

CAPÍTULO

3

MEMÓRIA DE TRABALHO

Alan Baddeley

Como vai a sua aritmética mental? Você conseguiria multiplicar 27 por 3? Tente.

Pessoas diferentes usam métodos diferentes; no meu caso, multipliquei 7 por 3, resultando em 21, então mantive o 1 em mente e acrescentei o 2, antes de prosseguir à multiplicação de 2 por 3, e assim por diante, preenchendo a recuperação de fatores numéricos com a manutenção e manipulação dos totais temporários. Em resumo, tive de usar a memória de trabalho, simultaneamente gravando e processando informações. Esse uso ativo da memória é o foco do presente capítulo.

A ideia de que a memória de curta duração serve como uma memória de trabalho foi proposta por Atkinson e Shiffrin (1968), que criaram o modelo sucintamente descrito no Capítulo 1. Como este tinha muitos pontos em comum com vários modelos semelhantes, populares naquela época, ele ficou conhecido como modelo modal.

Como ilustra a Figura 3.1, o modelo modal propõe que a informação entra a partir do ambiente e é processada primeiramente por uma

série paralela de sistemas de memória sensorial temporária de curta duração, incluindo os processos de memória icônica e ecoica discutidos no Capítulo 1. A partir deste ponto, a informação flui para o armazenamento por um curto período que forma uma parte crucial do sistema, não somente alimentando informações para dentro e para fora do armazenamento por um longo período, mas também atuando como uma memória de trabalho, responsável por estratégias de seleção e funcionamento, por repetição consciente (*rehearsal*) e geralmente servindo como um espaço operacional global. Atkinson e Shiffrin (1968) criaram uma simulação matemática de seu modelo, concentrando-se nos processos envolvidos na repetição mecânica de itens verbais e no papel da repetição consciente na transferência de informações do armazenamento por um curto período para o de longa duração. Durante algum tempo, o modelo modal pareceu oferecer uma solução elaborada à questão de como a informação é manipulada e armazena-

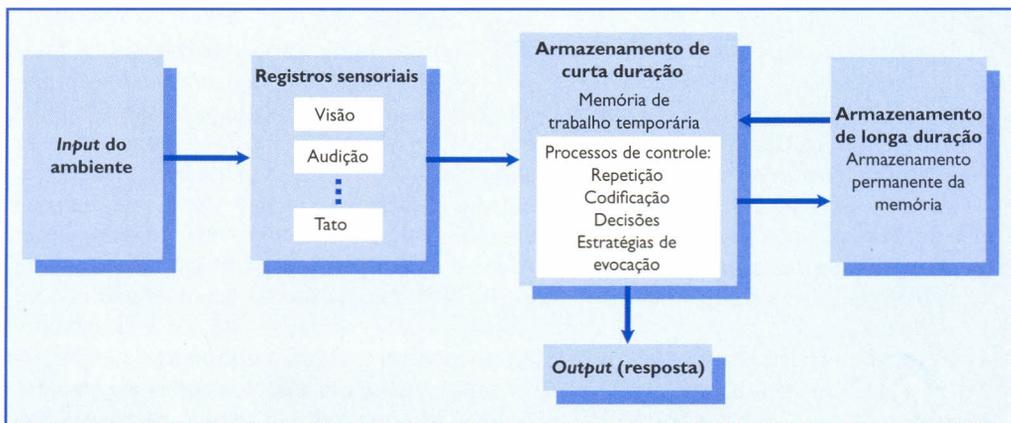


Figura 3.1 O fluxo de informações através dos sistemas de memória de acordo com a concepção do modelo modal de Atkinson e Shiffrin. © 1971 Scientific American. Reproduzido com permissão.

da. Depois de um longo período, contudo, os problemas começaram a surgir.

Um dos problemas dizia respeito ao entendimento de que a retenção de itens armazenados por um curto período de tempo poderia garantir o aprendizado. Essa visão foi desafiada por Craik e Lockhart (1972), que propuseram, em vez disso, o princípio de **níveis de processamento**, o qual sustenta que o aprendizado depende da forma como o material é processado, em vez do tempo no armazenamento de curta duração. Essa importante teoria é discutida no Capítulo 5.

