

Memória

Memory

Carlos Alberto Mourão Júnior* & Nicole Costa Faria
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil

Resumo

Este artigo tem como objetivo central apresentar os processos de memória de maneira didática, proporcionando aos alunos e futuros pesquisadores um primeiro contato satisfatório com o tema. Já há algum tempo, tem sido observada a ocorrência de confusões conceituais e metodológicas no campo da neurociência cognitiva, tanto em relação à memória quanto em relação às outras funções psicológicas básicas. Neste ensaio, alguns conceitos principais são esclarecidos. É apresentada uma classificação fenomenológica da memória, a qual inclui a memória sensorial, a memória de trabalho e as memórias de curta duração e de longa duração. Também são explicados os processos de consolidação e evocação das memórias, evidenciando os mecanismos biológicos envolvidos nestes processos. *Palavras-chave:* Memória, cognição, neurociências.

Abstract

This paper aims to present the memory processes in a didactic manner, providing students and future researchers with a first contact with this subject. For a long time, we have observed the occurrence of conceptual and methodological confusion in the field of cognitive neuroscience, regarding memory and other basic psychological functions. In this essay, some key concepts are clarified. A phenomenological classification of memory is presented, which includes sensory memory, working memory and long term memories. Memory consolidation and retrieval processes are also explained, appraising the biological background involved in these processes.

Keywords: Memory, cognition, neurosciences.

O presente artigo tem como objetivo central apresentar os processos de memória de maneira didática, proporcionando aos alunos e futuros pesquisadores um primeiro contato satisfatório com o tema. O texto é destinado, sobretudo, a iniciantes no assunto, mas esperamos que também seja útil aos já iniciados. Apesar de não se tratar de um texto técnico e especializado, não deixaremos de lado o rigor metodológico e conceitual.

Percebemos certa carência de textos curtos de revisão sobre o tema, que permitam aos interessados em estudar a memória uma visão panorâmica sobre o assunto. Já há algum tempo, temos observado a ocorrência de confusões conceituais e metodológicas no campo da neurociência cognitiva, tanto em relação à memória quanto em relação às outras funções psicológicas básicas. Tentaremos, neste ensaio, sistematizar e esclarecer alguns conceitos. Não serão colocadas citações ao longo do texto a fim de facilitar a fluidez da leitura, exceto se apresentarmos dados de outros estudos.

Por fim, é importante deixar claro que a separação das funções psicológicas se dá apenas no nível teórico para atender a fins didáticos. No entanto, essa separação é artificial, pois as funções psicológicas não atuam separadamente umas das outras. No processo de memorização, por exemplo, há outras funções psicológicas envolvidas, como a motivação, a atenção, a percepção e o aprendizado. Da mesma maneira, para a evocação das memórias, são necessárias outras funções psicológicas como a função executiva e a linguagem.

Memória: Conceituação e Processos Envolvidos

“A memória recolhe os incontáveis fenômenos de nossa existência em um todo unitário; não fosse a força unificadora da memória, nossa consciência se estilhaçaria em tantos fragmentos quantos os segundos já vividos” Ewald Hering (1920).

Grosso modo, chamamos de *memória* a capacidade que os seres vivos têm de adquirir, armazenar e evocar informações. Apesar dessa definição aparentemente simplista, veremos, no decorrer do texto, que ao falar de memória, definitivamente não estamos falando de algo simples.

A memória é um dos mais importantes processos psicológicos, pois além de ser responsável pela nossa identidade pessoal e por guiar em maior ou menor grau nosso dia a

* Endereço para correspondência: Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Fisiologia, Campus Universitário, São Pedro, Juiz de Fora, MG, Brasil 36036-900. E-mail: camouraojr@gmail.com

dia, está relacionada a outras funções corticais igualmente importantes, tais como a função executiva e o aprendizado. Ainda que sem perceber, estamos fazendo uso desse importante recurso cognitivo a todo momento. Se entramos no carro para ir para a faculdade, temos necessariamente que nos lembrar para onde estamos indo. Lembrar envolve diretamente a memória. Não fosse assim, estaríamos impossibilitados de chegar ao nosso destino. Não fosse a memória, sequer saberíamos que cursamos uma faculdade, não saberíamos nem mesmo nosso nome, e tampouco o nome de nossos pais, amigos etc. Em outras situações da vida, somos capazes de identificar comportamentos automáticos que estão, também, intrinsecamente relacionados à memória. Voltando ao exemplo do carro, muitas pessoas (aquelas com um tempo considerável de prática) não estão atentas aos seus movimentos enquanto estão ao volante e dirigem perfeitamente. Acontece ainda de a pessoa fazer o mesmo trajeto para o trabalho há tanto tempo, que, não raro, chega ao seu destino sem se lembrar do percurso que tomou. Isso se dá porque realizamos tão repetidamente certas atividades que é como se nosso corpo memorizasse os movimentos e pudesse realizá-los automaticamente, sem que nós tenhamos que estar conscientes dos mesmos.

Com relação à maneira pela qual as memórias são armazenadas, pouco se sabe a esse respeito. Apesar dos inúmeros avanços feitos pela neurociência nos últimos anos, ainda é um mistério entender como potenciais elétricos e fenômenos bioquímicos estão ligados às representações mentais que fazemos, mesmo que alguns neurocientistas se atrevam a dar saltos conceituais, encerrando premissas que a ciência é incapaz de fundamentar. O que se sabe, atualmente, é que as informações que chegam ao nosso cérebro formam um circuito neural, ou seja, a informação recebida ativa uma rede de neurônios, que, caso seja reforçada, resultará na retenção dessa informação (por informação, entendemos qualquer evento passível de ser processado pelo sistema nervoso: um fato, um objeto, uma experiência pessoal, um sentimento ou uma emoção). Por isso considera-se que a repetição seja uma estratégia necessária para a memória. Não nos esquecemos, por exemplo, o número do telefone de nossa casa porque, ao longo de nossa vida, repetimos essa informação inúmeras vezes. Esse processo interfere na memorização do número exatamente porque toda vez que repetimos os estímulos, ativamos o mesmo circuito neural. A ativação contínua reforça esse circuito e torna mais fácil a posterior evocação da informação armazenada.

