

Interação entre sistemas e processos de memória em humanos¹

Maria Cristina Magila
Universidade de São Paulo

Gilberto Fernando Xavier
Universidade Federal de São Paulo

Resumo

A idéia de que a memória não é uma entidade unitária, mas que se compõe de múltiplos sistemas independentes, porém interativos, parece atualmente consensual. Na primeira parte do presente trabalho são revistas evidências da literatura a favor da distinção entre os sistemas de memória de curta duração e de longa duração, por um lado, e a subdivisão adicional entre os sistemas de memória de longa duração, por outro. A evolução do conceito de memória de curta duração, que resultou na idéia de memória operacional, por sua vez também composta de múltiplos sistemas, é discutida, bem como o papel dos níveis de processamento no funcionamento mnêmico. Na segunda parte, são apresentados os principais modelos de organização dos sistemas de memória humana.

Palavras-chave: memória, habilidades, hábitos, neuropsicologia.

Interaction between memory systems and memory processes in humans

Abstract

It seems a consensus nowadays that memory is not a single entity but comprehends multiple independent but interactive brain systems. The first part of this work has examined evidence, favoring the distinction between short-term and long-term memory systems, on one hand, and further subdivisions of the last, on the other. The elaboration of the concept of short-term memory, which led to the idea of working memory, composed itself of multiple systems, has also been discussed, as well as the role of levels of mnemonic processing. The second part has presented the major theories concerning the organization of human memory.

Key words: memory; skills; habits; neuropsychology.

Memória pode ser definida como "a capacidade de alterar o comportamento em função de experiências anteriores" (Xavier, 1993, p. 62). A noção de que a memória é constituída por sistemas de curta e de longa duração, cada qual com subdivisões adicionais, é amplamente apoiada por diferentes fontes de evidências envolvendo sujeitos normais e pacientes amnésicos. Diversas propostas de classificação desses sistemas são conhecidas; porém,

sua quase totalidade é de caráter exclusivamente taxonômico. O modo pelo qual as informações transitam entre os sistemas tem sido sistematicamente negligenciado, ainda que esta análise pareça extremamente relevante. Assim, um dos avanços possíveis e desejáveis na compreensão dos fenômenos mnêmicos seria investigar os limites e as inter-relações entre os seus sistemas e processos, conforme apontado por Xavier.

1. Parte da Dissertação de Mestrado apresentada ao Núcleo de Neurociências e Comportamento do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

Endereço para correspondência: Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP/EPM, Departamento de Psicobiologia, Edifício de Ciências Biomédicas. Rua Botucatu, 862, 1º andar. - CEP 04023-062. São Paulo - SP. Fone (11) 274-3685 / (11) 9904-4731. e-mail: mcmagila@medscape.com

Apoio financeiro CNPq e AFIP.

Pacientes amnésicos, em decorrência de lesões em regiões circunscritas do sistema nervoso, muitas vezes, exibem determinadas capacidades de memória preservadas (Squire, 1982a). Admite-se, nesses casos, que a amnésia revele uma divisão natural entre os sistemas de memória que funcionam concomitante e adequadamente em sujeitos normais, mas que são diferencialmente afetados na doença. Estas dissociações vêm permitindo: (1) inferir sobre a organização da memória normal (Cohen, 1984; Cohen e Eichenbaum, 1994; Squire, 1982a) e (2) identificar os diferentes sistemas de memória.

Sistemas e processos de memória

Tulving (citado por Schacter e Tulving, 1994) preconiza que múltiplos sistemas de memória implicam em: (1) diferentes funções cognitivas e comportamentais, e diferentes tipos de informações e conhecimentos por eles processados; (2) diferentes leis e princípios regendo suas operações; (3) diferentes estruturas e mecanismos neurais; (4) diferenças na aparição onto e filogenética; e (5) diferenças no formato das informações representadas. Processos de memória, por outro lado, referem-se às operações específicas subjacentes ao desempenho mnêmico (Schacter e Tulving, 1994).

Embora seja difícil precisar o início dos debates sobre a existência de múltiplos sistemas de memória humana, foi a partir da década de 50 que essa idéia passou a ser defendida mais enfaticamente. Scoville e Milner (1957), por exemplo, descreveram o famoso paciente HM, amnésico em decorrência de uma neurocirurgia para controle de crises epiléticas na qual foram retirados, bilateralmente, dois terços anteriores do hipocampo, giro parahipocampal, córtex entorrinal e amígdala. Os autores relataram uma densa amnésia anterógrada e uma amnésia retrógrada temporalmente graduada; porém, suas funções intelectuais e linguísticas estavam preservadas, assim como sua memória imediata. Além disso, o paciente era incapaz de adquirir novos conhecimentos relativos a acontecimentos posteriores a cirurgia, mas conservava lembranças remotas de sua infância e de fatos ocorridos até dois anos antes da operação. O mesmo HM foi objeto de

estudos subseqüentes nos quais se verificou a preservação seletiva de certas modalidades de aprendizagem frente a seu quadro geral de amnésia: através da prática, ele podia aprimorar habilidades motoras, tais como desenhar em espelho, sem que, no entanto, tivesse a recordação dos episódios específicos de treino nem se soubesse possuidor da capacidade (Milner, citada por Squire, 1992).

Este tipo de constatação empírica, entre outros, inaugurou o desenvolvimento conceitual sobre as dissociações entre a memória de curta duração e a de longa duração, por um lado e sobre as dissociações entre os sistemas particulares da memória de longa duração, por outro.

Memória de curta duração

O modelo modal de Atkinson e Shiffrin (1971) propõe a existência de um registro sensorial, que consistiria no primeiro estágio da percepção da informação, e uma estocagem de curta duração, cuja função seria manter a informação disponível por tempo limitado. Por fim, uma estocagem de longa duração, alimentada pelos conteúdos transferidos pela instância anterior. De acordo com este modelo, a manutenção das informações na memória de curta duração, bem como sua estocagem na de longa duração, são possíveis graças aos processos de controle tais como o ensaio verbal e as estratégias de codificação. A transferência de conteúdos entre os sistemas não é entendida, portanto, como uma operação passiva, mas sim determinada pelas atitudes intencionais do indivíduo.