O modelo de Atkinson e Shiffrin também enfrentou a dificuldade de explicar algumas evidências neuropsicológicas. Vale lembrar que Shallice e Warrington (1970) descreveram um paciente que aparentava um grave déficit no processo de armazenamento de curta duração. De acordo com o modelo modal, o armazenamento de curta duração desempenha um papel crucial na transferência de informações para dentro e para fora da memória de longa duração. Essa deficiência da memória de curta duração deveria, portanto, causar grandes limitações à aprendizagem de longa duração nesses pacientes. Além disso, se o armazenamento de informação por um curto período age como uma memória de trabalho geral, esses pacientes deveriam sofrer de um grave transtorno nas atividades cognitivas complexas como o raciocínio e a compreensão. Este não era o caso. Uma paciente com graves limitações na memória de curta duração era uma secretária bastante eficiente, outra gerenciava uma loja e formou família, e um terceiro era motorista de táxi (Vallar e Shallice, 1990). Em suma, eles não apresentavam quaisquer sinais de sofrer de um déficit de memória de trabalho geral.

Em poucos anos, o conceito de memória de curta duração havia passado da simplicidade para a complexidade. Uma grande variedade

de de novas técnicas experimentais havia sido inventada, porém nenhuma delas mapeava de forma direta e simples para quaisquer teorias propostas para a explicação da ampla variedade de estudos da MCD. Neste ponto, muitos investigadores abandonaram o campo em favor da memória de longa duração, optando por trabalhar nos interessantes desenvolvimentos de novos estudos dos níveis de processamento da memória semântica.

No exato momento em que os problemas com o modelo modal se tornavam evidentes, Graham Hitch e eu começávamos nossa primeira pesquisa patrocinada, na qual havíamos empreendido uma investigação sobre o relacionamento entre as memórias de curta e longa duração. Em vez de procurar um caminho entre as rebuscadas técnicas e teorias experimentais que caracterizavam ambos os campos, optamos por levantar uma questão bastante simples, a saber: se o sistema ou sistemas que sustentam a memória de curta duração têm alguma função, qual seria? Se, como geralmente suposto, ela agisse como uma memória de trabalho, então bloqueá-la deveria interferir tanto no aprendizado de longa duração quanto nas atividades cognitivas complexas, como o raciocínio e a compreensão. Sem acesso aos pacientes com déficits específicos na memória de curta duração, procuramos simular o caso desse tipo de paciente usando nossos alunos da graduação, processo que felizmente não exigia a remoção física da parte relevante de seu cérebro, mas que envolvia mantê-la ocupada enquanto lhes solicitávamos que raciocinassem, compreendessem e aprendessem ao mesmo tempo (Baddeley e Hitch, 1974).

Praticamente todas as teorias concordavam que, se a memória verbal de curta duração se caracterizava por qualquer tarefa simples, essa tarefa seria de extensão de dígitos, com sequências mais longas de dígitos que ocupassem uma parte maior da capacidade do sistema subjacente de armazenamento por um curto período. Portanto, combinamos a extensão de dígitos com o desempenho concomitante de uma variedade de outras tarefas tais como raciocínio, aprendizagem e compreensão, que se presumiam depender desse sistema de capacidade limitada.

TERMO-CHAVE

Níveis de processamento: Teoria proposta por Craik e Lockhart que afirma que os itens mais profundamente processados serão mais bem lembrados.

Os participantes recebiam uma sequência de dígitos que deveriam repetir continuamente ao mesmo tempo em que desenvolviam outras tarefas cognitivas. Ao variar o número de dígitos a serem mantidos, deveria ser possível variar a demanda desse sistema de capacidade limitada. Se, de fato, ele refletisse a memória de trabalho responsável pelo raciocínio e outras tarefas, então quanto mais longa fosse a sequência, tanto maior seria a carga de dígitos e tanto mais interferência deveria ocorrer.

O experimento incluía a apresentação de um protocolo simples de raciocínio no qual os alunos deveriam verificar uma afirmação em relação à ordem de duas letras. A tarefa é apresentada no Quadro 3.1. Tente fazê-lo você mesmo.

Ficamos um tanto surpresos ao constatar que as pessoas conseguiam fazê-lo, mesmo enquanto retinham e, simultaneamente, repetiam sequências de até 8 dígitos, que ultrapassou a extensão da memória de muitos dos testados. Como mostra a Figura 3.2, o tempo médio para a verificação das frases aumentava sistematicamente com a carga de dígitos, mas não de forma exagerada. O tempo total gasto com 8 dígitos foi de cerca de 50% acima da linha de base. Talvez mais impressionante tenha sido a taxa de erros que permaneceu constante em torno de 5%, a despeito da carga de dígitos concomitante.

