

analisando a consolidação da informação no paralisado cerebral: processos visuais versus fono-articulatórios

fernando cesar capovilla*, leila regina d'oliveira de paula nunes**, débora nunes***,
ivânia araujo***, daniel nogueira***, ana beatriz bernat***, teresinha valério***,
mirna passos***, ana paula magalhães***, soraya madeira***, kelly p. de paula***,
elizeu macedo****, marcelo duduchi*****

* PhD, Professor do Instituto de Psicologia da USP, Pesquisador Visitante do Mestrado em Educação da UERJ -

** Pd, Professora do Mestrado em Educação da UERJ - **** Pesquisadores do Mestrado em Educação da UERJ -

***** Pesquisadores do Instituto de Psicologia da USP

De acordo com o modelo de memória de Baddeley e Hitch (1974), a memória de trabalho (MT) é constituída de três componentes: um *executivo central* e dois auxiliares, uma *tábua de desenho visuo-espacial (TDVE)* e um *circuito de reverberação fono-articulatória (CFRA)*. O CRFA é muito importante para permitir processar informação verbal apresentada auditivamente na MT, permitindo que tal informação sobreviva para além dos dois segundos de duração da *memória sensorial ecóica* (Treisman, 1964) e seja *consolidada*, isto é, passe para a memória de longo prazo (Carlson, 1987). O papel do CRFA para a eficiência de processamento na MT é indicado em casos em que ele se encontra temporariamente desabilitado por tarefa concorrente de *supressão articulatória* (Baddeley e Lewis, 1981), ou insuficientemente desenvolvido, como em não-alfabetizados (Halliday e colaboradores, 1990; Hitch e colaboradores, 1989), ou comprometido, como em certos cérebro-lesados. Exemplos de casos de déficits de MT em cérebro-lesados, devidos a dano no CRFA, são encontrados no afásico de condução KF (Shallice e Warrington, 1974) e nos pacientes JB (Shallice e Butterworth, 1977) e PV (Basso, e colaboradores, 1982), todos com déficit em parte do CRFA, o *armazenador fonológico* (Baddeley, 1986).

Em estudos de memória empregando o paradigma da recordação livre de itens previamente ouvidos, o bom funcionamento do CRFA pode ser demonstrado pelo *efeito de primazia* (EP) em curvas de posição serial: numa tarefa de MT auditiva, ao começar a ouvir uma série de itens apresentados 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 dispendido na reverberação da série toda não ultrapassar o intervalo disponível entre a apresentação de um item e a do seguinte (Rundus e Atkinson, 1970). Numa tal tarefa, EP não deve ser observado se o CRFA estiver desabilitado como na *supressão articulatória*, danificado como no cérebro-lesado, ou insuficientemente desenvolvido como no analfabeto.

No primeiro estudo acerca da MT em paralisia cerebral foram descritos os resultados obtidos com um PC de 15 anos de idade, não-vocal e não-alfabetizado, que havia sido exposto durante dois anos, em sessões de 60 minutos, três a cinco vezes por semana, ao sistema de multimídia para comunicação alternativa *ImagoVox* (Capovilla e colaboradores, 1996), num programa sistemático de uso de sistema de comunicação alternativa (SCA) computadorizado no Mestrado em Educação da

UERJ. Naquele estudo, o próprio SCA foi empregado como instrumento para a análise da MT. Como o rapaz 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 falar de volta as palavras que havia ouvido, ele deveria 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 EP e ER. O próximo passo era fazer uma análise experimental da natureza do EP de modo a descobrir os mecanismos subjacentes à consolidação de informação pelo PC. A interpretação tradicional é de que ER se deve ao processo de *deslocamento* decorrente da limitação da capacidade da MT a 7 ± 2 itens, bem como à natureza evanescente da informação armazenada; enquanto que EP se deve ao *ensaio encoberto*, baseado no CRFA.

Naquele estudo, ER era esperado devido à natureza da MT. Já EP não, uma vez 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 *fono-articulatória*. Já que o ensaio fono-articulatório não seria esperado, que outro tipo de ensaio poderia estar sendo executado para resultar em EP? Seria possível que ele estivesse buscando visualmente as figuras e memorizando suas posições à medida que ouvia seus nomes? Tal ensaio, em vez de fono-articulatório (baseado no CRFA), seria visuo-espacial (baseado na TDVE). 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 TDVE (ou em sua prótese, a tela do SCA no computador) à medida em que ouvia seus nomes, tentando memorizar suas posições.