Sobre o processo de armazenamento, podemos dividi-lo em três subprocessos, quais sejam: aquisição, consolidação e evocação. A *aquisição* diz respeito ao momento em que a informação chega até nosso sistema nervoso e se dá por meio das estruturas sensoriais, as quais transportam a informação recebida até o cérebro. O estímulo atinge os órgãos receptores, o qual, através dos nervos sensitivos, chega ao sistema nervoso central (Kandel, 2006).

Posteriormente, temos o processo de *consolidação*, que diz respeito ao momento de armazenar a informação. Esse

armazenamento - que representa a memória - pode se dar de duas maneiras distintas: (a) através de alterações bioquímicas ou (b) através de fenômenos eletrofisiológicos. Nos fenômenos eletrofisiológicos, ao tentarmos memorizar uma situação nova, determinados conjuntos de neurônios continuam disparando durante alguns segundos, retraindo temporariamente a informação somente durante o tempo em que a mesma é necessária, extinguindo-a logo em seguida. Esse tipo de fenômeno tem duração extremamente efêmera e não forma traços bioquímicos. É isso o que ocorre na memória sensorial e na memória de trabalho (ou memória operacional) que discutiremos mais adiante (Squire & Kandel, 2003).

Por outro lado, os fenômenos bioquímicos (também chamados de traços de memória) incluem dois tipos de alterações: as estruturais (morfológicas) e as funcionais, que ocorrem, ambas, na circuitaria neural. As alterações estruturais compreendem a formação de novas espinhas dendríticas (as quais permitem que um determinado neurônio receba mais aferências de outros neurônios) ou então a formação de novos prolongamentos axonais (os quais permitem que um dado neurônio transmita mais sinais para os neurônios com os quais ele se conecta). Podem ocorrer ainda alterações morfológicas que criam novos circuitos que anteriormente não existiam. Finalmente, no caso das alterações funcionais, são formados novos canais iônicos ou novas proteínas sinalizadoras, que otimizam a transmissão sináptica (Purves et al., 2010).

É interessante observar que, tanto as alterações morfológicas quanto as funcionais, têm como substrato biológico o mesmo fenômeno: a síntese proteica. Assim, a informação (quando repetida várias vezes), de alguma maneira ainda desconhecida, produz fatores que atuam no DNA do neurônio, fazendo com que este comande a síntese de novas proteínas, que podem ser, por exemplo, canais iônicos (produzindo alterações funcionais), ou espinhas dendríticas e prolongamentos axonais (produzindo alterações morfológicas) (Luria, 1981).

Fica claro, portanto, que quando dizemos que o cérebro armazena informações, não podemos imaginar que a informação fique guardada dentro de «gavetas cerebrais», ou seja, armazenar uma informação não significa colocá-la dentro de certos neurônios como se estes fossem uma espécie de armário. O armazenamento é possível graças à *neuroplasticidade*, que pode ser definida como a capacidade que o cérebro tem de se transformar diante de pressões (estímulos) do ambiente. Disso, podemos concluir também que as informações ficam armazenadas em regiões difusas do cérebro, envolvendo redes complexas de neurônios, as quais modificam-se para armazenar informações (Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum, & Hudspeth, 2013).

Mas, como aquilo que lemos, ouvimos, vemos ou pensamos é capaz de transformar nosso cérebro? Como potenciais elétricos são capazes de gerar as imagens que vêm à tona em nossa consciência quando nos lembramos da nossa casa, por exemplo? Ou será que essa relação de causa e efeito entre fenômenos físico-químicos e repre-

sentações mentais nem mesmo pode ser estabelecida? Infelizmente, para essas questões a neurociência ainda não tem respostas definitivas.

Por fim, após o processo de retenção, estaremos aptos a iniciar, caso assim o desejemos, o processo de *evocação* das memórias, o qual diz respeito ao retorno espontâneo ou voluntário das informações armazenadas. A evocação (ou recuperação) envolve a organização dos traços de memória em uma sequência coerente no tempo (fenômeno chamado de *integração temporal*) e ocorre principalmente no córtex pré-frontal, através de um processo denominado memória de trabalho, o qual será detalhado mais adiante. Alguns autores apontam que existem dois tipos de recuperação frequentemente distinguidos: o *reconhecimento* e a *recordação* (Mourão & Melo, 2011b).

A diferença é bem simples: no reconhecimento, estamos diante de um estímulo previamente conhecido e armazenado, o que implica em certo sentimento de familiaridade. É o que acontece quando nos encontramos com pessoas que conhecemos, por exemplo. O contato com um estímulo anteriormente armazenado traz a sensação de reconhecimento. Por outro lado, na recordação, não há nada de familiar momentaneamente presente em nossa percepção consciente. Nesse caso, não estamos diante do estímulo previamente conhecido (o qual será recuperado). É como se recuperássemos voluntariamente uma informação armazenada. É isso que acontece quando precisamos nos lembrar de uma fórmula de física durante a prova: temos que “puxá-la” da memória. Mais uma vez, é importante destacar que normalmente esses processos estão relacionados. Quando estamos diante de uma pessoa conhecida, por exemplo, nós a reconhecemos e, logo em seguida, começamos a recordar espontaneamente uma série de informações referentes a ela, como seu nome, o local onde a conhecemos, as conversas que tivemos, se é ou não uma pessoa interessante etc.