Três tipos de evidência favorecem a hipótese de que as memórias de curta e de longa duração sejam sistemas independentes:

Estudos neuropsicológicos – Os pacientes amnésicos possuem memória de curta duração, mensurada através da extensão (*span*) de dígitos, normal (Baddeley e Warrington, 1970; Warrington, 1971). A exemplo do que acontecia com o paciente HM, são capazes de reter dados por um curto período de tempo e, desde que a quantidade de informações não exceda a capacidade desse sistema (Miller, 1956) e nem sua atenção seja desviada, conseguem ensaiar o material e mantê-lo acessível por alguns minutos

(Scoville e Milner, 1957). Entretanto, após um intervalo de tempo são incapazes de recuperar as informações que lembraram com facilidade logo depois da apresentação.

Inversamente, os pacientes com lesões parieto-temporais inferiores ou perisilvianas no hemisfério esquerdo podem formar memórias verbais duradouras, não obstante tenham intenso prejuízo de memória auditiva verbal imediata (Basso, Spinnler, Vallar e Zanolio, 1982; Shallice e Warrington, 1970; Vallar e Baddeley, 1984; Warrington e Shallice, 1969). Note-se que este padrão de desempenho é exatamente o oposto do que ocorre na amnésia clássica, revelando uma dupla dissociação.

Dissociações simples, ou seja, a observação de que um dado paciente tem níveis de desempenho desiguais em tarefas quaisquer "1" e "2", não permitem a inferência de que as duas se refiram a sistemas de processamento distintos – as tarefas podem ser discrepantes apenas quanto ao nível de dificuldade. Entretanto, a situação de dupla dissociação, quando um paciente "A" desempenha uma tarefa "1" significativamente melhor que um paciente "B", enquanto que o quadro oposto ocorre em relação a uma tarefa "2", favorece, definitivamente, a hipótese da independência entre as funções (Shallice, 1988). Este tipo de constatação é crucial para a elaboração de inferências funcionais em neuropsicologia e parece ser o argumento mais contundente na defesa da existência de múltiplos sistemas de memória.

Curva de posição serial – Certas tarefas de memória também revelam a existência paralela de dois sistemas, um mais lábil, de capacidade e duração limitadas e outro mais resistente, estável e de capacidade ampla (Peterson e Peterson, 1959). Em provas de evocação livre de listas de palavras, por exemplo, os últimos e os primeiros itens são usualmente melhor evocados que os intermediários, imediatamente após a apresentação (efeito de recência e de primazia, respectivamente), resultando em uma curva de posição serial característica em forma de "U". Todavia, quando a resposta é postergada por alguns segundos, o efeito de recência desaparece, permanecendo inalterado o desempenho relativo ao restante da lista (Glanzer e Cunitz, 1966).

Entende-se que na evocação livre apenas as últimas palavras estejam sob estocagem de curta

duração, portanto, mais susceptíveis a interferências e que as porções iniciais da lista não sofram alteração por sua subordinação à estocagem de longa duração, menos vulnerável (Craik, 1970, 1971).

Natureza da codificação mnêmica – A retenção ordenada na memória de curta duração é mais difícil para as letras e as palavras de sonoridade semelhante que para material fonologicamente dessemelhante. Já em relação à retenção de longa duração, este efeito desaparece, mas palavras semanticamente relacionadas são pior evocadas que aquelas semanticamente distintas, fato não observado na lembrança imediata. Assim, o sistema de curta duração parece operar em termos fonológicos ou acústicos, distinguindo-se do sistema de longa duração que opera em bases semânticas (Baddeley, 1992a; Conrad, 1964).

Dadas essas evidências, parece incontestável que a memória de curta duração e a memória de longa duração sejam independentes. No entanto, embora bastante difundido, ao assumir que o estabelecimento de lembranças duradouras depende necessariamente da mediação da estocagem imediata, o modelo modal não explica como os pacientes com lesões no hemisfério esquerdo podem formar recordações permanentes não obstante tenham intenso prejuízo de memória de curta duração (Basso e cols., 1982; Warrington e Shallice, 1969).

Memória operacional ("working memory", em inglês)

Como alternativa ao modelo modal, Baddeley e Hitch (citados por Baddeley, 1986) propuseram um novo paradigma denominado memória operacional, segundo o qual a memória de curta duração não funcionaria como uma porta de entrada para o estabelecimento de recordações permanentes. A memória operacional equivale a um sistema para a manutenção temporária e a manipulação de informações necessárias ao desempenho de uma série de funções cognitivas, inclusive a aprendizagem (Baddeley, 1992a, 1992b, 1986). Diferencia-se da memória de curta duração por privilegiar a utilidade da informação e não o simples decorrer do tempo, como fator determinante na manutenção ou descarte dos conteúdos.

A fim de se testar a hipótese da memória operacional, foi desenvolvida a metodologia da tarefa dupla. Considerando que a memória de curta duração tem capacidade limitada e que pode ser mensurada através da capacidade de extensão (*span*) verbal, primeiramente introduz-se a chamada "tarefa secundária", que consiste na apresentação de uma série de dígitos a serem retidos através de repetição contínua; a seguir, uma "tarefa primária" (envolvendo compreensão, julgamento ou aprendizagem) é desenvolvida até o comando para a evocação da série de dígitos. A suposição básica era a de que a tarefa secundária promoveria o desvio ou divisão da atenção e sobrecarregaria a memória operacional, resultando em prejuízo na tarefa primária. As funções investigadas sob estas condições revelaram-se, no entanto, apenas minimamente afetadas: o tempo necessário ao desempenho da tarefa primária é diretamente proporcional ao número de dígitos concorrentes, mas a proporção de erros permanece constante, independentemente da quantidade de distratores. Esses resultados indicam a existência de outra instância geradora de recursos que não uma memória operacional única e levando à subdivisão do sistema. O aprimoramento da noção inicial de memória operacional resultou em um modelo multi-composto (Baddeley, 1996), compreendendo um executivo central, ou sistema de controle de atenção, servido por dois sistemas subordinados, denominados alça fonológica e alça visuo-espacial.