Quais são as implicações desses resultados para a visão de que o armazenamento por um

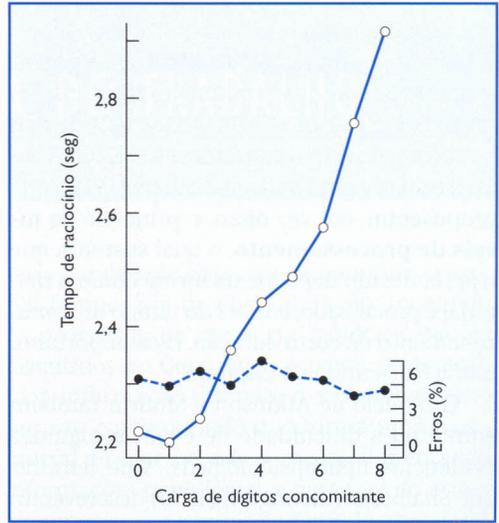


Figura 3.2 Velocidade e precisão do raciocínio gramatical como função da carga de dígitos concomitante. Fonte: Baddeley (1986). © Oxford University Press. Reproduzido com permissão.

curto período serve como memória de trabalho? A taxa de erros sugere que o desempenho pode prosseguir com eficácia a despeito da carga de dígitos concomitante, ao passo que o tempo de processamento de dados sugere que haja algum envolvimento, apesar de não ser de magnitude exagerada. Os resultados e estudos sobre a aprendizagem e compreensão renderam resultados bastante equivalentes (Baddeley e Hitch, 1974), sustentando algum tipo de hipótese da memória de trabalho, mas não uma que dependesse inteiramente do sistema de memória sustentando a extensão de dígitos.

Portanto, propusemos um modelo um pouco mais complexo o qual denominamos memória de trabalho, termo cunhado, mas sem elaboração aprofundada, por Miller, Galanter e Pribram (1960). A ênfase sobre “de trabalho” objetivou dissociá-lo de modelos mais antigos de memória de curta duração que se ocupavam primordialmente do armazenamento e enfatizar o seu papel funcional como sistema que sustenta atividades cognitivas complexas, um sistema que suporta nossa capacidade de trabalho mental e pensamento coerente (Baddeley e Hitch, 1974).

QUADRO 3.1 Exemplos do teste de raciocínio gramatical usado por Baddeley e Hitch (1974)

		Verdadeiro	Falso
A se segue a B	$B \rightarrow A$		
B precede A	$A \rightarrow B$		
B é seguido de A	$B \rightarrow A$		
A é precedido de B	$B \rightarrow A$		
A não é precedido de B	$A \rightarrow B$		
B não se segue a A	$A \rightarrow B$		

Respostas: V, F, V, V, V, F.

O MODELO MULTICOMPONENTE

O modelo que propusemos tinha três componentes (Figura 3.3). Um deles, a **alça fonológica**, é supostamente especializado na gravação de sequências acústicas ou itens baseados na fala. Um segundo sistema, o **esboço visuoespacial** (*visuo-spatial sketchpad*) exerce uma função semelhante em itens e *arranjos* codificados visual e/ou espacialmente. O sistema inteiro é controlado pelo executivo central, um sistema limitado em termos de atenção que seleciona e manipula o material em sub-sistemas, servindo como um controlador que comanda todo o espetáculo. Eis uma forma de captar esse conceito: pense em sua atual casa ou apartamento e lembre quantas janelas ela tem. Então, prossiga ao próximo parágrafo.

Quantas janelas? Como você chegou a esse número? Você provavelmente formou algum tipo de imagem visual de sua casa, o que seria o esboço, e então contou as janelas verbalmente, usando a alça fonológica. Finalmente, ao longo desse processo, houve a necessidade de que seu executivo central selecionasse e executasse uma estratégia. Esses três componentes da memória de trabalho serão considerados um a um, começando pela alça fonológica, que – como mencionado anteriormente – poderia ser considerada um modelo de memória verbal de curta duração integrado a uma teoria mais geral da memória de trabalho.

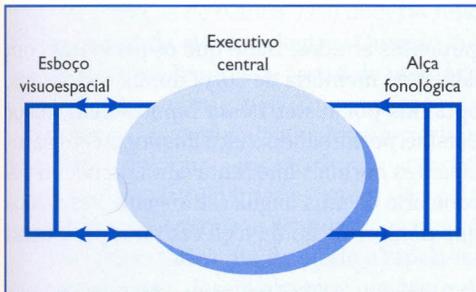


Figura 3.3 O modelo inicial de memória de trabalho de Baddeley e Hitch. As setas duplas servem para representar a transferência paralela de informações para e a partir do esboço, e as setas simples o processo de repetição consciente no interior da alça fonológica. Baseado em Baddeley e Hitch (1974).