Se este fosse o caso, então o uso de um anteparo (Ant) impedindo tal busca visual aberta deveria eliminar EP. Portanto, se tal arrazoado fosse procedente, seria esperado EP na ausência de Ant, mas não em sua presença. Um achado desta natureza seria demonstrativo de que o sujeito tem dificuldades em fazer ensaio encoberto, quer baseado no CRFA quer na TDVE, e que faz uso do SCA como prótese da TDVE. Isto estaria em conformidade com a bibliografia sobre memória. Ao interromper a alocação dos recursos centrais de atenção e memória à busca visual, o Ant poderia exigir a concentração no sistema auditivo, eventualmente acentuando ER, o que poderia constituir um primeiro passo para o exercício do ensaio encoberto.

O presente Experimento 2 foi elaborado com o objetivo de testar a hipótese de que o EP observado no Experimento 1 não constituiu fruto de ensaio subvocal fono-articulatório, mas sim um artefato de ensaio aberto baseado na busca visual dos itens e memorização de suas posições. Para tanto, o desempenho foi comparado sob duas condições: com e sem Ant.

método

1) Participante: O mesmo rapaz do Experimento 1 (ver artigo anterior) participou no presente Experimento 2.

2) Aparato: Foi empregado o mesmo aparato: um microcomputador 486 equipado com *kit multimídia* 4x e tela sensível ao toque. O microcomputador executava o SCA *ImagoVox*.

3) Procedimento: O experimento foi conduzido em 20 sessões, com duas sessões diárias de 60 minutos cada uma. A cada sessão eram apresentadas ao rapaz 24 séries de palavras que designavam as figuras do sistema. Foram requeridas séries de 1 a 5 itens, sendo que em metade delas, durante a audição das séries, o rapaz tinha sua visão da tela bloqueada por um Ant, e na outra metade não.

resultados

ANÁLISE 1: PROPORÇÃO DE ACERTO (PA) COMO FUNÇÃO DO TAMANHO DA SÉRIE, DO ANT E DA CATEGORIA GRAMATICAL DO ITEM SOLICITADO, CONSIDERANDO TODAS AS SÉRIES DE 1 A 5 ITENS

ANCOVA da PA (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 Ant (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 ($F_{(4,588)}=8,18; p=0,000$) e da categoria gramatical ($F_{(2,588)}=22,96; p=0,000$), mas não de qualquer interação ou covariante. Em termos de tamanho da série, comparação entre pares via Bonferroni ($\alpha=0,05$) revelou que a PA 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 Fisher LSD ($\alpha=0,05$) revelou que a PA 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 PA em S foi maior que em V e M. A Figura 1 representa a PA em função do tamanho da série e da categoria gramatical do item.

A análise de regressão da PA em função da iconicidade da categoria semântica do item (avaliada no Experimento 1) revelou efeito da iconicidade ($F_{(1,588)}=11,8; p=0,001$). Do mesmo modo, a análise de regressão da PA em função do tamanho da série revelou efeito dessa variável ($F_{(4,588)}=28,5; p=0,000$).

a) Discussão e conclusões: Em séries a partir de 2 itens, quanto maior o tamanho da série tanto menor a PA. Esta PA 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 Ant tenha tornado a tarefa mais difícil. É possível que as diferenças entre desempenho com e sem Ant só