Sistema de controle de atenção – Principal componente da teoria, tem como funções o raciocínio, a tomada de decisões, o planejamento de estratégias e o controle do comportamento por meio da integração das informações dos sistemas subordinados. Sua operação se assemelha ao modelo de Norman e Shallice (citados por Shallice, 1988) sobre o controle da ação pela atenção e seu funcionamento é estreitamente relacionado às porções dorsolaterais mediais dos lobos frontais (Baddeley, 1986; Cowey e Green, 1996; Fuster, 1984; Petrides, Alivisatos, Evans e Meyer, 1993; Petrides, Alivisatos, Meyer e Evans, 1993; Roland, 1984).

Shallice (1988) propõe que a maioria das ações sejam geradas e controladas por esquemas ou conjuntos de esquemas de disparo automático.

Eventualmente, porém, estes esquemas podem ser incompatíveis, gerando perturbações no comportamento global, o que pode ser evitado por um processo automático de resolução de conflitos que seleciona os esquemas adequados de acordo com as prioridades e o contexto.

Adicionalmente, existiria um controlador superior, o sistema de atenção supervisor, consciente e voluntário, que seria acionado em circunstâncias específicas: (1) frente a tarefas mais complexas que exigem planejamento ou tomada de decisão; (2) em situações nas quais uma forte tendência ou resposta é envolvida e nas quais estes processos automáticos sejam inadequados; (3) quando seqüências de atos novos ou pouco estabelecidos sejam necessárias; ou (4) em presença de situação perigosa. Deste modo, o controle dos esquemas que constituem o comportamento é exercido tanto automaticamente, com solicitação de atenção mínima, como através do controle voluntário do sistema supervisor, quando a atenção é indispensável.

A competência deste sistema é avaliada através da execução simultânea de duas tarefas, cada qual relativa a um dos módulos subordinados. Neste caso, a diminuição da rapidez em relação ao desempenho isolado, decorrente da divisão da atenção entre as duas atividades, indica sobrecarga do executivo central. Conclui-se, portanto, que o sistema de controle de atenção possui capacidade limitada que, uma vez ultrapassada, torna inviável o cumprimento de tarefas concorrentes a contento, ou seja, com a mesma rapidez que se executadas isoladamente. Mais além, a própria noção de atenção – ou a mobilização da capacidade de processamento para o que é considerado relevante – implica que os sistemas de processamento de informação têm capacidade restrita. Caso estes recursos fossem ilimitados, o direcionamento seletivo de atenção para um ou outro aspecto do meio não seria necessário.

Alça fonológica – Responsável pela manutenção de material verbal, funciona através de código fonológico. É uma estocagem de capacidade restrita, cujo traço mnêmico decai entre 1-2 segundos se não reativado através de ensaio articulatório, também conhecido como repetição subvocal (Baddeley, 1986).

A alça fonológica comporta em si dois sistemas complementares, um destinado à estocagem fonológica passiva, outro relativo aos processos de ensaio articulatorios (Baddeley, Lewis e Vallar, 1994; Della Sala e Logie, 1993). Entende-se que as entradas auditivas atinjam diretamente a estocagem fonológica passiva, na qual são mantidas através do ensaio articulatorio. Já as entradas verbais de apresentação visual se dão primeiramente pelo ensaio articulatorio, ocasião em que são transformadas em código fonológico e podem ganhar acesso à estocagem fonológica. Revisões sobre o assunto indicam que os pacientes com dificuldades seletivas na memória auditiva verbal de curta duração têm um prejuízo específico na estocagem fonológica passiva, enquanto que sua capacidade de articulação subvocal parece intacta (p. ex., Baddeley, 1986; Della Sala e Logie, 1993).

Alça visuo-espacial – Considera-se que seja análoga à alça fonológica por também manter informações que podem ser ativamente ensaiadas, porém de natureza visuo-espacial (Baddeley, 1986; Farmer, Berman e Fletcher, 1986). Seu conceito deriva de estudos sobre o papel das imagens na memória verbal, bastante utilizados em técnicas mnemônicas: o expediente de codificar itens a serem lembrados em termos visuais e associá-los a determinadas localizações em uma cena tem efeito facilitador na evocação do material e, supostamente, depende da operação desta instância da memória operacional (Baddeley, 1986).

Memória de longa duração

O limite temporal entre as memórias de curta e longa duração parece impreciso e de difícil estabelecimento. Nos estudos de curva de posição serial a expressão “memória de longa duração” refere-se ao material do início da lista de estímulos, apresentado segundos ou minutos antes da evocação. Por outro lado, em estudos envolvendo pacientes amnésicos ela refere-se a material cuja consolidação ocorreu definitivamente; tal processo pode demorar

anos para se completar, pelo que se pode depreender dos casos de amnésia retrógrada temporalmente graduada. Para efeito de descrição, a nomenclatura a ser adotada no presente artigo basear-se-á na utilizada nos estudos envolvendo pacientes amnésicos.