Por muito tempo, acreditou-se que evocar uma informação era reativar o mesmo circuito neural que foi ativado quando estivemos em contato com esse estímulo pela primeira vez. Assim, quanto mais parecido fosse o ambiente externo no momento do armazenamento e no momento da evocação, mais eficiente seria o nosso processo de evocação, pois mais parecidos seriam os padrões neurais ativados. No entanto, estudos recentes (Izquierdo & Medina, 1997) demonstraram que tanto os mecanismos cerebrais quanto a bioquímica envolvidos no processo de evocação são diferentes daqueles envolvidos no processo de armazenamento.

Deve-se atentar para o fato de que os subprocessos descritos acima não acontecem de maneira linear no tempo, essa divisão é feita apenas para atender a fins didáticos. Na realidade, o mais das vezes, esses processos acontecem de maneira simultânea. Por exemplo, enquanto o processo de armazenamento da informação está em curso (evidentemente esse processo leva algum tempo), podemos dar início ao processo de evocação dessa mesma informação, sem que para isso tenhamos que “pausar” momentaneamente

o processo de consolidação da informação. Ou então, quando estamos tentando memorizar um novo conjunto específico de informações, ao mesmo tempo, o cérebro está recebendo outras tantas informações relacionadas à primeira (logo os processos de aquisição e consolidação estão em curso concomitantemente). Para exemplificar, imagine que estejamos estudando sobre o átomo. Enquanto tentamos construir e armazenar uma possível definição para a palavra átomo, estaremos lendo (adquirindo) outras inúmeras informações que complementarão tudo aquilo que iremos armazenar sobre esse assunto, bem como estaremos evocando quaisquer informações prévias que estejam armazenadas em nosso cérebro e que sejam relacionadas ao tema.

Além disso, é importante ressaltar que, na prática, os processos de armazenamento e evocação estão intimamente relacionados e são interdependentes, pois o modo de organizar a informação quando a mesma é armazenada influenciará fortemente na facilidade ou dificuldade de recuperar essa informação posteriormente. Nota-se, portanto, que a divisão do fenômeno mnemônico em subprocessos se dá apenas a nível teórico, de tal maneira que, na realidade, eles acontecem de maneira interdependente e não linear.

Classificação das Memórias

Conhecendo melhor as peculiaridades e detalhes relativos ao processo de memorização, os pesquisadores da área classificam a memória em diferentes tipos. A literatura fala de memória de curto prazo e de memória de longo prazo desde o século XIX, no entanto, algumas classificações mais recentes levam em consideração outras características além do tempo de retenção da informação.

Lent (2010), por exemplo, propõe que podemos diferenciar as memórias a partir de duas características centrais: tempo de armazenamento (ultrarrápida, curto prazo e longo prazo) e natureza da memória (explícita, implícita e de trabalho).

Mourão e Abramov (2011), por outro lado, propõem uma divisão de caráter funcional, segundo a qual existem dois tipos de memória: a *memória de arquivo* e a *memória de trabalho*. Nesse caso, os autores apontam que a divisão se faz apenas para atender a fins didáticos, embora tal classificação não se dê apenas no nível teórico, uma vez que os diferentes tipos de memória são, de fato, operados por regiões cerebrais e por mecanismos diferentes. Além disso, pode acontecer de as memórias apresentarem até mesmo uma natureza diferenciada, como no caso, por exemplo, das memórias sensorial, memória de trabalho e memória de longo prazo.

Em virtude da extrema dificuldade em classificar as memórias, no presente artigo apresentaremos uma visão fenomenológica das memórias, ou seja, nos limitaremos a descrever como cada modalidade de memória se apresenta à nossa consciência, sem nos preocuparmos com classificações, as quais, como já dissemos, acabam por ser mais artificiais do que elucidativas.

De fato, a confusão conceitual tem sido a regra, e não a exceção, quando se escreve sobre memória. Por exemplo, dois especialistas em memória, ambos com renome internacional, conceituam de maneira totalmente diversa o termo “memória de curta duração”. Para Izquierdo (2011), as memórias de curta duração são fenômenos de natureza bioquímica, que envolvem plasticidade sináptica e que se relacionam com a consolidação de memórias de longo prazo. Já para Baddeley (2007) as memórias de curta duração são fenômenos de natureza elétrica (que não formam traços bioquímicos) e que se resumem ao armazenamento de pequenas quantidades de informação por um breve período de tempo. Paralelamente, Chan, Shum, Touloupoulou e Chen (2008) citam diversas classificações diferentes dos “sistemas de memória”, desde Luria até os dias atuais. Nesse artigo pode-se observar que há muito mais dissensão do que consenso.

Como o principal objetivo deste nosso artigo é justamente tentar sanear as confusões conceituais, passaremos ao largo de classificações ambíguas. Ao contrário, nos concentraremos nos fenômenos mais facilmente observáveis quando se analisa o ato de armazenar e evocar informações. Passemos, então à descrição dos tipos de memória, de acordo às características que podemos perceber em cada um desses tipos.

Memória Sensorial

A memória sensorial é aquela que nos permite reter as informações que chegam até nós através dos sentidos, podendo ser estímulos visuais, auditivos, gustativos, olfativos, táteis ou proprioceptivos. Caracteriza-se por ter curtíssima duração, caso o estímulo não seja recuperado. Outro detalhe importante é que a memória sensorial apresenta capacidade relativamente grande, se comparada à memória de trabalho (que será discutida no próximo tópico). Isso quer dizer que, na memória sensorial, registramos mais estímulos do que podemos recuperar, pois, no caso da evocação da informação, entra em ação da memória de trabalho, que, como citado, tem capacidade reduzida em relação à memória sensorial. De fato, a memória de trabalho é capaz de armazenar somente cerca de 5 a 9 (7 mais ou menos 2) itens, conforme discutiremos no próximo tópico. Apesar da capacidade relativamente maior de reter informações, nem tudo o que fica gravado na memória sensorial se torna consciente pra nós, apresentando, portanto, caráter pré-consciente (Mourão & Melo, 2011a).