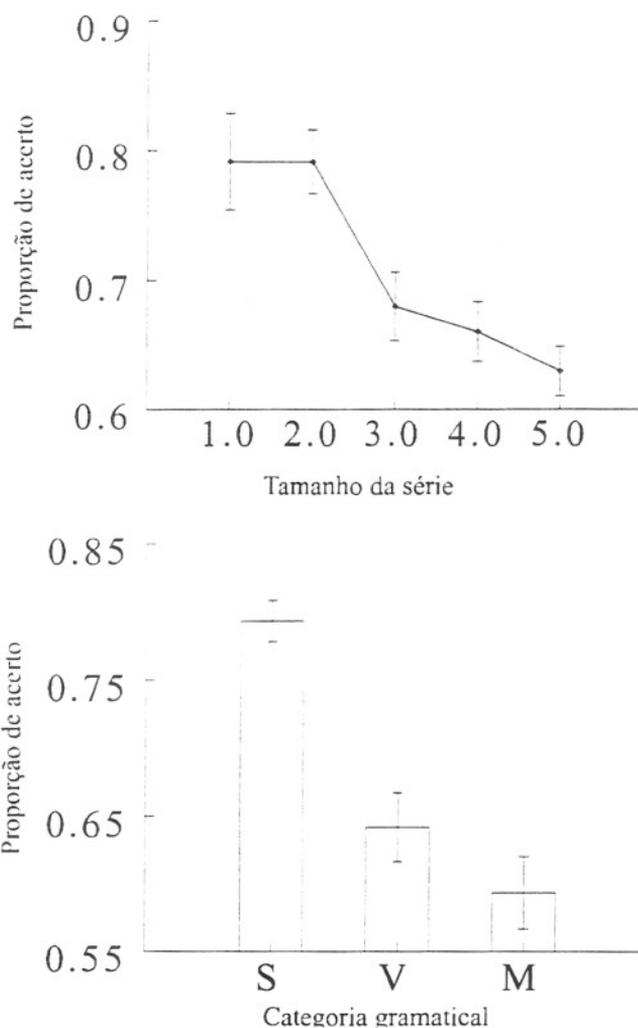


FIGURA 1 - PROPORÇÃO DE ACERTO EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA SÉRIE (1 A 5 ITENS) E DA CATEGORIA GRAMATICAL DO ITEM (S, V, M)

se manifestem em séries com 4 e 5 itens, em que a capacidade da MT 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: PA EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO DO ITEM NA SÉRIE, DO ANT E DA CATEGORIA GRAMATICAL SOLICITADA

a) Considerando os dados de séries de 4 itens: ANCOVA da PA (0-1) como função da posição (1-4)

nas séries, do Ant (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. A Figura 2 representa a PA como função da posição do item na série (à esquerda), da ausência (s) ou presença (c) de Ant (ao centro) e da categoria gramatical (à direita).

Em termos de posição na série, comparações entre pares via Bonferroni e Fisher LSD ($\alpha=0,05$) revelaram que a PA 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 PA 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 PA em S foi maior que em V, e em V maior que em M.

b) Discussão e conclusões: Os dados acima, obtidos com séries de 4 itens, revelaram um claro ER: quanto maior a posição do item na série, tanto maior a PA. Os dados também revelaram o claro efeito do Ant em reduzir a PA. Finalmente, replicaram também os achados anteriores relativos à categoria gramatical: a PA foi maior em S que V, e em V que M. Quando se considera o efeito da posição na série sobre a PA, chama a atenção a diferença entre as curvas obtidas neste estudo e no anterior. Naquele a PA 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 EP. Já no presente estudo, a PA 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 Ant, enquanto a segunda foi obtida metade com e metade sem Ant. Será que a supressão do EP, produzida pelo Ant em metade dos casos na posição 1, poderia ter rebaixado de modo geral a PA em itens naquela posição a ponto de ter causado as