TERMOS-CHAVE

Alça fonológica: Termo aplicado por Baddeley e Hitch ao componente de seu modelo responsável pelo armazenamento temporário de informações faladas.

Esboço visuoespacial: Componente do modelo de Baddeley e Hitch que se presumia ser responsável pela manutenção temporária de informações visuais e espaciais.

A alça fonológica

Como vimos no Capítulo 2, a alça fonológica é basicamente um modelo de memória verbal de curta duração. Ele explica uma ampla e rica variedade de descobertas utilizando um modelo simples que pressupõe um armazenamento temporário e um processo de repetição verbal. Ele não está livre de críticas, mas comprovou sua eficácia por mais de 30 anos sem – até o momento – ser substituído por um modelo mais amplamente aceito. Mas como ele se encaixa em um contexto maior de memória de trabalho? Para que serve?

Qual é a utilidade da alça fonológica?

Com relação às evidências apresentadas, a alça fonológica simplesmente aumenta a amplitude em dois ou três itens na tarefa bastante artificial de repetir números que se acaba de ouvir. Então, qual é, se é que existe, sua significância evolucionária? Seria que a evolução se preocupou em nos preparar para a invenção do telefone? E, caso contrário, seria o circuito algo diferente do que “uma espinha na anatomia da psicologia cognitiva”, como sugeriu um crítico?

Na tentativa de responder a essa pergunta, dois colegas italianos, Giuseppe Vallar e Costanza Papagno, além de mim, começamos a estudar uma paciente – P.V. – que tinha um déficit na alça fonológica. Sua extensão de dígitos era de dois itens, mas sua inteligência, memória de curta duração, e memória visual de curta duração eram excelentes. Ela falava fluentemente, e suas habilidades linguísticas gerais pareciam normais. P.V. gerenciava uma loja, era chefe de família bem-sucedida e apa-

rentava ter poucos problemas em seu dia a dia. Teria ela alguma área de maior dificuldade? Se tivesse, isso nos forneceria uma pista sobre qual função era atendida pela sua alça fonológica deficiente.

Partimos da hipótese de que o circuito talvez tivesse se desenvolvido para auxiliar a compreensão da linguagem (Vallar e Baddeley, 1987). P.V. realmente tinha problemas, mas apenas com um tipo específico de frase longa, na qual é necessário gravar as primeiras poucas palavras, até chegar ao final da frase, para conseguir compreendê-la. Isso não era suficiente para criar problemas no dia a dia de P.V., sendo difícil considerar que a evolução estivesse favorecendo o desenvolvimento de um subsistema especial de modo a facilitar a comunicação extensa e rebuscada.

Na segunda hipótese consideramos que o sistema da alça fonológica havia se desenvolvido para nos auxiliar a aprender uma língua. As pessoas que haviam adquirido o déficit da alça fonológica já na fase adulta, como é o caso de P.V., teriam algumas dificuldades, mas não muitas, porque já haviam dominado sua língua nativa. Entretanto, caso precisassem aprender uma nova língua, talvez tivessem problemas. Investigamos isto pedindo a P.V. que aprendesse a associar cada uma de 8 palavras em russo a seu equivalente em italiano, sua língua nativa (Baddeley, Papagno e Vallar, 1988). Com apresentação oral, após dez testes, todos os participantes do grupo-controle haviam aprendido as 8 palavras em russo, enquanto P.V. não aprendera palavra alguma (Figura 3.4). Seria ela tão somente amnésica? Este não era o caso, como na tarefa que envolvia aprender a associar duas palavras não relacionadas de sua língua nativa, tais como "castelo-pão", tarefa que depende tipicamente da **codificação semântica** (Baddeley e Dale, 1966), na qual P.V. era bastante limitada. Nossos resultados, portanto, deram sustentação à possibilidade de que a alça fonológica estivesse envolvida na aquisição de idiomas estrangeiros.