Além dos atributos citados acima, a memória sensorial se caracteriza biologicamente por ser um fenômeno de natureza elétrica. Isso quer dizer que essas informações não produzem alterações morfológicas e nem funcionais nos neurônios envolvidos neste processo. A informação está disponível apenas enquanto os neurônios disparam potenciais elétricos. Com o fim desses disparos, perde-se a informação. Por exemplo, quando vemos um objeto, a imagem fica gravada por frações de segundos por meio de disparos elétricos em neurônios na região do córtex visual (área visual primária), antes mesmo que tomemos cons-

ciência da imagem. Da mesma maneira, quando ouvimos um som, este produz o disparo de neurônios do córtex auditivo primário (no lobo temporal), reverberando ali por segundos, independentemente de ser ou não evocado posteriormente (Kim, 2011).

A memória sensorial visual é conhecida como *memória icônica*, e seu registro elétrico fica retido até cerca de apenas meio segundo (500 milissegundos). Já a memória sensorial auditiva é conhecida como *memória ecoica* e seu registro dura até 20 segundos (bem mais que a memória icônica). Assim, todas as modalidades de memórias sensoriais são perdidas em menos de meio minuto, sendo, por isso, consideradas memórias de natureza ultrarrápida (Squire et al., 2013).

Como veremos mais adiante, a memória de trabalho também se caracteriza por ser um fenômeno de natureza elétrica. Essa característica nos leva a concluir que a memória sensorial e a memória de trabalho apresentam uma natureza diferente das memórias de longa duração, as quais produzem alterações físicas nos neurônios, modificando a morfologia da circuitaria neural e força de conexão entre as sinapses. Podemos, portanto, assinalar cinco características essenciais da memória sensorial: (a) sua matéria-prima são as informações que chegam até nós pelos sentidos; (b) é ultrarrápida, ou seja, apresenta curtíssima duração (da ordem de poucos segundos), apesar da variação de tempo entre diferentes tipos de estímulos (a memória visual, por exemplo, é mais curta que a memória auditiva); (c) apresenta maior capacidade de armazenamento que a memória de trabalho, apesar de durar bem menos tempo que esta; (d) apresenta caráter pré-consciente, ou seja, ocorre antes que tomemos consciência da informação que os sentidos nos trazem; (e) tal qual a memória de trabalho, trata-se tão somente de um fenômeno elétrico nos neurônios, não produzindo alterações morfológicas ou funcionais nas sinapses (como ocorre com as memórias de longa duração) (Bear, Connors, & Paradiso, 2008).

Memória de Trabalho

Existe um tipo de memória que, contrariando um pouco o senso comum, não serve somente para armazenar informações. Ela serve, sobretudo, para contextualizar o indivíduo e para gerenciar as informações que estão transitando pelo cérebro. É o que chamamos de *memória de trabalho*. O termo memória de trabalho passou a ser utilizado há pouco tempo, aparecendo na literatura somente na década de 1960, o que indica que seu estudo é também recente. Talvez por isso não haja convergência entre os pesquisadores da área a respeito da definição desse termo. No entanto, há alguns pontos consensuais a respeito das características da memória de trabalho, a saber: sua duração ultrarrápida (de apenas poucos segundos) e sua capacidade limitada (retém apenas 5 a 9 itens) (Goldberg, 2009).

A duração da memória de trabalho é ultrarrápida porque ela nos permite armazenar uma informação apenas enquanto estamos fazendo uso dessa mesma informação, ou seja, apenas enquanto certo trabalho está sendo realizado ou en-

quanto precisamos elaborar determinado comportamento. Quando queremos encomendar uma pizza, por exemplo, olhamos o número no imã da geladeira e conseguimos guardá-lo tempo suficiente para que possamos chegar ao telefone e discar o número. Quando a informação temporariamente armazenada deixa de ser útil, ela é descartada e, normalmente, esquecida. Portanto, é provável que esqueçamos o número de telefone da pizzaria alguns minutos após termos discado. A memória de trabalho também entra em ação quando estamos conversando com alguém e, para que possamos encadear as ideias para que a conversa tenha sentido, temos que nos lembrar (temporariamente) da última e da penúltima palavra que foram ditas para que a frase e, posteriormente, a conversa façam sentido. Ao fim do diálogo, normalmente nos esquecemos da maioria das palavras e nos lembramos somente de seu conteúdo. É claro que pode acontecer de não nos esquecermos da informação. Isso dependerá da nossa motivação em armazenar aquela informação. Portanto, caso seja de nosso interesse, podemos transformá-la em memória duradoura.

Um modelo conhecido da memória de trabalho é o modelo multicomponente de Baddeley e Hitch (1974). Segundo esses autores, a memória de trabalho pode ser dividida em 4 componentes principais: (a) *executivo central* (que representa o sistema atencional do cérebro); (b) *esboço visuoespacial* (que gerencia e armazena temporariamente informações a partir de imagens, como se estivéssemos vendo algo mentalmente); (c) *alça fonológica* (que gerencia e armazena temporariamente informações a partir de sons, como se estivéssemos repetindo sons mentalmente); (d) *retentor episódico* (que gerencia informações já arquivadas em nosso cérebro, comparando-as com as novas informações que chegam através dos sentidos). Portanto, a memória de trabalho é bem mais do que um sistema de memórias, ela é fundamental na evocação das memórias e no processamento lógico de informações.

