The inability to perform covered rehearsal (both visuo-spatial and subvocal) is in accordance with the literature.

**Index terms:** Augmentative communication. Language disorders. Cognitive Processes. Memory. Cerebral palsy. Information.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION. Position statement on non-speech communication (*Ad Hoc* Committee on Communication Processes and Nonspeaking Persons). *ASHA*, v.23, p.577-81, 1981.
- ATKINSON, R.C.; SHIFFRIN, R.M. Human memory: a proposed system and its control processes. In: SPENCE, R.W., ed. *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory*. New York, NY, Academic Press, 1968. v.2, p.89-105.
- BADDELEY, A. Working memory. In: GAZZANIGA, M.S., ed. *The cognitive neurosciences*. Cambridge, MA, Bradford and MIT Press, 1995. p. 755-64.
- BADDELEY, A.D. Is working memory working? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v.44, p.1-31, 1992 a.
- BADDELEY, A.D. *Working memory*. Oxford, GB, Oxford University Press, 1986.
- BADDELEY, A.D. Working memory. *Science*, v.255, p.556-9, 1992 b.
- BADDELEY, A.D.; HITCH, G.J. Working memory. In: BOWER, G.H., ed. *The psychology of learning and motivation*. London, UK, Academic Press, 1974. v.8, p.120-60.
- BADDELEY, A.D.; LEWIS, V.J. Inner active processes in reading: The inner voice, the inner ear and the inner eye. In: LESGOLD, A.M.; PERFETTI, C.A. *Interactive processes in reading*. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 1981. p.85-114.
- BADDELEY, A.D.; LIEBERMAN, K. Spatial working memory. In: NICKERSON, R.S., ed. *Attention and performance*. Hillsdale, NJ, Erlbaum, 1980. v.8, p.521-39.
- BASSO, A.; SPINNLER, H.; VALLAR, G.; ZANNOBIO, E. Left hemisphere damage and selective impairment of auditory short-term memory: a case study. *Neuropsychologia*, v.20, n.3, p.263-74, 1982.
- BLISCHAK, D.M. Phonological awareness: Implications for individuals with little or no functional speech. *Augmentative and Alternative Communication*, v.10, n.4, p.245-54, 1994.
- BUB, D.; BLACK, S.; HOWELL, J.; KERTESZ, A. Speech output processes and reading. In: COLTHEART, M.; SARTORI, G.; JOB, R., eds. *The cognitive neuropsychology of language*. London,

- Lawrence Erlbaum, 1987. p.79-110.
- CAPOVILLA, F.C. Comunicação alternativa e facilitadora para as afasias: histórico de pesquisa e aplicação. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, v.1, n.1, p.25-76, 1997.
- CAPOVILLA, F.C. Sistemas de multimídia como próteses de pensamento e linguagem para a superação de deficiências sensoriais, motoras e de processamento cognitivo: o estado da arte no Brasil. In: BERTOLUCCI, P., ed. *Temas em neuropsicologia*. São Paulo, SP, Sociedade Brasileira de Neuropsicologia. (Série de Neuropsicologia, v.6). [No prelo]
- CAPOVILLA, F.C. Sistemas especialistas de multimídia em educação especial. In: NUNES, L.R.O.P., ed. *Prevenção e intervenção em educação especial*. Rio de Janeiro, RJ, Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Psicologia, 1996. p.124-50. (Coletâneas da ANPEPP, v.1, n.14).
- CAPOVILLA, A.G.S.; CAPOVILLA, F.C. Prova de consciência fonológica: desenvolvimento de dez habilidades da pré-escola à segunda série. *Temas sobre Desenvolvimento*. [No prelo]
- CAPOVILLA, F.C.; GONÇALVES, M.J.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M. Processos verbais de fala interna na codificação de mensagens picto-ideográficas por menina paralisada cerebral usando um sistema computadorizado de comunicação. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, v.1, n.1, p.137-94, 1997.
- CAPOVILLA, F.C.; GONÇALVES, M.J.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M.; CAPOVILLA, A.G.S. Evidence of verbal processes in message encoding by cerebral-palsied using a picto-ideographic AAC system. In: BIENNIAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR AUGMENTATIVE AND ALTERNATIVE COMMUNICATION, 7., Vancouver, Canada, 1996. *Proceedings*. Vancouver, Canada, 1996. p.148-9.
- CAPOVILLA, F.C.; MACEDO, E.C.; CAPOVILLA, A.G.S. O processamento de informação no araisado cerebral e o uso de sistemas de comunicação alternativa como próteses cognitivas. *Torre de Babel: Pesquisa e Reflexões em Psicologia*. [No prelo]
- CAPOVILLA, F.C.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M.; CAPOVILLA, A.G.S.; RAPHAEL, W.D.; GUEDES, M. UltraActive: Computerized multimedia expert AAC system. In: BIENNIAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR AUGMENTATIVE AND