Contudo, ao mesmo tempo em que um único caso pode ser extremamente informativo, é possível que o indivíduo seja altamente atípico e, portanto, em última análise, conduza a jul-

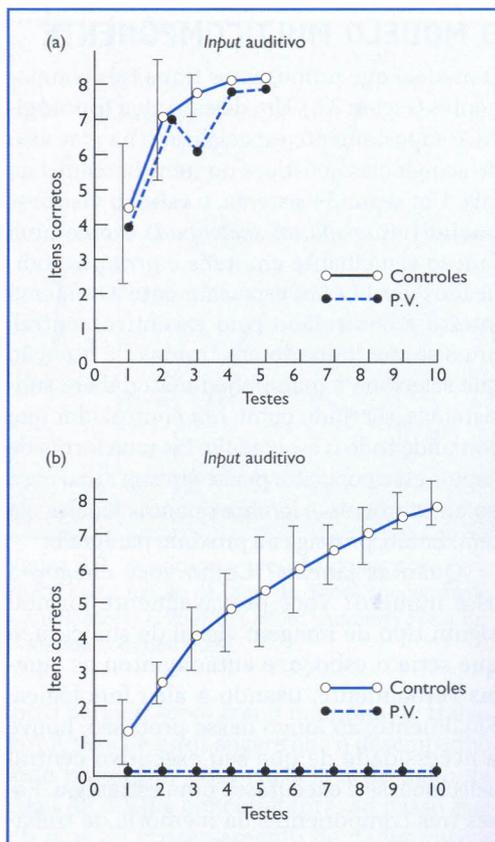


Figura 3.4 Taxa de pares de itens de aprendizagem pela paciente P.V. e controles. Sua capacidade de aprender pares de palavras com significado estava habilitada (painel a), mas ela não conseguia aprender o vocabulário de uma língua estrangeira (painel b). Fonte: Baddeley, Papagno e Vallar (1988). © Elsevier. Reproduzido com permissão.

gamentos errados. Dado que os pacientes com déficit da memória de curta duração são raros, optamos por testar nossa hipótese em maior detalhe, perturbando a alça fonológica em participantes normais que tentavam aprender o vocabulário de uma língua estrangeira. Prevíamos que a interrupção da alça causaria problemas

TERMO-CHAVE

Codificação semântica: Processar um item em termos de seu significado, relacionando-o então a outras informações na memória de longa duração.

específicos na aprendizagem de vocabulário estrangeiro, exatamente como era o caso de P.V. Em um estudo, foi utilizada a **supressão articulatória** (Papagno, Valentine e Baddeley, 1991). Quando se solicitava aos participantes para repetirem continuamente um som irrelevante durante a aprendizagem de um idioma estrangeiro, esta era comprometida, o que se presume depender da alça fonológica, mas havia pouco efeito nos pares de aprendizado de palavras na língua nativa. Em outro estudo, Papagno e Vallar (1992) variaram a similaridade fonológica ou o comprimento das palavras estrangeiras a serem aprendidas, manipulando dois fatores que sabidamente influenciam a alça fonológica. No caso de as respostas serem palavras estrangeiras, o comprometimento do desempenho em similaridade e comprimento era substancialmente superior àquele ocorrido quando ambas as palavras pertenciam à língua nativa dos participantes. As conclusões adquiridas do caso de P.V. sobre a importância do circuito na aprendizagem de palavras novas, portanto, pareciam se sustentar. Entretanto, elas ainda estavam confinadas a adultos que adquirem uma segunda língua. O sistema seria claramente mais importante se também influenciasse a aquisição da língua nativa em crianças.

Susan Gathercole e eu investigamos essa questão testando um grupo de crianças com dificuldades de linguagem específicas (Gathercole e Baddeley, 1990). Essas crianças tinham 8 anos, uma inteligência não verbal normal, mas apresentavam um desenvolvimento de linguagem de crianças de 6 anos. Isso poderia refletir um déficit da alça fonológica? Quando lhes aplicamos uma bateria de testes de memória, elas comprovaram a particular incapacidade de repetir pseudopalavras recém-ouvidas. Convém notar que essa tarefa não somente exige que os participantes escutem não palavras, mas também que as retenham na memória por tempo suficiente de modo a repeti-las. Com base nisso, desenvolvemos um **teste de repetição de não palavras** cujo comprimento aumentava e que deviam ser repetidas depois de ouvidas (p. ex., *ballop*, *woogalamic*, *versatritional*). Testamos crianças com dificuldades de linguagem, outras crianças de mesma idade

TERMO-CHAVE

Teste de repetição de não palavras: Teste no qual os participantes ouvem e tentam repetir não palavras que aumentam gradativamente de comprimento.

com desenvolvimento normal de linguagem e um grupo de crianças de 6 anos que foram comparadas por nível de desenvolvimento da linguagem ao grupo com dificuldades nessa área, mas que, sendo mais jovens, apresentavam um nível inferior de desempenho não verbal. Os resultados são apresentados na Figura 3.5, a partir dos quais fica claro que crianças de 8 anos com transtornos linguísticos apresentam desempenho ainda mais precário do que as crianças de 6 anos. De fato, equivalem a crianças de 4 anos em sua capacidade de repetição de não palavras. Seu precário desempenho na repetição de não palavras estaria relacionado ao seu retardo no desenvolvimento da linguagem? Estaria o nível de vocabulário relacionado ao desempenho na repetição de não palavras em crianças normais também?