Diversas síndromes amnésicas são discrimináveis em função da etiologia e da intensidade dos sintomas. Dois dos principais tipos, classificados segundo os sítios de lesão neural, são as assim chamadas amnésia temporal medial, da qual soffia o paciente HM (Scoville e Milner, 1957) e a amnésia diencefálica, cujo exemplo característico é o paciente NA (Kaushall, Zetin e Squire, 1981). NA foi vítima de uma lesão cerebral perfurante atingindo os núcleos talâmicos dorsomediais, ventrais anteriores e ventrais laterais, tracto mamillo-talâmico e núcleos mamilares (Squire e Moore, 1979; Squire, Amaral, Zola-Morgan, Kritchevsky e Press, 1989). Como seqüelas do acidente, este paciente apresentava uma amnésia anterógrada marcante, especialmente em relação a material verbal; preservação da capacidade de adquirir novas habilidades motoras, perceptuo-motoras e cognitivas; ligeira dificuldade na evocação de memórias anteriores ao acidente e preservação da memória imediata e das demais funções cognitivas (Cohen e Squire, 1981; Kaushall e cols., 1981).

Cada uma destas síndromes possui um padrão próprio de dificuldades mnêmicas: de acordo com determinados autores, na primeira, o problema se encontra no processo de consolidação da memória, enquanto que na segunda as dificuldades estão na codificação inicial das informações, com capacidade preservada de retenção dos dados que são eventualmente adquiridos (Squire, 1982a - ver adiante). Há controvérsias sobre a taxa de esquecimento das informações, com alguns estudos mostrando que são mais elevadas na amnésia temporal (Huppert e Piercy, 1978, 1979; Squire, 1992), outros revelando esquecimento equivalente nos dois grupos (McKee e Squire, 1992) e ainda relatos de pior retenção de dados na amnésia diencefálica (Leng e Parkin, 1989).

A amnésia retrógrada é considerada equivalente em ambos os casos (Squire, Haist e Shimamura, 1989), ainda que as lesões diencefálicas sejam mais

especificamente relacionadas a dificuldades na ordenação temporal de eventos (Graff-Radford, Tranel, Van Hoesen e Brandt, 1990; 1992). Não obstante estas diferenças, ambos os tipos de amnésia possuem como característica comum a ocorrência de deficiências de memória de longa duração apenas sob condições de aprendizagem e avaliação envolvendo determinados tipos de conhecimento, ao mesmo tempo que a capacidade para adquirir outros tipos de conhecimento está intacta (ver adiante).

Níveis de processamento e/ou diferentes sistemas? – Esta dissociação de desempenho em tarefas que requerem a memória de longa duração pode ser interpretada de duas maneiras. A primeira, ligada à tradição da psicologia cognitiva, propõe a existência de um sistema mnêmico unitário; as dissociações experimentalmente observadas decorreriam apenas do tipo ou do nível de processamento das informações (quando semelhantes na codificação e no momento de teste, o desempenho seria adequado; quando diferentes, levariam a falhas de memória). Segundo seus defensores, as evidências experimentais não justificam abandonar a ideia da existência de apenas um sistema, cuja operação basear-se-ia em um único conjunto de princípios e leis. As dissociações observadas resultariam de métodos de aquisição e testagem particulares (p.ex., Craik e Lockhart, 1972; Craik e Tulving, 1975; Green e Shanks, 1993; Jacoby, 1983; Moscovitch, Winocour e McLachlan, 1986; Roediger, 1990; Roediger, Rajaram e Srinivas, 1990).

Como exemplo desta posição, Craik e Lockhart (1972) enfatizam processos perceptuais e de atenção em detrimento de estruturas ou sistemas mnêmicos. Para esses autores, memória primária refere-se à manutenção das informações em um dado nível de processamento, portanto disponível para processamentos adicionais, sem que isto implique necessariamente em estocagem permanente. Faz-se uma distinção entre os aspectos sensoriais dos estímulos, que levariam a uma codificação superficial e aqueles relacionados às suas propriedades semânticas, que permitiriam níveis de processamento mais profundos – consequentemente, maior persistência na memória e maior probabilidade de evocação posterior (Craik e Tulving, 1975). Memória, assim, é vista como um processo contínuo único, abrangendo desde a análise sensorial até operações semântico-associativas. As

dificuldades dos pacientes amnésicos são atribuídas à sua incapacidade de processamento os níveis mais profundos (Cermack e Reale, 1978).

Parece razoável supor que só faz sentido arquivar duradouramente as informações que adquiram significado profundo, ou seja, que sejam relacionadas a outros dados, que sejam investidas de relevância e que sejam manipuladas – enfim, que se concatenem coerentemente ao corpo de dados constituído pelas experiências prévias do sistema.

Alternativamente, as dissociações observadas na amnésia podem ser interpretadas como evidências a favor da distinção entre os sistemas de memória, cada qual com atributos absolutamente particulares e capacidade de funcionamento independente dos outros. Esta hipótese, por sinal a mais aceita, defende a existência de ao menos dois sistemas distintos, que, para efeito de simplificação, serão aqui provisoriamente denominados de declarativo e, em oposição, não-declarativo, conforme proposto por Squire e Zola-Morgan (1988, 1991) (ver adiante). Entre os argumentos arrolados para favorecer esta interpretação, estão:

Acesso aos conteúdos – Os termos “memória declarativa” e “memória não-declarativa” referem-se à acessibilidade consciente aos conteúdos mnêmicos. A memória declarativa indica um sistema de conhecimento no qual as informações armazenadas são explicitamente acessíveis em forma de fatos e dados e podem ser conscientemente evocadas. Em oposição, o termo memória não-declarativa abrange as operações, as habilidades e os vieses no desempenho, frutos de aprendizagem, que não podem ser explicitamente acessados (Squire, 1987). Seja qual for a nomenclatura utilizada por diversos autores para indicar estas duas classes de fenômenos (ver adiante), é incontestável que possuem diferenças no formato da informação representada, ou seja, os conteúdos da memória declarativa são representações simbólicas de experiências passadas, enquanto que os produtos da memória não-declarativa expressam-se sob a forma de desempenhos comportamentais.