- ALTERNATIVE COMMUNICATION, 7., Vancouver, Canada, 1996. *Proceedings*. Vancouver, Canada, 1996. p.467-8.
- CAPOVILLA, F.C.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M.; CAPOVILLA, A.G.S.; THIERS, V.O. Sistemas computadorizados para comunicação e aprendizagem pelo paralisado cerebral: sua engenharia e indicações clínicas. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, v.1, n.1, p.195-242, 1997.
- CAPOVILLA, F.C.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M.; GONÇALVES, M.J.; CAPOVILLA, A.G.S. Home use of a computerized pictographic-syllabic-vocalic AAC system in cerebral palsy: Preliminary data. In: BIENNIAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR AUGMENTATIVE AND ALTERNATIVE COMMUNICATION, 7., Vancouver, Canada, 1996. *Proceedings*. Vancouver, Canada, 1996. p.463-4.
- CAPOVILLA, F.C.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M.; SÓRIA, R.A.B. Análise computadorizada de leitura em voz alta via rotas fonológica e lexical. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, v.1, n.1, p.77-136, 1997.
- CAPOVILLA, F.C.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M.; THIERS, V.O.; CAPOVILLA, A.G.S.; GONÇALVES, M.J. Como selecionar o melhor sistema de comunicação para seu paciente com déficit de fala? *O Mundo da Saúde*, v.19, n.10, p.350-2, 1995.
- CAPOVILLA, F.C.; MACEDO, E.C.; RAPHAEL, W.D.; CAPOVILLA, A.G.S.; GONÇALVES, M.J.; DUDUCHI, M.; GUEDES, M. Multimedia expert systems for cognitive evaluation of AAC system users in special education. In: ECART EUROPEAN CONFERENCE ON THE ADVANCEMENT OF REHABILITATION TECHNOLOGY, 3., Lisbon, Portugal, 1995. *Annals*. Lisbon, Portugal, 1995. p.89-91.
- CAPOVILLA, F.C.; THIERS, V.O.; CAPOVILLA, A.G.S.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M.; GUEDES, M. Validação preliminar da adaptação computadorizada para paralisados cerebrais da Escala de Maturidade Mental Columbia. *Temas sobre Desenvolvimento*. [No prelo].
- CAPOVILLA, F.C.; THIERS, V.O.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M. Sistema de multimídia para ensino de símbolos Bliss a paralisado cerebral: explorando processos de aprendizagem direta e emergente I. *Ciência Cognitiva: Teoria, Pesquisa e Aplicação*, v.1,

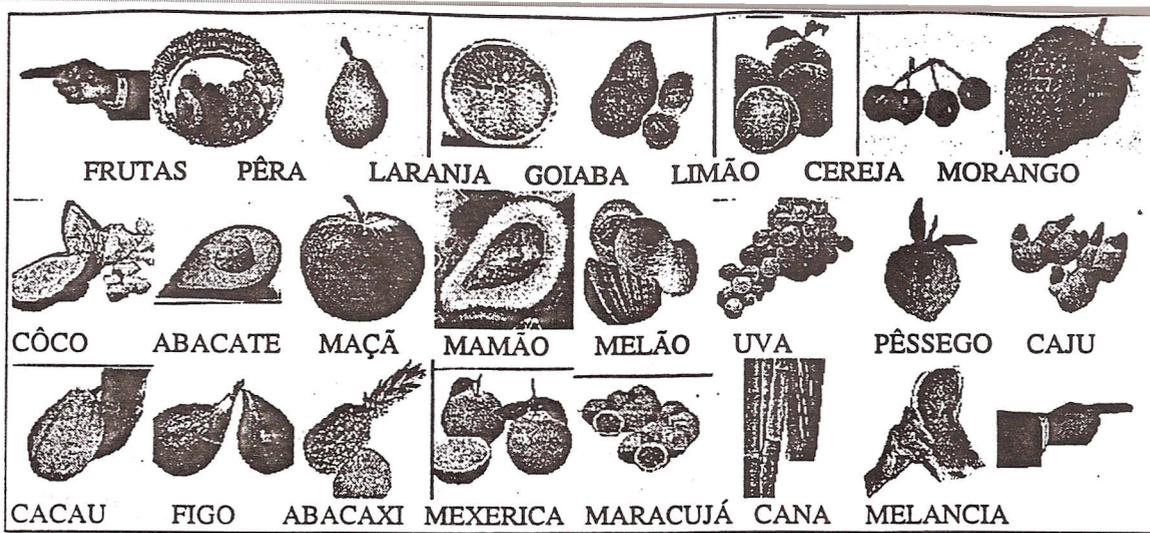
n.1, p.293-342, 1997.