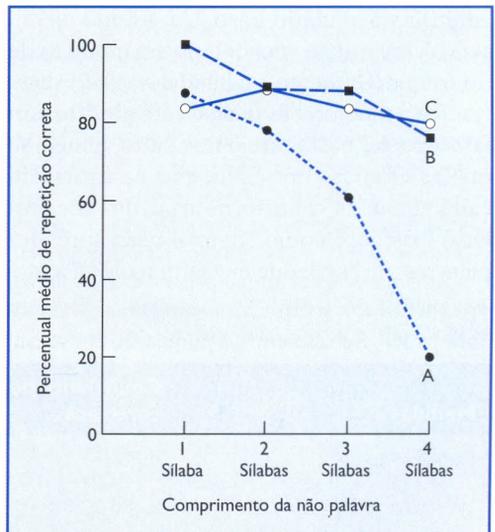


Figura 3.5 Percentual de repetição correta de não palavras por crianças com dificuldades de linguagem específicas (A), crianças de mesma idade (B) e crianças comparadas por nível de desempenho da linguagem (C). Adaptado de Gathercole e Baddeley (1990).

Na tentativa de investigar isso, um grupo de crianças entre 4 e 5 anos que recém iniciavam o ensino fundamental em Cambridge, Inglaterra, foi testado, usando-se o teste de repetição de não palavras juntamente com um teste de inteligência não verbal e um de mensuração do vocabulário. O teste envolvia a apresentação de quatro figuras e a pronúncia de uma delas; a tarefa da criança era apontar a figura em questão. À medida que o teste prosseguia, as palavras se tornavam cada vez menos comuns. O teste terminou quando o desempenho se perdia, porque a criança não conhecia mais as palavras. O desempenho nesses testes foi então correlacionado para verificar até que ponto o vocabulário estava relacionado à inteligência e à repetição de não palavras. Os resultados são apresentados na Tabela 3.1, a partir dos quais se torna claro que havia uma correlação substancial entre a capacidade de ouvir e repetir uma palavra e um nível de vocabulário.

Obviamente a correlação não significa causalidade. É igualmente plausível considerar que ter um bom vocabulário ajudará a repetir sons não familiares e assumir que a capacidade de repetir sons não familiares auxiliará a adquirir vocabulário novo. Um estudo do desenvolvimento do vocabulário em crianças de 5 a 6 anos (Gathercole e Baddeley, 1989) sugeriu que a memória fonológica era, de fato, um fator crucial nesta fase. Entretanto, à medida que as crianças cresciam, elas se tornavam cada vez mais capazes de usar um vocabulário existente como suporte para aprender palavras novas (Baddeley, Gathercole e Papag-

no, 1998). Isso se refletiu no fato de que novas palavras, que contêm seqüências de letras que lembram fragmentos de vocabulário existente (p. ex. *contramponist* [*contramponista*]), são mais fáceis de repetir do que palavras com uma estrutura de letras menos familiar (p. ex., *skiticult* [*esquiticulto*]). Contudo, o vocabulário futuro é mais previsível quanto ao desempenho nesses itens pouco usuais, talvez porque tais itens têm menos sustentação no vocabulário existente e, por isso, continuam a se apoiar na alça fonológica (Gathercole, 1995). Enquanto a relação com a aquisição de vocabulário é provavelmente a aplicação evolucionária mais evidente da alça fonológica, é provável que este também facilite a aquisição da gramática e possivelmente também da leitura (Baddeley et al., 1998). De fato, o teste de repetição de não palavras é amplamente utilizado no diagnóstico da dislexia, embora a reduzida capacidade da alça fonológica tenda a representar apenas uma das diversas variáveis que podem causar impacto sobre a complexa habilidade de aprender a ler.