Sistemas neurais – A formação hipocampal é implicada na memória declarativa desde os primeiros estudos envolvendo a ressecção de estruturas tem-

porais como tratamento de epilepsia incontrolável (Milner, 1958; Penfield e Mathieson, 1974; Penfield e Milner, 1957; Scoville, 1954; Scoville e Milner, 1957). Dentre os pacientes descritos na publicação que discutia o caso HM, aquele cuja remoção limitou-se bilateralmente ao lobo temporal rostral, à amígdala e ao uncus não apresentou quaisquer dificuldades pós-operatórias de memória (Scoville e Milner, 1957). Existem, mesmo, indicações de que a simples desconexão hipocampal causada por danos ao fórnix, sua principal via eferente, cause uma síndrome amnésica semelhante à decorrente de lesões no hipocampo, ainda que este permaneça intacto (Hodges e Carpenter, 1991).

Neste sentido, o dado mais conclusivo a favor do envolvimento hipocampal na memória declarativa é certamente o relato de Zola-Morgan, Squire e Amaral (1986) a respeito do paciente RB. Trata-se de um senhor que desenvolveu distúrbios mnêmicos em consequência de isquemia cerebral e que foi estudado neuropsicologicamente em seus cinco anos de sobrevida com resultados demonstrando severa amnésia anterógrada verbal e não-verbal, memória retrógrada praticamente normal e demais funções cognitivas preservadas, a exemplo do que ocorre nas síndromes amnésicas clássicas. Mais interessante, o paciente era capaz de desempenhar, normalmente, tarefas dependentes da memória não-declarativa. Os exames neuropatológicos após sua morte revelaram uma lesão bilateral circunscrita ao campo CA1 do hipocampo e outros danos cerebrais mínimos que foram considerados irrelevantes para o problema de memória. Este relato e outros casos semelhantes (p.ex., Cummings, Tomiyasu, Read e Benson, 1984; Rempel-Clower, Zola-Morgan, Squire e Amaral, 1996) apresentam-se como forte argumento a favor do envolvimento hipocampal no estabelecimento de novas memórias declarativas, que são tão mais profundamente afetadas quanto mais extensa a lesão, conforme já ressaltado por Scoville e Milner (1957).

Todavia, apenas este dado deixa inexplicada a natureza da amnésia anterógrada nestes casos, que tanto pode se dever a dificuldades de evocação como de estocagem. A favor da primeira hipótese está o efeito facilitatório no desempenho destes pacientes obtido por meio do emprego de pistas e avaliações através de múltipla escolha ou reconhecimento

(Aggleton e Shaw, 1996), o que indicaria uma dificuldade de recuperação de informações que teriam sido efetivamente adquiridas. No entanto, este benefício não é desproporcional ao obtido com sujeitos normais (Tulving e Pearlstone, 1966), indicando que pistas e provas de reconhecimento eliciam melhor desempenho em qualquer indivíduo e não apenas no grupo particular dos amnésicos (Haist, Shimamura e Squire, 1992; Shimamura e Squire, 1988).

A hipótese de deficiência no processo de consolidação já era levantada por Scoville e Milner (1957) em relação ao caso HM. A favor desta idéia estão os dados relativos à amnésia retrógrada temporalmente graduada de pacientes que sofreram danos hipocampais. O fato de que na amnésia as memórias imediata e remota permaneçam preservadas sugere que os sistemas nela danificados não sejam sítios de estocagem definitiva das informações, mas sim que apenas participem como intermediários neste processo. A formação hipocampal funcionaria como uma estação entre a aquisição das informações e o estabelecimento das memórias de longa duração, dada a sua capacidade de mudanças plásticas rápidas representadas, por exemplo, pela potenciação de longa duração (Alvarez e Squire 1994; Squire e Alvarez, 1995). A manutenção de dados recém-adquiridos dependeria de seu funcionamento normal por um período de tempo que pode variar de segundos a anos (McClelland, McNaughton e O'Reilly, 1995; Rempel-Clower e cols., 1996; Squire, 1987; Squire e Zola-Morgan, 1996), passando então gradual e lentamente ao domínio do neocórtex, na medida em que as reiteradas "ativações" proporcionadas pelo hipocampo tornem estas conexões corticais suficientemente reforçadas a ponto de se tornarem eventualmente independentes.

Estes dados vêm de encontro à tese de Ribot (citado por Squire, Slater e Chace, 1975), segundo a qual a susceptibilidade de uma memória à perda é inversamente proporcional a sua idade. As memórias de longa duração seriam estocadas de modo distribuído nas mesmas áreas associativas do neocórtex que são especializadas no processamento e análise de tipos específicos de informações a serem armazenadas (Alvarez e Squire, 1994; Paller, 1997;

Squire e Alvarez, 1995). A lembrança integral de um único objeto ou evento seria representada por uma rede neural que envolveria diferentes regiões do sistema nervoso, ativada pela ação hipocampal, no caso de lembranças recentes, ou pelo disparo independente de um dos elos da cadeia no neocórtex, quando mais solidamente estabelecida. Em situação de dano no sistema hipocampal, este estabelecimento duradouro das informações torna-se inviável, gerando a perda dos dados adquiridos imediatamente antes da lesão e, conseqüentemente, a amnésia retrógrada.

A síndrome de Korsakoff é unanimemente apontada como o principal exemplo de amnésia diencefálica. Todavia, uma vez que nestes casos os problemas de memória se associam a outras alterações neuropsicológicas, tais como sinais de disfunção frontal (Squire, 1982a, 1982b), a caracterização da amnésia diencefálica que se segue se concentrará naqueles pacientes em que a síndrome amnésica seja um sintoma isolado. Neste sentido, o caso mais notável é o já mencionado paciente NA (Cohen e Squire, 1981). A análise deste e de outros relatos de lesões diencefálicas (Dusoier, Kapur, Byrnes, McKinstry e Hoare, 1990; Speedie e Heilman, 1982) levou à constatação de que as estruturas nervosas envolvidas nos problemas de memória são os núcleos talâmicos, especialmente o dorso-medial, corpos mamilares e trato mamillo-talâmico (Squire, 1987; Squire, Amaral e Press, 1990).