De fato, a memória de trabalho, conserva uma informação na consciência enquanto tal informação está sendo processada e, após tal processamento, a memória se estingue sem necessariamente formar traços (ou seja, sem necessariamente se transformar em arquivo duradouro). Mas sua função vai muito além disso. A outra função fundamental da memória de trabalho é comparar as novas informações que estamos recebendo com informações antigas, já consolidadas e armazenadas em nossa memória de longo prazo. Por isso dizemos que *a memória de trabalho trabalha com memórias*, ou seja, ela é um sistema de processamento que confronta as informações que estão chegando ao cérebro pelas vias sensoriais com as informações que já estão arquivadas nos sistemas cerebrais que compõem a memória de longa duração (Andrade, Santos, & Bueno, 2004).

Apesar de estar intimamente relacionada às memórias de longa duração, a memória de trabalho não deve ser confundida com arquivos de memória (Mourão & Melo, 2011b). Um bom exemplo da relação e da diferença entre a memória de trabalho e os outros sistemas de memória

de longa duração é o seguinte: imagine que tenhamos um depósito grande, capaz de estocar um número relativamente grande de caixas (que seria a nossa memória de longa duração). Apesar da capacidade de armazenamento do seu estoque, para retirar as caixas de lá, precisamos, por exemplo, de um carrinho, que, obviamente, é bem menor que o nosso depósito, o que nos impede de retirar do estoque toda a mercadoria de uma só vez (nesse caso, o carrinho representa nossa memória de trabalho). Conclusão: nosso estoque é capaz de armazenar muitas caixas, mas só somos capazes de transportar poucas delas simultaneamente. Transpondo esse raciocínio para nossa memória, temos a seguinte situação: os sistemas de memória de longa duração são capazes de armazenar muitas informações, no entanto, a memória de trabalho, que entra em ação na evocação dessas informações, nos permite recuperar apenas algumas delas ao mesmo tempo (Bear et al., 2008).

Portanto, a memória de trabalho gerencia as informações contidas em nossa memória de longo prazo, trazendo à consciência as informações de maneira sequencial e ordenada, criando um fluxo de pensamento coeso e coerente, permitindo que, assim, possamos produzir nossas ideias em consonância com o que a realidade nos apresenta (Goldberg, 2009).

Convém ressaltar que não temos a menor ideia de como se dá, do ponto de vista neurobiológico, esse processo de evocação de memória. Em outras palavras, estamos muito longe de compreender: (a) como a memória de trabalho “sabe” exatamente qual informação deverá buscar por vez nos arquivos de memória de longo prazo; (b) como ela localiza tal informação; (c) como ela coloca as informações evocadas na ordem correta a fim de formarem um todo coeso; (d) como essa sequência de informações evocadas é trazida à luz da consciência (Bennett & Hacker, 2013).

O pouco que sabemos é que esses processos de integração de informação se localizam preferencialmente no córtex pré-frontal, e que a dopamina é um neurotransmissor muito importante para a ocorrência de tais processos. Nada mais sabemos a respeito do mistério da evocação das memórias (Fuster, 2003).

Algumas doenças que afetam diretamente a memória de trabalho servem para ilustrar sua função. Dentre elas, podemos citar a esquizofrenia (bem como outras várias psicoses). Nessa doença o paciente não consegue manter um fluxo coerente de ideias – ele pensa diversas coisas ao mesmo tempo e as ideias que vêm à sua consciência não se juntam de maneira organizada. Assim, ele perde o contato com a realidade, ficando invadidos por ideias delirantes, caóticas e sem qualquer sentido (Fuentes, Malloy-Diniz, Camargo, & Cosenza, 2008).

Memória de Longa Duração

Como o próprio nome indica, a memória de longa duração (MLD) é aquela que armazena informações por longos períodos de tempo, meses, anos ou até mesmo décadas. Por isso, a MLD é também conhecida como memória remota. Uma característica importante da MLD é sua capacidade de

guardar informações por tempo indeterminado, bastando, para tanto, que a memória continue a ser reforçada com o passar dos anos. Os limites de sua capacidade de armazenamento são ainda desconhecidos, mas sabe-se que sua capacidade é muito grande (Bear et al., 2008).

A memória de longa duração pode ser didaticamente dividida em duas categorias principais: (a) *memória declarativa* (também conhecida como memória explícita), que corresponde às memórias que estão prontamente acessíveis à nossa consciência e que podem ser evocadas através de palavras; (b) *memória não declarativa* (também conhecida como memória implícita), que correspondem às memórias que estão em nível subconsciente, não podendo ser evocadas por palavras, mas sim por ações (Lent, 2010). Falaremos primeiro da memória declarativa e, ao final deste tópico, faremos comentários sobre a memória não declarativa.

É na memória declarativa que estão “guardados” os episódios de nossa infância, as imagens de uma viagem que fizemos há muito tempo e os conhecimentos adquiridos na escola. Sobre o conteúdo da memória declarativa, podemos subdividi-la em duas categorias: (a) *memória episódica*, que diz respeito a experiências passadas, a “episódios” de nossas vidas (uma viagem, um momento muito triste, o primeiro beijo etc.). A memória episódica guarda informações relacionadas a um determinado momento no tempo, sendo, portanto, responsável pela nossa autobiografia; (b) *memória semântica*, que diz respeito a conhecimentos não relacionados a tempo e espaço específicos. Trata-se de uma memória que não guarda momentos, mas sim fatos (e.g. o significado das palavras, os conhecimentos de biologia, as regras gramaticais de um idioma, símbolos etc.). Essa subdivisão da memória declarativa se justifica, pois parece que as memórias episódica e semântica se relacionam a diferentes áreas cerebrais, podendo ser afetadas de maneira distinta em diversas doenças que acometem o cérebro. Portanto, é possível que um paciente tenha déficits acentuados de sua memória episódica, a despeito de manter sua memória semântica praticamente intacta (Hill, 2010).

Como já vimos, para que seja possível guardar tantas informações por tanto tempo, o cérebro se modifica de algumas maneiras para dar conta do recado. As alterações possíveis já foram descritas anteriormente, quais sejam: alterações estruturais (morfológicas) e alterações sinápticas (funcionais) (Hebb, 1949).