A alça fonológica e o controle da ação

Até este ponto, discutimos o circuito como um sistema de armazenamento bastante limitado que desempenha um papel relativamente passivo na cognição. Miyake e Shah (1999b) sugeriram que esse ponto de vista muito possivelmente subestima sua importância, o que tem comprovado ser o caso. Em um estudo no qual estávamos interessados na capacidade

Tabela 3.1 Relação entre a pontuação em vocabulário na idade de 4 anos e outras variáveis

Medidas	Coefficiente de correlação	Regressão simples (% variância)	Regressão passo a passo (% variância)
Idade cronológica	0,218	5 ^a	5 ^a
Inteligência não verbal	0,388	15 ^b	13 ^b
Repetição de não palavras	0,525	27 ^b	15 ^b
Mímica do som	0,295	9 ^b	0
Total	0,578	33 ^b	—

^a $P < 0,05$; ^b $P < 0,01$. Há uma forte relação com o desempenho na repetição de não palavras. Fonte: Gathercole e Baddeley (1989).

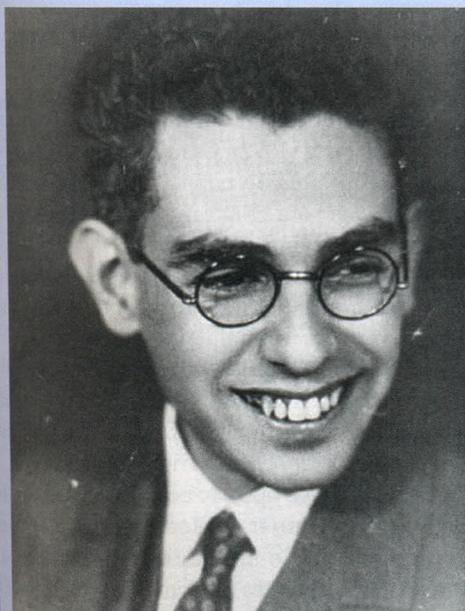
de trocar o foco de atenção entre duas tarefas (Baddeley, Chincotta e Adlam, 2001b). Utilizamos uma tarefa simples de adição ou subtração de uma série de dígitos. Dessa forma, portanto, dado 8, a resposta deveria ser 9 em um caso e 7 no outro. Os participantes recebiam uma coluna de adições (p. ex., $5 \rightarrow 6 : 8 \rightarrow 9 : 3 \rightarrow 4$, etc.) ou uma coluna de subtrações (p.ex., $5 \rightarrow 4 : 8 \rightarrow 7 : 3 \rightarrow 2$, etc.), ou lhes era solicitado alternarem, adicionando ao primeiro, subtraindo ao segundo, adicionando ao terceiro, etc. (p. ex., $5 \rightarrow 6 : 8 \rightarrow 7 : 3 \rightarrow 4$, etc.). A alternância evidentemente tornou o desempenho mais lento, particularmente quando os participantes tinham de se “lembrar” de trocar, em vez de terem os sinais de mais e menos junto a cada dígito. Entretanto, o desempenho foi ainda mais lento quando os participantes tinham de suprimir a articulação enquanto desempenhavam a condição de troca, sugerindo que eles haviam se baseado em um conjunto subvocal de instruções para manter suas posições. Efeitos semelhantes foram observados e

investigados em maior detalhe por Emerson e Miyake (2003) e por Saeki e Saito (2004).

Vale notar que os participantes de experimentos psicológicos muito frequentemente pareciam se apoiar na codificação verbal para ajudá-los a desempenhar a tarefa. Isso foi investigado por dois psicólogos russos – Lev Vygotsky (1962) e Alexander Luria (1959) – que enfatizaram o uso da autoinstrução verbal para controlar o comportamento, estudando sua aplicação da reabilitação de pacientes com lesões cerebrais ao seu desenvolvimento em crianças (Quadro 3.2). Infelizmente, Vygotsky e Luria até este ponto tinham pouca influência direta sobre os recentes desenvolvimentos da psicologia cognitiva. Pode-se tão somente esperar que futuras investigações sobre o papel da fala no controle de ações remediem isso.

Descrevemos o desenvolvimento do modelo de alça fonológica em algum detalhe. Não porque seja o único nem o mais importante componente da memória de trabalho, mas por ser o componente mais investigado e, como

QUADRO 3.2 Alexander Luria



Alexander Luria; 1902–1977.