Os prejuízos de memória anterógrada nas amnésias temporal e diencefálica se revelam apenas quando processamentos declarativos são envolvidos. Paralelamente, estes sujeitos exibem bom desempenho em tarefas cuja execução prescinde da integridade do sistema declarativo (Cohen, 1984; Gabrieli, Milberg, Keane e Corkin, 1990). Adicionalmente, embora seu desempenho seja equivalente ao de indivíduos normais, os pacientes não se recordam conscientemente das situações de aprendizagem. Conclui-se que este tipo de memória não-declarativa, preservada tanto na amnésia temporal como na diencefálica, independe das estruturas afetadas nestes casos, estando relacionada à ativação dos sistemas de processamento envolvidos na aquisição dessas habilidades. Através de estudos

envolvendo técnicas de neuro-imagem descobriu-se que a resolução deste tipo de tarefas está associada a um aumento do fluxo sanguíneo no cerebelo, no sistema fronto-estriatal, nos gânglios da base e no córtex associativo frontal (p.ex., Salmon e Butters, 1995; Squire, 1987; Yamadori, Yoshida, Mori e Yamashita, 1996).

Incompatibilidade funcional – Sherry e Schacter (1987) defendem a existência de múltiplos sistemas de memória a partir de uma perspectiva evolutiva. De acordo com os autores, novos sistemas de memória surgem quando as propriedades dos sistemas já existentes, que foram lapidadas pelas exigências do meio e pela seleção natural, são incompatíveis com a solução de novos problemas. As tarefas de detectar variâncias e de detectar invariâncias entre episódios são incompatíveis, podendo apenas ser desempenhadas por sistemas distintos, um deles capaz de extrair as características invariantes de diversos episódios e de descartar os detalhes irrelevantes de cada um e o outro capaz de preservar os detalhes contextuais únicos de cada experiência.

Assim, de acordo com estes autores, a incompatibilidade funcional estaria na base da distinção entre o chamado sistema I, ou não-declarativo, que sustenta aprendizagens graduais ou incrementais, é envolvido na aquisição de hábitos e habilidades e é talhado para a detecção de invariâncias entre episódios, e o chamado sistema II, ou declarativo, no qual a aprendizagem ocorre após apenas um episódio de ensaio, afeito à preservação de detalhes contextuais que são as marcas singulares das experiências e que gera memórias de caráter episódico-representacional (Sherry e Schacter, 1987).

Ontogênese – Os adultos possuem poucas memórias declarativas relativas a experiências datadas anteriormente a seus 5 ou 6 anos e praticamente nenhuma lembrança anterior aos 2 ou 3 anos. Estes limites da chamada amnésia infantil não são uniformes, mas determinados pela natureza das recordações – há certos tipos de acontecimentos mais memoráveis que outros, portanto mais facilmente evocáveis na vida adulta ainda que tenham ocorrido muito precocemente, o que parece ser determinado, entre outras coisas, pelo tom emocional dos acontecimentos (Usher e Neisser, 1993).

Uma das principais questões acerca deste fenômeno da amnésia infantil diz respeito à sua natureza, se causada por impossibilidade de estocagem na ocasião ou se determinada por dificuldades de acesso atuais (Loftus, 1993). Dados experimentais parecem favorecer a primeira possibilidade, havendo fortes indícios de que o desenvolvimento da memória não-declarativa preceda o da declarativa (Overman, 1990); congruentemente, as estruturas límbico-diencefálicas, responsáveis por este último, amadurecem mais tardiamente que as estruturas necessárias ao desempenho de atividades tocantes ao primeiro (Diamond, 1990).

Mais além, há evidências de que a memória declarativa possa se desenvolver, ao menos parcialmente, a partir de experiências de aprendizagem não-declarativas, tais como a fluência perceptual. Drummey e Newcombe (1995) constataram que crianças de três anos conseguem identificar figuras às quais foram expostas três meses antes mediante apresentação de fragmentos dos estímulos, ainda que não sejam capazes de identificá-los em teste de reconhecimento. Uma vez que a fluência perceptual e o reconhecimento são vinculados na idade adulta, mas não nas crianças, as autoras concluem que o desenvolvimento da memória declarativa relacionado à idade pode se dever à conscientização de que a pré-ativação perceptual é um indicador de experiências passadas.

CONCLUSÃO

Parece haver consenso em relação à noção de que memória não é uma entidade única, mas compreende conjuntos de habilidades mediadas por módulos independentes, porém cooperativos do sistema nervoso. Se por um lado há divergências em relação à quantidade de módulos, bem como à natureza da informação por eles processada, o que resulta em substancial quantidade de investigação experimental sobre o tema, por outro, pouca atenção vem sendo destinada aos mecanismos de interação entre esses módulos. Enfatiza-se, assim, a necessidade conceitual de investigações direcionadas ao entendimento da interação entre sistemas e processos de memória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aggleton, J. P. e Shaw, C. (1996). Amnesia and recognition memory: A re-analysis of psychometric data. *Neuropsychologia*, 34, 51-62.
- Alvarez, P. e Squire, L. R. (1994). Memory consolidation and the medial temporal lobe: A simple network model. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 91, 7041-7045.
- Atkinson, R. C. e Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific American*, 225, 82-90.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D. (1992a). Is working memory working? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A, 1-31.
- Baddeley, A. D. (1992b) Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. D. (1996). The fractionation of working memory. *Proceedings of the New York Academy of Sciences USA*, 93, 13468-13472.
- Baddeley, A. D.; Lewis, V. e Vallar, G. (1994). Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 223-252.
- Baddeley, A. D. e Warrington, E. K. (1970). Amnesia and the distinction between long and short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 176-189.
- Basso, A.; Spinnler, H.; Vallar, G. e Zanobio, M. E. (1982). Left hemisphere damage and selective impairment of auditory verbal short-term memory - A case study. *Neuropsychologia*, 20, 263-274.
- Cermack, L. S. e Reale, L. (1978). Depth of processing and retention of words by alcoholic Korsakoff patients. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, 165-174.
- Cohen, N. J. (1984). Preserved learning capacity in amnesia: Evidence for multiple memory systems. Em L.R. Squire e N. Butters (orgs.), *The neuropsychology of memory* (pp.83-102). New York: Guilford Press.
- Cohen, N. J. e Eichenbaum, H. (1994). *Memory, amnesia and the hippocampal system*. Cambridge: MIT Press.
- Cohen, N. J. e Squire, L. (1981). Retrograde amnesia and remote memory impairment. *Neuropsychologia*, 19, 337-356.