No caso das alterações funcionais (fortalecimento das conexões sinápticas), parece que quanto mais simples é a memória a ser consolidada, menor é o número de sinapses que precisa ser modificada. Por outro lado, quanto mais complexa é a memória, maior o número de sinapses a ser modificada. Chamamos de “memórias simples” o fato de sabermos que não devemos colocar o dedo na tomada, por exemplo. Nesse caso, alguns milhões de sinapses modificadas em poucas regiões do cérebro são suficientes. No caso das “memórias complexas” (todo o conhecimento que aprendemos na escola, por exemplo), são necessários bilhões de novas sinapses em muitas áreas

cerebrais. Isso quer dizer que quanto mais complexa for uma memória, mais difusa ela se encontrará no cérebro. E, por outro lado, quanto mais simples, mais localizada ela estará. No entanto, a consolidação das informações apresenta ainda outras peculiaridades (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2006).

A primeira delas é a labilidade da informação nas horas iniciais do processo de armazenamento. A formação de uma memória de longa duração leva, em média, entre três e oito horas. Enquanto esse processo não chega ao fim, a informação a ser consolidada pode sofrer alterações, apresentando-se suscetível, por exemplo, à ação de drogas, à interferência de outras memórias e ao aumento/declínio excessivo de neurotransmissores, tais como dopamina, noradrenalina e acetilcolina. Verificou-se experimentalmente que todos esses fatores, de alguma maneira ainda pouco conhecida, interferem nos mecanismos cerebrais envolvidos no processo de consolidação. É por esse motivo que muitas pessoas, após terem sofrido um susto muito grande (um acidente de carro muito violento, por exemplo) relatam não se lembrar de nada imediatamente antes da descarga de adrenalina promovida pelo susto (é o que chamamos de *amnésia retrógrada*) (James, 1890).

Até certo ponto, o aumento do nível de neurotransmissores associados ao estado de alerta otimiza a qualidade da consolidação. Isto é, se uma determinada situação tem “colorido emocional” para o sujeito, ou se ele está atento, é provável que ele se lembre de muitos detalhes sobre tal situação, mais detalhes do que ele normalmente lembra sobre as situações cotidianas. Por outro lado, se os níveis de neurotransmissores apresentam-se muito elevados, o armazenamento da informação é prejudicado, podendo ocorrer perda de muitos detalhes ou perda total da informação (Mourão & Abramov, 2011).

Vale ressaltar que por mais carregado de emoção que seja um evento, nunca seremos capazes de nos lembrar de todos os detalhes. Mesmo as “melhores” memórias não são perfeitas, há sempre algum grau de perda durante o processo de consolidação. Assim, outra peculiaridade das memórias de longa duração é seu caráter não estável. Além das perdas que ocorrem logo durante o processo de consolidação, toda vez que evocamos uma memória, modificamos mais ainda essa mesma memória. Portanto, com o passar do tempo, ao relatar uma vivência de nossa infância, por exemplo, estamos cada vez mais distantes de relatar o que realmente aconteceu. De fato, a evocação nada mais é do que um processo de edição de fragmentos de memória, os quais são organizados pela memória de trabalho e pelas funções executivas visando formar um todo mais ou menos coerente. Por isso cada um lembra de um determinado fato à sua maneira. A evocação está, portanto, longe de ser uma reprodução fiel das informações que foram arquivadas. Trata-se, em verdade, mais de um processo criativo do que reprodutivo.

As perdas durante o processo de consolidação devem ser encaradas de maneira natural, uma vez que o que os neurônios realmente fazem é *traduzir* a realidade por

nós percebida em potenciais elétricos ou em alterações bioquímicas. Em toda tradução há perdas, e quem já leu a tradução de qualquer texto comparando-o ao original sabe disso. Além dessa primeira tradução, nossas memórias são novamente traduzidas quando são evocadas e, novamente, há perdas ou modificações, pois fatos novos podem ser adicionados, incluindo falsas memórias (Mourão & Abramov, 2011).

A consolidação de memórias ocorre no hipocampo, que é uma região bem delimitada e filogeneticamente antiga no lobo temporal. O hipocampo tem esse nome por ter a forma de um cavalo-marinho. Sabemos da importância do hipocampo no processo de consolidação porque pacientes com lesão bilateral dessa estrutura são totalmente incapazes de guardar qualquer informação nova. Tornam-se escravos do passado, sendo capazes de lembrar de tudo o que se passou antes da lesão ocorrer, mas não conseguem mais armazenar nada de novo. Esse quadro se denomina *amnésia anterógrada* (Kandel, 2006).

Parece que a consolidação ocorre durante determinadas fases do sono, e é por isso que o sono é fundamental para a consolidação de novas informações. Acredita-se que os sonhos, com seu conteúdo muitas vezes desconexo, seja nada mais do que a evocação de fragmentos de memória que estejam sendo descartados para que novas memórias se consolidem. Entretanto, apesar dessa hipótese ser atraente, é importante ressaltar que o sono e os sonhos ainda são um mistério absoluto na neurociência. Além do sono, outros fatores como atenção, motivação, nível de estresse e estado emocional são fundamentais para uma boa consolidação de memórias, como já foi dito (Luria, 1981).

Além da perda natural que ocorre com o decorrer do tempo, as induções por parte de terceiros também podem nos levar a editar nossas lembranças. A psicóloga americana Elizabeth Loftus (1975) demonstrou a força da indução na alteração de nossas memórias. Essa força é tamanha que levou muitos indivíduos a criarem uma lembrança completamente falsa sobre um determinado episódio de suas infâncias. Os sujeitos que participaram da pesquisa da psicóloga jamais tinham passado pela situação em questão (estar perdido no *shopping*) e, apesar disso, após terem sido induzidos por parentes, os participantes relataram, com certo grau de detalhe, terem passado por essa situação. Esses achados mostram o quanto pode ser perigoso confiar plenamente em provas testemunhais, principalmente em processos judiciais, já que é possível fazer alguém acreditar que viveu uma situação que, de fato, não viveu.