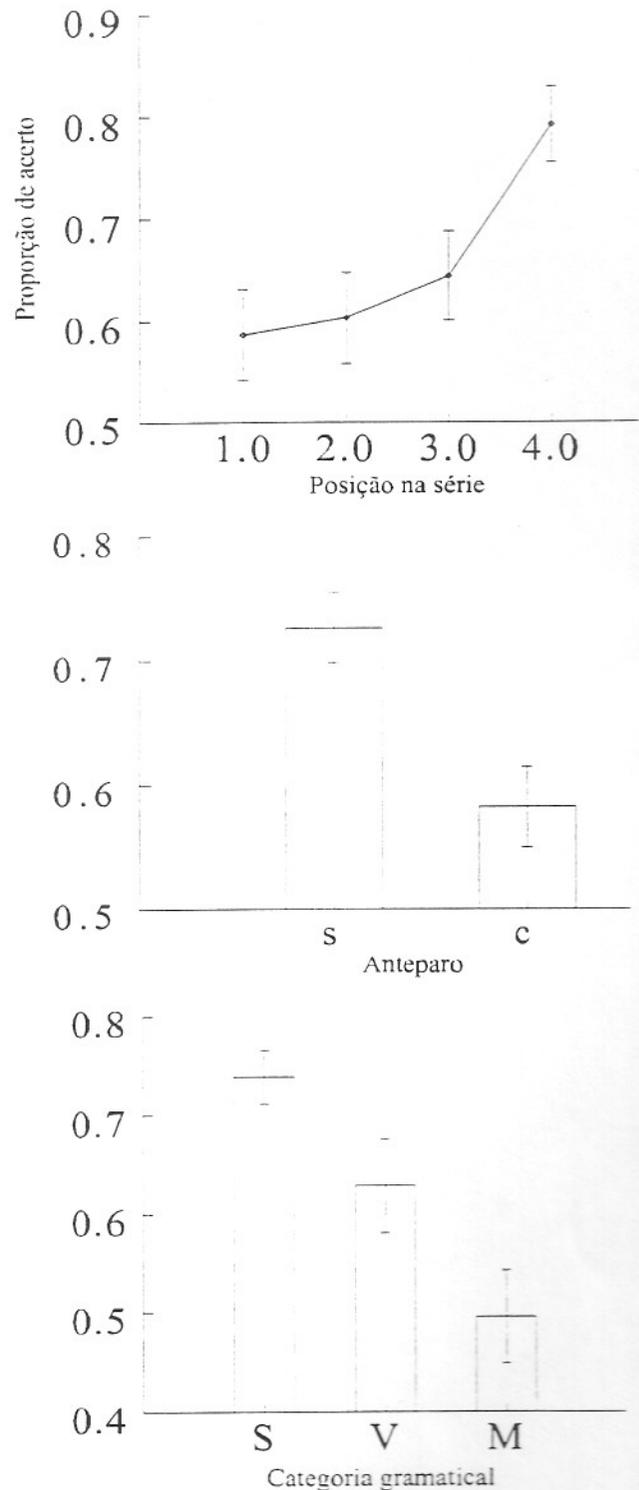


FIGURA 2 - PROPORÇÃO DE ACERTO COMO FUNÇÃO DA POSIÇÃO DO ITEM (À ESQUERDA), DA AUSÊNCIA (S) OU PRESENÇA (C) DE ANTEPARO (AO CENTRO) E DA CATEGORIA GRAMATICAL DO ITEM (À DIREITA).

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 (ou seja, naquelas de 4 itens). Se a hipótese de supressão de EP pelo Ant estiver correta, é possível que nas séries de 5 itens os efeitos sejam visíveis a ponto de manifestar-se na interação entre Ant e posição na série.

c) Considerando os dados de séries de 5 itens:

ANCOVA da PA (0-1) como função da posição do item (1-5) nas séries, do Ant (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 Ant ($F_{[4,552]}=2,57; p=0,037$), mas não de outras variáveis, interações ou covariantes. A Figura 3 representa a PA em função da posição na série (à esquerda) e da categoria gramatical (à direita).

Em termos de efeito da posição do item na série, comparação entre pares via Bonferroni ($\alpha=0,05$) revelou que a PA dos itens na posição 5 foi superior à daqueles na posição 2. Comparação de pares via Fisher LSD ($\alpha=0,05$) revelou que a PA 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 PA de itens S foi superior àquela de itens V e M.

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

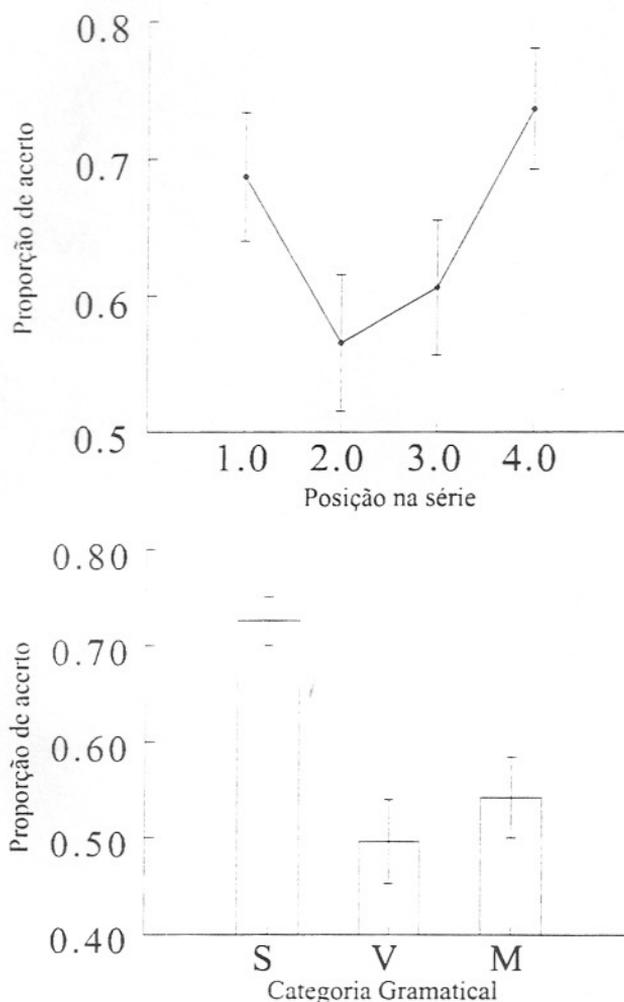


FIGURA 3 - PROPORÇÃO DE ACERTO COMO FUNÇÃO DA POSIÇÃO DO ITEM (À ESQUERDA) E DA CATEGORIA GRAMATICAL DO ITEM (À DIREITA)