- Conrad, R. (1964). Acoustic confusions in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55, 75-84.
- Cowey, C. M. e Green, S. (1996). The hippocampus: A "working memory" structure? The effect of hippocampal sclerosis on working memory. *Memory*, 4, 19-30.
- Craik, F. I. M. (1970). The fate of primary memory items in free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 143-148.
- Craik, F. I. M. (1971). Primary memory. *British Medical Bulletin*, 27, 232-236.
- Craik, F. I. M. e Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Craik, F. I. M. e Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 268-294.
- Cummings, J. L.; Tomiyasu, M.D.; Read, S. e Benson, F. (1984). Amnesia with hippocampal lesions after cardiopulmonary arrest. *Neurology*, 34, 679-681.
- Della Sala, S. e Logie R.H. (1993). When working memory does not work: The role of working memory in neuropsychology. Em F. Boller; F. e J. Grafman (orgs.), *Handbook of neuropsychology* (Vol.8). Holland: Elsevier.
- Diamond, A. (1990). Rate of maturation of the hippocampus and the developmental progression of children's performance on the delayed non-matching to sample and visual paired comparison tasks. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 394-426.
- Drumme, A. B. e Newcombe, N. (1995). Remembering versus knowing the past: children's explicit and implicit memories for pictures. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59, 549-565.
- Dusoir, H.; Kapur, N.; Byrnes, D. P.; McKinsty, S. e Hoare, R.D. (1990). The role of diencephalic pathology in human memory disorder. *Brain*, 113, 1695-1706.
- Farmer, E. W.; Berman, J. V. F. e Fletcher, Y. L. (1986). Evidence for a visuo-spatial scratch-pad in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 675-688.
- Fuster, J. M. (1984). Behavioral electrophysiology of the prefrontal cortex. *Trends in Neurosciences*, 7, 408-414.
- Gabrieli, J. D.; Milberg, W.; Keane, M. M. e Corkin, S. (1990). Intact priming of patterns despite impaired memory. *Neuropsychologia*, 28, 417-427.
- Glanzer, M. e Cunitz, A. R. (1966). Two storage mechanisms in free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5, 351-360.
- Graff-Radford, N. R.; Tranel, D.; Van Hoesen, G. W. e Bland, J. P. (1990). Diencephalic amnesia. *Brain*, 113, 1-25.
- Graff-Radford, N. R.; Tranel, D.; Van Hoesen, G. W. e Brandt, J. P. (1992). Diencephalic amnesia. Em G. Vallar; S. F. Cappa e C. W. Wallech (orgs.), *Neuropsychological disorders associated with subcortical lesions* (pp.143-168). Oxford: Oxford University Press.
- Green, R. E. A. e Shanks, D. R. (1993). On the existence of independent explicit and implicit learning systems: an examination of some evidence. *Memory and Cognition*, 21, 304-317.
- Haist, F.; Shimamura, A. P. e Squire, L. R. (1992). On the relationship between recall and recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 691-702.
- Hodges, J. R. e Carpenter, K. (1991). Anterograde amnesia with fornix damage following removal of IIIrd ventricle colloid cyst. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 54, 633-638.
- Huppert, F. A. e Piercy, M. (1978). Dissociation between learning and remembering in organic amnesia. *Nature*, 275, 317-318.
- Huppert, F. A. e Piercy, M. (1979). Normal and abnormal forgetting in organic amnesia: Effect of locus of lesion. *Cortex*, 15, 385-390.
- Jacoby, L.L. (1983). Perceptual enhancement: Persistent effects of an experience. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9, 21-38.
- Kaushall, P. J.; Zetin, M. e Squire, L. R. (1981). A psychosocial study of chronic, circumscribed amnesia. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 169, 383-389.
- Leng, N. R. C. e Parkin, A. J. (1989). Actiological variation in the amnesic syndrome: Comparisons using the Brown-Peterson task. *Cortex*, 25, 251-259.
- Loftus, E. F. (1993). Desperately seeking memories of the first few years of childhood: The reality of early memories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 274-277.