Um aspecto interessante da memória declarativa é que o conhecimento por ela armazenado interfere fortemente em nossa maneira de perceber o mundo e em nossas decisões. Passar por uma situação extremamente desagradável em determinado lugar nos leva a perceber de maneira negativa este mesmo lugar. E, provavelmente, quando formos escolher um local para ir, decidiremos visitar algum lugar diferente. Essa característica tem um importante papel adaptativo, pois pode nos livrar de situações de perigo semelhantes a alguma experiência anterior. Quando uma

memória é adquirida em situação de estresse, ansiedade ou medo, sua evocação será mais rápida e precisa em situações em que o sujeito apresente-se novamente estressado, ansioso ou amedrontado. Dessa maneira, diante de uma situação potencialmente perigosa, a qual desperta em nós certa ansiedade, somos capazes de evocar com mais rapidez e eficiência um maior número de respostas que já tenhamos emitido em situações semelhantes e que tenham se apresentado adequadas.

Outro papel adaptativo da memória declarativa é o esquecimento e a extinção. A importância de ambos os processos é óbvia e está relacionada à economia de sinapses e à otimização na ocupação de áreas do córtex cerebral com informações. Tão importante quanto conseguir memorizar é conseguir esquecer. O esquecimento acontece porque somos bombardeados com incontáveis estímulos o tempo inteiro, muitos dos quais são totalmente irrelevantes. Por isso, selecionamos as informações mais importantes para serem arquivadas (Mourão & Abramov, 2011). Se pararmos para pensar, a atividade de esquecer é mais proeminente que a atividade de armazenar. Quando assistimos a um filme de duas horas, por exemplo, somos capazes de relatar tudo o que lembramos a seu respeito em poucos minutos. Portanto, o esquecimento é um processo tão natural quanto a memorização, sendo extremamente importante para nós.

Sujeitos que são incapazes de esquecer apresentam grandes dificuldades em outros aspectos cognitivos, por exemplo, na capacidade de interpretação da leitura, no raciocínio lógico-matemático, entre outros. É como se o cérebro estivesse tão ocupado gravando cada vez mais informações, que não é capaz de realizar outras atividades cognitivas, tais como processar as informações que está gravando sem parar. Alguns autores diferenciam *esquecimento* de *extinção*. Segundo eles, uma memória esquecida não pode mais ser evocada. Por outro lado, uma memória extinta é aquela que fica latente, no entanto, diante de condições específicas, somos capazes de evocá-las (Flavel, Miller, & Miller, 1999).

Como as memórias remotas, uma vez consolidadas, se distribuem difusamente pelo córtex cerebral, a perda de memórias declarativas – denominada *demência* – acontece quando ocorrem lesões corticais extensas. Isso se dá na doença de Alzheimer, na qual ocorre uma excessiva deposição de proteínas anômalas formando corpúsculos e emaranhados que impedem o trânsito de substâncias químicas no corpo celular dos neurônios e nas sinapses. Outras doenças que podem evoluir com quadro demencial são a doença de Parkinson em fase avançada e a síndrome de Down, quando os pacientes atingem idades mais avançadas (Bear et al., 2008).

Agora vamos falar sobre uma outra modalidade de memória de longa duração: a memória não declarativa (MND). As MND operam em nível subconsciente e não se tratam de processos intelectivos. No grupo das MND incluímos os condicionamentos, as memórias motoras e o *priming*. Os condicionamentos nada mais são do que

associações que fazemos entre estímulos ou então entre determinados comportamentos com sua consequência (recompensa ou punição). Como os condicionamentos se relacionam mais aos processos de aprendizado, tendo menos relação com a memória em si (Izquierdo & Medina, 1997), eles fogem ao escopo deste trabalho. Portanto, não discorreremos sobre eles.

As memórias motoras são memórias relacionadas a procedimentos e habilidades motoras. São difíceis de serem aprendidas, pois necessitam de muita repetição para se tornarem consolidadas. Porém, uma vez consolidadas, se tornam automáticas, inconscientes e extremamente resistentes ao esquecimento. São exemplos de memórias motoras o aprender a andar de bicicleta ou o aprendizado do manejo de um instrumento musical. Custamos a aprender; é necessário repetir muitas vezes; mas uma vez aprendido, não mais conseguimos esquecer. E nem tampouco somos capazes de explicar (declarar) como tocamos um violoncelo ou andamos de bicicleta. Só conseguimos “explicar” mostrando, isto é, tocando o instrumento ou andando na bicicleta. As regiões cerebrais envolvidas no aprendizado e no armazenamento de habilidades motoras são as regiões do encéfalo relacionadas à motricidade, quais sejam, o cerebelo e os núcleos da base (conhecido também como corpo estriado) (Fuster, 2003).

Um fenômeno muito interessante relacionado às memórias e que merece ser mencionado é o *priming* (também conhecido como pré-ativação). O *priming* é, na realidade, um tipo de memória induzido por pistas ou dicas. Às vezes estamos tentando lembrar de uma música ou de um poema, e não conseguimos. Porém, se alguém cantarolar para nós as primeiras oitavas da música ou recitar para nós o início dos primeiros versos do poema, quase instantaneamente nos lembramos de todo o restante, como se fora uma reação em cascata. De fato, parece que, muitas vezes, só nos lembramos de onde está um prédio quando dobramos a esquina anterior à sua localização. Da mesma maneira, um animal só consegue lembrar da saída do labirinto na medida em que vai percorrendo o mesmo – cada etapa serve de pista para a etapa seguinte (Lashley, 1963).