d) Discussão: No Experimento 2, o procedimento adotado no Experimento 1 foi replicado duas vezes com centenas de séries de 4 itens na Análise 1 e de 5 itens na Análise 2, sendo metade com e metade sem Ant. Nas séries de 5 itens da Análise 2, os resultados mostraram interação entre posição do item na série e presença-ausência de Ant: Na ausência de Ant, EP foi tão forte quanto ER; mas na presença, EP foi completamente suprimido, enquanto ER, elevado. A conclusão é que ao impedir a estratégia de ensaio aberto baseado na busca visual e memorização de posição, o Ant impediu a

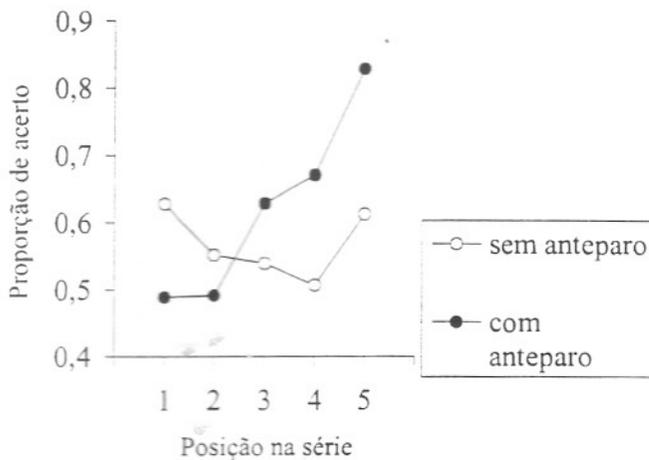


FIGURA 4 - PROPORÇÃO DE ACERTO COMO FUNÇÃO DA INTERAÇÃO ENTRE A POSIÇÃO DO ITEM NA SÉRIE E A PRESENÇA OU NÃO DE ANTEPARO

alocação dos recursos do executivo central (atenção) no ensaio aberto de busca visual forçando sua concentração no encoberto e a atenção auditiva. A redução da interferência visual resultou no aumento de ER. Os resultados da Análise 2, especificamente a supressão de EP produzida pelo Ant, ajudam a explicar os resultados da Análise 1, isto é, as diferenças obtidas nas curvas de 4 itens nos Experimentos 1 e 2. Os resultados da Análise 2 indicam que a ausência de EP verificada na Análise 1 do Experimento 2 foi devida ao uso do Ant em metade das séries daquela análise. No Experimento 1, os dados foram obtidos sem Ant, havia possibilidade de ensaio aberto baseado em busca visual e memorização de posição. Já no Experimento 2, como metade das séries foram feitas com Ant, isto foi suficiente para reduzir como um todo EP. No entanto, como a série era relativamente curta, não houve interação entre posição do item na série e Ant.

apreciação geral

O Experimento 1 mostrou como empregar um SCA como um *sistema AfeCenEfe* (Capovilla, no prelo) para medir a capacidade da MT de um PC não-vocal. Ao replicar EP e ER de curvas de posição serial típicas, ele validou o procedimento enquanto teste

de MT. Numa análise experimental do processamento de informação envolvido no EP, o Experimento 2 demonstrou a natureza visuo-espacial do ensaio aberto feito pelo PC não-alfabetizado nesse tipo de tarefa. Os dois experimentos têm relevância direta ao modelo de três componentes da MT (Baddeley e Hitch, 1974): o *executivo central*, o *CRFA* e a *TDVE*. Experimentos baseados nesse modelo demonstraram que em tarefas de MT, enquanto a criança alfabetizada emprega primordialmente o *CRFA*, a não-alfabetizada emprega a não tão eficiente *TDVE* (Hitch e colaboradores, 1989; Halliday e colaboradores, 1990). Assim, os dados dos dois experimentos estendem para a criança PC não-alfabetizada a evidência relatada na bibliografia acerca de crianças pré-alfabetizadas em geral.