- CAPOVILLA, F.C.; THIERS, V.O.; SEABRA, A.G. Por quê é tão difícil expandir pranchas Bliss de comunicação para deficientes da linguagem? Codificação proprioceptiva: aparência de competência na ignorância simbólica. In: REUNIÃO ANUAL DE PSICOLOGIA, 24., Ribeirão Preto, SP, 1994. *Resumos*. Ribeirão Preto, SP, Sociedade Brasileira de Psicologia, 1994. p.428.
- CARLSON, N.R. *Psychology: the science of behavior*. Boston, MA, Allyn & Bacon, 1987.
- CHOMSKY, N. *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, MA, MIT Press, 1965.
- COLLINS, A.M.; QUILLIAN, M.R. Does category size affect categorisation time? *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, v.9, p.432-8, 1970.
- COLLINS, A.M.; QUILLIAN, M.R. Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, v.8, p.240-8, 1969.
- ELLIS, A.W.; MILLER, D.; SIN, G. Wernicke's aphasia and normal language processing: A case study in cognitive neuropsychology. *Cognition*, v.15, n.1/3, p.111-44, 1983.
- EYSENCK, M.W.; KEANE, M.T. *Psicologia cognitiva: um manual introdutório*. Porto Alegre, RS, Artes Médicas, 1990.
- FARAH, M.J. Is visual memory really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychological Review*, v.95, p.307-17, 1988.
- FRITH, U. A developmental framework for developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, v.36, p.69-81, 1986.
- FRITH, U. Beneath the surface of developmental dyslexia. In: PATERSON, K.; MARSHALL, J.; COLTHEART, M., eds. *Surface dyslexia: neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. London, UK, Erlbaum, 1985.
- GOLDMAN-RAKIC, P.W. Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. *Annual Review of Neurosciences*, v.11, p.137-56, 1988.
- GONÇALVES, M.J.; MACEDO, E.C.; DUDUCHI, M.; CAPOVILLA, A.G.S. Computerized Pictogram Ideogram Communication system for cerebral-palsy: preliminary data. In: ECART EUROPEAN CONFERENCE ON THE ADVANCEMENT OF REHABILITATION

- TECHNOLOGY, 3., Lisbon, Portugal, 1995. *Annals*. Lisbon, Portugal, 1995. p.92-4.
- HALLIDAY, M.S.; HITCH, G.J.; LENNON, B.; PETTIPHER, C. Verbal short-term memory in children: The role of the articulatory loop. *European Journal of Cognitive Psychology*, v.2, n.1, p.23-38, 1990.
- HEHNER, B., ed. *Blissymbols for use*. 4.ed. Ontario, Canada, Blissymbolics Communications Institute, 1980.
- HITCH, G.J.; HALLIDAY, M.S.; DODD, A.; LITTER, J.E. Development of research in short-term memory: Differences between pictorial and spoken stimuli. *British Journal of Developmental Psychology*, v.7, n.4, p.347-62, 1989.
- JENKINS, R.; BOWEN, L. Facilitating development of preliterate children's phonological abilities. *Topics in Language Disorders*, v.14, n.2, p.26-39, 1994.
- JOHNSON, R. *The picture communication symbols, Book III*. Solana Beach, CA, Mayer-Jonson, 1992.
- JONIDES, J.; SMITH, E.E.; KOEPPE, R.A.; AWH, E.; MINOSHIMA, S.; MINTUN, M.A. Spatial working memory in humans as revealed by PET. *Nature*, 363, p.623-5, 1993.
- LEMLE, M. *Guia teórico do alfabetizador*. 6.ed. São Paulo, SP, Editora Ática, 1991.
- LEVINE, D.N.; CALVANO, R.; POPOVICS, A. Language in the absence of inner speech. *Word*, v.15, p.19-44, 1982.
- LIBERMAN, A.M. The specialization of the language hemisphere. In: SCHMITT, F.O.; WORDEN, F.G., eds. *The neurosciences: third study program*. Cambridge, MA, MIT Press, 1974.
- LINDSAY, P.H.; NORMAN, D.A. *Human information processing*. New York, NY, Academic Press, 1972.
- LURIA, A.R. *Traumatic aphasia: its syndromes, psychology, and treatment*. The Hague, Netherlands, Mouton, 1970.
- MAHARAJ, S. *Pictogram ideogram communication*. Regina, Canada, The George Reed Foundation for the Handicapped, 1980.
- MILLER, G.A. The magic number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, v.63, p.81-93, 1956.
- PAULESU, E.; FRITH, C.D.; FRACKOWIAK, R.S.J. The neural

- correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, v.362, p.342-45, 1993.
- RUNDUS, D.; ATKINSON, R.C. Rehearsal procedures in free recall: A procedure for direct observation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v.9, p.99-105, 1970.
- SCHWARTZ, M.F.; SAFFRAN, E.M.; MARIN, O.S.M. The word order problem in agrammatism. I. Comprehension. *Brain and Language*, v.10, p.249-62, 1980.
- SHALLICE, T.; BUTTERWORTH, B. Short term memory impairment and spontaneous speech. *Neuropsychologia*, v.15, n.6, p.729-35, 1977.
- SHALLICE, T.; WARRINGTON, E.K. The dissociation between long-term retention of meaningful sounds and verbal material. *Neuropsychologia*, v.12, n.4, p.553-5, 1974.
- SPERLING, G. e information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, v.74, p.1-29, 1960.
- SPERRY, R.W.; GAZZANIGA, M.S. Language following surgical disconnection of the hemispheres. In: DARLEY, F.L., ed. *Brain mechanisms underlying speech and language*. New York, NY, Grune & Stratton, 1967. p.108-21.
- THIERS, V.O.; CAPOVILLA, F.C. Alternative communication in cerebral palsy: evaluation of variables that control the search for Blissymbols on communication boards. In: BIENNIAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR AUGMENTATIVE AND ALTERNATIVE COMMUNICATION, 7., Vancouver, Canada, 1996. *Proceedings*. Vancouver, Canada, 1996. p.60-1.
- TREISMAN, A.M. Verbal cues, language, and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology*, v.77, p.206-19, 1964.
- TULVING, E. Introduction. In: CARAMAZZA, M.S., ed. *The cognitive neurosciences*. Cambridge, MA, Bradford and MIT Press, 1995. p.751-4.
- VON TETZCHNER, S.; JENSEN, M.H. Augmentative and alternative communication: European perspectives. London, UK, Whurr, 1996.
- WEBSTER, P.; PLANTE, A. Effects of phonological impairment on word, syllable and phoneme segmentation and reading. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, v.23, p.176-182, 1992.