Não sabemos quais regiões do cérebro estão envolvidas no *priming*, mas acredita-se que ele seja um fenômeno difuso e que sua localização tenha a ver com a pista. Se a pista for visual, o *priming* se associa a disparos de neurônios do córtex occipital (área visual primária); se a pista for auditiva, disparam neurônios do lobo temporal (área auditiva primária), e assim por diante. Entretanto, áreas neocorticais de associação, como o córtex pré-frontal, estão certamente envolvidas nesse fenômeno, uma vez que o *priming* envolve integração temporal de informações (Kandel et al., 2013).

Parece que o *priming* é mais importante do que imaginamos, pois ele faz com que tenhamos a tendência de evocar informações sobre as quais já recebemos alguma pista em algum momento de nossa vida (Kandel et al., 2013). Ocorre que tais pistas nos chegam, muitas vezes,

tão rapidamente que nem tomamos consciência delas, mas elas serão decisivas para nossas decisões futuras. Um exemplo claro disso são as propagandas subliminares, nas quais o cérebro é bombardeado com pistas (e.g. uma determinada marca de refrigerante). Da próxima vez que formos comprar um refrigerante, nossa “escolha” acabará recaindo sobre a marca que nos foi apresentada no passado.

Finalmente, devemos mencionar que estudar a memória é algo extremamente difícil em virtude de dois problemas de ordem metodológica. Em primeiro lugar, não há como estudar a memória de maneira “pura”, pois os processos de memória estão totalmente ligados a outros processos cognitivos, tais como função executiva, atenção, emoção, motivação, linguagem, nível de estresse etc. Além disso, as inúmeras baterias de testes psicométricos que se propõem a avaliar a memória apresentam um grande inconveniente prático: em todas elas o examinador escolhe o que e quando o paciente deve guardar e evocar uma dada informação. Acontece que, na vida real, não é isso o que ocorre, pois, na realidade, é o sujeito quem decide o que, quando e como deve lembrar de algo, e isso não é passível de ser medido por meios objetivos (Luria, 1981).

Referências

- Andrade, V. M., Santos, F. H., & Bueno, O. F. A. (2004). *Neuropsicologia hoje*. São Paulo, SP: Artes Médicas.
- Baddeley, A. (2007). *Working memory, thought and action*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. *The Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2008). *Neurociências: Desvendando o sistema nervoso* (3. ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Bennett, M. R., & Hacker, P. M. S. (2013). *Philosophical foundations of neuroscience*. Malden, MA: Blackwell.
- Chan, R. C., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. Y. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(2), 201-216. doi:10.1016/j.acn.2007.08.010
- Flavel, J. H., Miller, P. H., & Miller, S. A. (1999). *Desenvolvimento cognitivo* (3. ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Fuentes, D., Malloy-Diniz, L. F., Camargo, C. H. P., & Cosenza, R. M. (2008). *Neuropsicologia: Teoria e prática*. Porto Alegre, RS: Artmed.
- Fuster, J. M. (2003). *Cortex and mind: Unifying cognition*. New York: Oxford University Press.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2006). *Neurociência cognitiva: A biologia da mente* (2. ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Goldberg, E. (2009). *The new executive brain: Frontal lobes in a complex world*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior*. New York: Wiley.
- Hering, E. (1920). Memory as a universal function of organized matter. In S. Butler (Ed.), *Unconscious memory* (pp. 63-86). London: Jonathan Cape.
- Hill, C. S. (2010). *Consciousness*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Izquierdo, I. (2011). *Memória* (2. ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.

- Izquierdo, I., & Medina, J. H. (1997). Memory formation: The sequence of biochemical events in the hippocampus and its connection to activity in other brain structures. *Neurobiology of Learning and Memory*, 68, 285-316. doi:10.1006/nlme.1997.3799
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. Chicago, IL: William Benton.
- Kandel, E. R. (2006) *In search of memory: The emergence of a new science of mind*. New York: W. W. Norton & Company.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). *Principles of neural science* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Kim, J. (2011). *Philosophy of mind* (3rd ed.). Boulder, CO: Westview Press.
- Lashley, K. S. (1963). *Brain mechanisms and intelligence*. New York: Dover.
- Lent, R. (2010). *Cem bilhões de neurônios?: Conceitos fundamentais de neurociência* (2. ed.). São Paulo, SP: Atheneu.
- Loftus, E. F. (1975). Leading questions and the eyewitness report. *Cognitive Psychology*, 7, 560-572. doi:10.1016/0010-0285(75)90023-7
- Luria, A. R. (1981). *Fundamentos de neuropsicologia*. São Paulo, SP: Editora da Universidade de São Paulo.
- Mourão, C. A., Jr., & Abramov, D. M. (2011). *Fisiologia essencial*. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan.
- Mourão, C. A., Jr., & Melo, L. B. R. (2011a). Explorando a função executiva: A bateria de avaliação frontal. In A. J. G. Barbosa (Ed.), *Atualizações em psicologia social e desenvolvimento humano* (pp. 5-193). Juiz de Fora, MG: Editora da Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Mourão, C. A., Jr., & Melo, L. B. R. (2011b). Integração de três conceitos: Função executiva, memória de trabalho e aprendizado. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 27(3), 309-314. doi:10.1590/S0102-37722011000300006
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A.-S., McNamara, J. O., & White, L. E. (2010). *Neurociências* (4. ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Squire, L. R., & Kandel, E. R. (2003). *Memória: Da mente às moléculas*. Porto Alegre, RS: Artmed.
- Squire, L. R., Berg, D., Bloom, F. E., du Lac, S., Ghosh, A., & Spitzer, N. C. (2013). *Fundamental neuroscience* (4th ed.). New York: Academic Press.