- McClelland, J. L.; McNaughton, B. L. e O'Reilly, R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: Insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological Review*, 102, 419-457.
- McKee, R. D. e Squire, L. R. (1992). Equivalent forgetting rates in long-term memory for diencephalic and medial temporal lobe amnesia. *The Journal of Neuroscience*, 12, 3765-3772.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Milner, B. (1958). Psychological defects produced by temporal lobe lesions. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 36, 244-257.
- Moscovitch, M.; Wincour, G. e McLachlan, D. (1986). Memory as assessed by recognition and reading time in normal and memory impaired people with Alzheimer's disease and other neurological disorders. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 331-347.
- Overman, W. H. (1990). Performance on traditional matching to sample, nonmatching to sample, and object-discrimination tasks by 12- to 32-month-old children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 365-383.
- Paller, K. A. (1997). Consolidating dispersed neocortical memories: The missing link in amnesia. *Memory*, 5, 73-88.
- Penfield, W. e Mathieson, G. (1974). Memory - Autopsy findings and comments on the role of hippocampus in experiential recall. *Archives of Neurology*, 31, 145-154.
- Penfield, W. e Milner, B. (1957). Memory deficit produced by bilateral lesions in the hippocampal zone. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 79, 475-497.
- Peterson, L. R. e Peterson, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193-198.
- Petrides, M.; Alivisatos, B.; Evans, A. C. e Meyer, E. (1993). Dissociation of human mid-dorsolateral from posterior dorsolateral frontal cortex in memory processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 90, 873-877.
- Petrides, M.; Alivisatos, B.; Meyer, E. e Evans, A. C. (1993). Functional activation of the human frontal cortex during the performance of verbal working memory tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 90, 878-882.
- Rempel-Clower, N. L.; Zola-Morgan, S.; Squire, L. R. e Amaral, D. G. (1996). Three cases of enduring memory impairment after bilateral damage limited to the hippocampal function. *The Journal of Neuroscience*, 16, 5233-5255.
- Roediger, H. L. (1990). Implicit memory - Retention without remembering. *American Psychologist*, 45, 1043-1056.
- Roediger, H. L.; Rajaram, S. e Srinivas, K. (1990). Specifying criteria for postulating memory systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 572-595.
- Roland, P. E. (1984). Metabolic measurements of the working frontal cortex in man. *Trends in Neuroscience*, 7, 430-435.
- Salmon, D. P. e Butters, N. (1995). Neurobiology of skill and habit learning. *Current Opinion in Neurobiology*, 5, 184-190.
- Schacter, D. L. e Tulving, E. (1994). What are the memory systems of 1994? Em D. L. Schacter e E. Tulving (orgs.), *Memory systems* (pp.1-38). Cambridge: MIT Press.
- Scoville, W. B. (1954). The limbic lobe in man. *Journal of Neurosurgery*, 11, 64-66.
- Scoville, W. B. e Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 20, 11-21.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shallice, T. e Warrington, E. K. (1970). Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 261-273.
- Sherry, D. F. e Schacter, D. L. (1987). The evolution of multiple memory systems. *Psychological Review*, 94, 439-454.
- Shimamura, A. P. e Squire, L. R. (1988). Long-term memory in amnesia: Cued recall, recognition memory, and confidence ratings. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 763-770.
- Speedie, L. J. e Heilman, K. M. (1982). Amnesic disturbance following infarction of the left dorsomedial nucleus of the thalamus. *Neuropsychologia*, 20, 597-604.

- Squire, L. R. (1982a). The neuropsychology of human memory. *Annual Review of Neuroscience*, 5, 241-273.
- Squire, L. R. (1982b). Comparisons between forms of amnesia: Some deficits are unique to Korsakoff's syndrome. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 8, 560-571.
- Squire, L. R. (1987). *Memory and brain*. New York: Oxford University Press.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99, 195-231.
- Squire, L.R. e Alvarez, P. (1995). Retrograde amnesia and memory consolidation: a neurobiological perspective. *Current Opinion in Neurobiology*, 5, 169-177.
- Squire, L. R.; Amaral, D. G. e Press, G. A. (1990). Magnetic resonance imaging of the hippocampal formation and mammillary nuclei distinguish medial temporal lobe and diencephalic amnesia. *The Journal of Neuroscience*, 10, 3106-3117.
- Squire, L. R.; Amaral, D. G.; Zola-Morgan, S.; Kritchevsky, M. e Press, G. (1989). Description of brain injury in the amnesic patient NA based on magnetic resonance imaging. *Experimental Neurology*, 105, 23-35.
- Squire, L. R.; Haist, F. e Shimamura, A. P. (1989). The neurology of memory: quantitative assessment of retrograde amnesia in two groups of amnesic patients. *The Journal of Neuroscience*, 9, 828-839.
- Squire, L. R. e Moore, R.Y. (1979). Dorsal thalamic lesion in a noted case of chronic memory dysfunction. *Annals of Neurology*, 6, 503-506.
- Squire, L. R.; Slater, P.C. e Chace, P.M. (1975). Retrograde amnesia: Temporal gradient in very long-term memory following electroconvulsive therapy. *Science*, 187, 77-79.
- Squire, L. R. e Zola-Morgan, S. (1988). Memory: Brain systems and behavior. *Trends in Neurosciences*, 11, 170-175.
- Squire, L. R. e Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe system. *Science*, 253, 1380-1386.
- Squire, L. R. e Zola-Morgan, S. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of the New York Academy of Sciences USA*, 93, 13515-13522.
- Tulving, E. e Pearlstone, Z. (1966). Availability versus accessibility of information in memory for words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5, 381-391.
- Usher, J. A. e Neisser, U. (1993). Childhood amnesia and the beginnings of memory for early life events. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 155-165.
- Vallar, G. e Baddeley, A. D. (1984). Fractionation of working memory: neuropsychological evidence for a phonological short-term store. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 151-161.
- Xavier, G. F. (1993). A modularidade da memória e o sistema nervoso. *Psicologia USP*, 4, 61-115.
- Warrington, E. K. (1971). Neurological disorders of memory. *British Medical Bulletin*, 27, 243-247.
- Warrington, E. K. e Shallice, T. (1969). The selective impairment of auditory verbal short-term memory. *Brain*, 92, 885-896.
- Yamadori, A.; Yoshida, T.; Mori, E. e Yamashita, H. (1996). Neurological basis of skill learning. *Cognitive Brain Research*, 5, 49-54.
- Zola-Morgan, S.; Squire, L. R. e Amaral, D. (1986). Human amnesia and the medial temporal region: Enduring memory impairment following a bilateral lesion limited to field CA1 of the hippocampus. *The Journal of Neuroscience*, 6, 2950-2967.

Recebido em: 30/10/99

Aceito em: 10/07/01