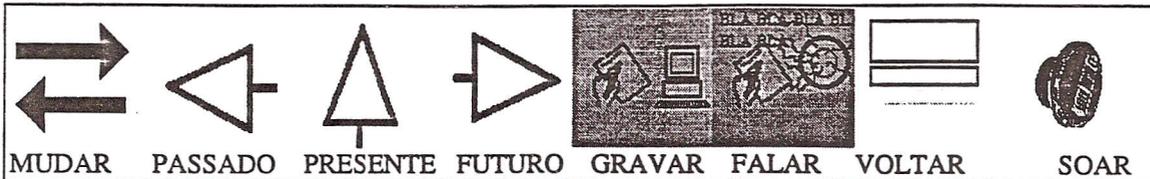




FRUTAS PÊRA LARANJA GOIABA LIMÃO CEREJA MORANGO

CÔCO ABACATE MAÇÃ MAMÃO MELÃO UVA PÊSSEGO CAJU

CACAU FIGO ABACAXI MEXERICA MARACUJÁ CANA MELANCIA

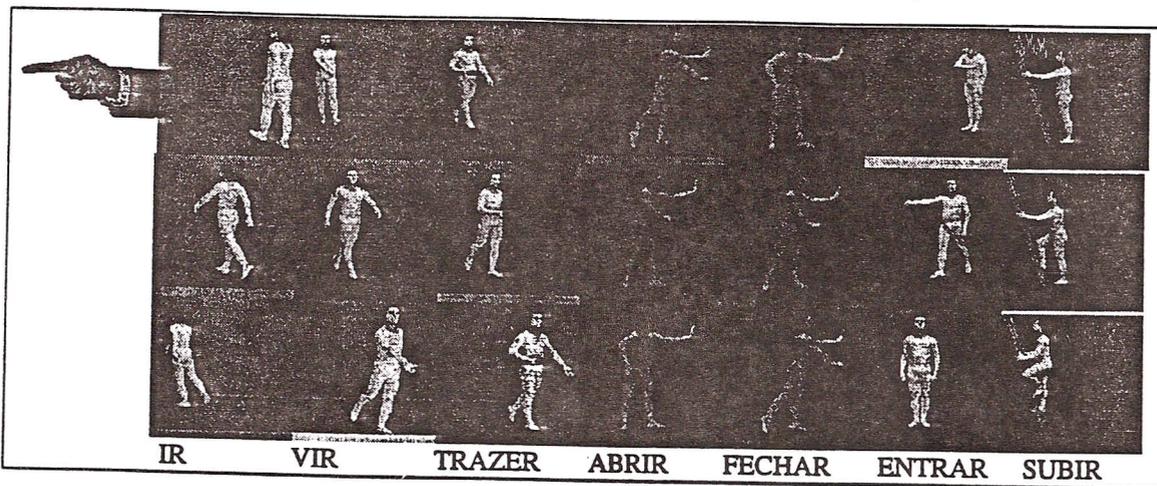


MUDAR PASSADO PRESENTE FUTURO GRAVAR FALAR VOLTAR SOAR

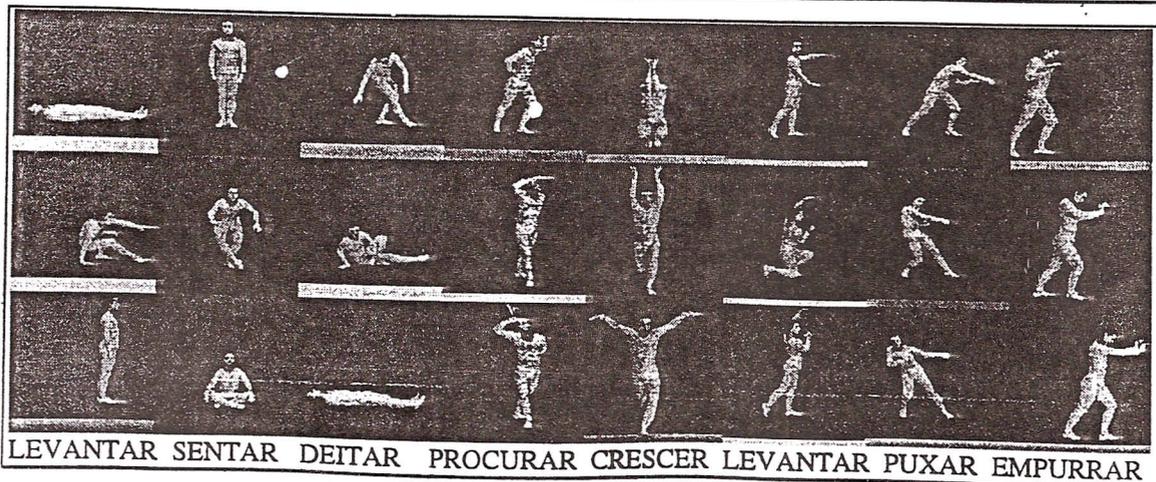


BEBÊ CHORAR PRESENTE DOR BARRIGA VOVÓ TRAZER FUTURO REMÉDIO

*Processamento de informação na memória de trabalho do paralisado cerebral*



IR VIR TRAZER ABRIR FECHAR ENTRAR SUBIR



LEVANTAR SENTAR DEITAR PROCURAR CRESCER LEVANTAR PUXAR EMPURRAR