Igualmente importante nesses estudos é a constatação de que o rapaz não ficava passivo diante de seu déficit de MT, 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 *CRFA* pouco desenvolvido, seu executivo central procurava fazer ensaio aberto com base na *TDVE*, buscando os itens à medida em que ouvia seus nomes, e procurando memorizar suas posições relativas. Em outras palavras, o rapaz fazia uso de seu SCA como *sistema AfeCenEfe*, ou seja, como uma *prótese cognitiva*, para a compensação de sua deficiência de MT relacionada ao estágio incipiente de desenvolvimento de seu *CRFA*. O presente estudo dá suporte ao conceito de *AfeCenEfe* como próteses de linguagem e pensamento (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. Se assim for, em termos de MT, a parte simulada do sistema interno que é assistida pela prótese foi a *TDVE*. Nos procedimentos tradicionais com não-paralisados, EP e ER são demonstrados com séries longas de cerca de 15 itens. Apesar da

relativamente grande complexidade da tarefa modificada para o PC, o fato de que EP e ER tenham sido demonstrados com séries curtas de apenas 4 e 5 itens, por si só, revela a relativamente limitada capacidade de MT do PC não-alfabetizado. Conforme a bibliografia, em tarefas envolvendo comunicação, o CRFA é mais eficiente que a TDVE, e assim, pode-se esperar que um fortalecimento desse CRFA resulte num aumento da eficiência da MT. Ao demonstrar a presença de processos fonarticulatórios subjacentes à comunicação via SCAs com voz digitalizada, o estudo de Capovilla e colaboradores (1996) indica que isto também é verdadeiro para o PC que usa SCA.

Agora que os presentes estudos ofereceram uma maneira prática de avaliar a capacidade da MT e de determinar a sua natureza no PC, o próximo passo em estudos subseqüentes será analisar as relações bidirecionais entre a capacidade da MT e a habilidade de fazer uso funcional de SCAs. Ou seja, como a habilidade de usar um SCA aumenta em proporção direta à capacidade da MT; e como o treino no uso de um SCA, eventualmente levando à aprendizagem de leitura-escrita, pode resultar no aumento da capacidade da memória.

referências bibliográficas

1. Baddeley, A.D.; Hitch, G.J. - Working memory. In: Bower, G.H. - *The psychology of learning and motivation*, v.8, p.120-60, 1974.
2. 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, Lawrence Erlbaum, 1981. p.85-114.
3. Baddeley, A.D. - *Working memory*. Oxford, Oxford University Press, 1986.
4. 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, p.263-74, 1982.
5. 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.
6. Capovilla, F.C. - Sistemas de multimídia como próteses de pensamento e linguagem para a superação de deficiências sensoriais, motoras e de processamento cognitivo. In: Bertolucci, P. - *Temas em neuropsicologia*. Série de Neuropsicologia, Sociedade Brasileira de Neuropsicologia, no prelo.
7. Capovilla, F.C.; Macedo, E.C.; Duduchi, M.; Capovilla, A.G.S.; Raphael, W.D.; Guedes, M. - UltraActive: Computerized multimedia expert AAC system. *Proceedings of the VII Biennial Conference of the International Society for Augmentative and Alternative Communication*. Vancouver, Canada, 1996. p.467-8.
8. 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. *Proceedings of the VII Biennial Conference of the International Society for Augmentative and Alternative Communication*. Vancouver, Canada, 1996. p.463-4.
9. Carlson, N.R. - *Psychology: the science of behavior*. Boston, Allyn & Bacon, 1987.
10. Halliday, M.S.; Hitch, G.J.; Lennon, B.; Pettipher, C. - Verbal short-term memory in children. The role of the articulatory loop. *Eur. J. Cog. Psychol.*, v.2, p.23-38, 1990.
11. Hitch, G.J.; Halliday, M.S.; Dodd, A.; Litter, J.E. - Development of research in short-term memory: Differences between pictorial and spoken stimuli. *Br. J. Dev. Psychol.*, v.7, p.347-62, 1989.
12. 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.
13. Shallice, T.; Butterworth, B. - Short term memory impairment and spontaneous speech. *Neuropsychologia*, v.15, p.729-35, 1977.
14. Shallice, T.; Warrington, E.K. - The dissociation between long-term retention of meaningful sounds and verbal material. *Neuropsychologia*, v.12, p.553-55, 1974.
15. Treisman, A.M. - Verbal cues, language, and meaning in selective attention. *Am. J. Psychol.*, v.77, p.206-19, 1964.