O psicólogo russo Alexander Romanovitch Luria desenvolveu um engenhoso método para o estudo da influência da linguagem no controle das ações. Em um experimento, ele pediu que crianças de diferentes idades apertassem um botão quando uma luz vermelha acendesse, mas que não o apertassem quando a luz fosse azul. Antes dos 3 anos de idade, as crianças geralmente apertam o botão em resposta a ambas as luzes, apesar de relatarem a instrução corretamente, e conseguem desempenhar a tarefa com adequação quando lhes é dada a instrução “aperte” ao acender luz vermelha, porém sem instrução no caso da luz azul. Alguns meses depois, elas mesmas são capazes de produzir respostas verbais adequadas, mas ainda sem executar a ação. Aos 5, elas conseguem falar e agir adequadamente, apenas mais tarde conseguindo agir sem estímulo verbal. Luria também demonstrou que pacientes com danos no lobo frontal possivelmente têm dificuldades nesta tarefa, podendo ser auxiliados através da autossugestão verbal.

tal, fornecer um exemplo de como tarefas experimentais relativamente simples podem ser usadas para se estudar os processos cognitivos complexos e suas implicações práticas.

Agora prosseguimos ao esboço visuoespacial, que tem sido bem menos investigado, e o descreveremos de forma mais breve.

IMAGENS E O ESBOÇO VISUOESPACIAL

Suponhamos que lhe fosse solicitado descrever um prédio famoso, como o Taj Mahal. Como você o faria? Tente.

Você provavelmente baseou sua descrição em alguma forma de representação visuoespacial, uma imagem visual talvez? Um observador poderia também tê-lo visto usando suas mãos como complemento espacial ao relato verbal. As pessoas variam muito quanto ao ponto em que relatam ter imagem visual. No final do século XIX, Sir Francis Galton, um cavalheiro da era vitoriana, contatou seus amigos e pediu-lhes que lembrassem sua mesa do café da manhã e então descrevessem a experiência. Alguns relataram imagens quase tão

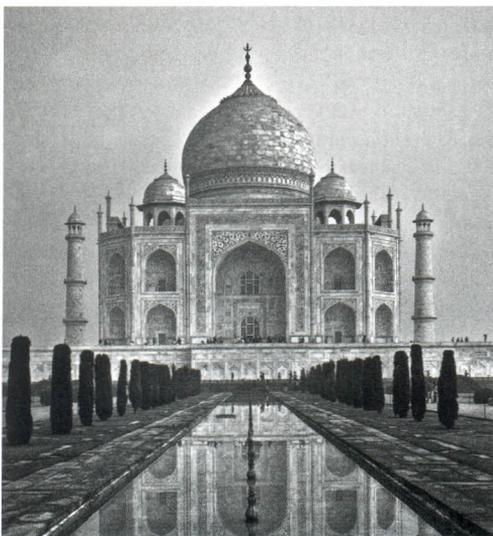
vívidas quanto a visão, enquanto outros negaram terem usado qualquer imagem visual. Surpreendentemente, estas diferenças em vividez relatada parecem ter pouca relação com quão bem as pessoas executam tarefas que se esperaria imporem pesadas demandas sobre a imagem visual, tais como a evocação visual (Di Vesta, Ingersoll e Sunshine, 1971). Os estudos que encontraram alguma diferença tendem, de forma um tanto surpreendente, a observar um desempenho mais precário em testes de memória visual por participantes que relatavam uma imagem visual forte (Heuer, Fischman e Reisberg, 1986; Reisberg, Clayton, Heuer e Fischman, 1986). A razão para esta inesperada descoberta parece ser o fato de pessoas com imagens vívidas não terem memórias melhores, mas usarem a vividez como sinal da precisão de sua lembrança e estarem mais propensas a fazerem julgamentos errados sobre a correção da memória vívida. Isso sugere que relatos subjetivos, estando convencidos ou não de termos uma imagem vívida, possivelmente refletem a forma pela qual escolhemos categorizar e descrever nossas experiências subjetivas, em vez de seu conteúdo ou capacidade (Baddeley e Andrade, 2000).

A manipulação de imagens

A Figura 3.6 mostra uma tarefa estudada por Shepard e Feng (1972). Caso as formas ilustradas fossem feitas de papel, ambas poderiam ser dobradas para criar um sólido, com a área sombreada servindo de base. Sua tarefa é imaginar-se dobrando as formas (apresentadas no lado esquerdo da Figura 3.6) e decidir se as setas vão se encontrar frontalmente. Tente fazê-la.

Shepard e Feng descobriram que o tempo gasto pelos participantes para chegar a uma solução estava sistematicamente relacionado ao número de dobraduras necessárias.

Tarefas desse tipo são com frequência usadas para selecionar pessoas para empregos, como no caso de arquitetos e engenheiros, que estão propensos a envolver o pensamento visual ou espacial. Elas também tendem a apresentar um desempenho um pouco melhor quando realizadas por homens do que mu-



Como você descreveria o Taj Mahal? Seria a base de sua descrição uma imagem visual vívida?

Fonte: Shutterstock

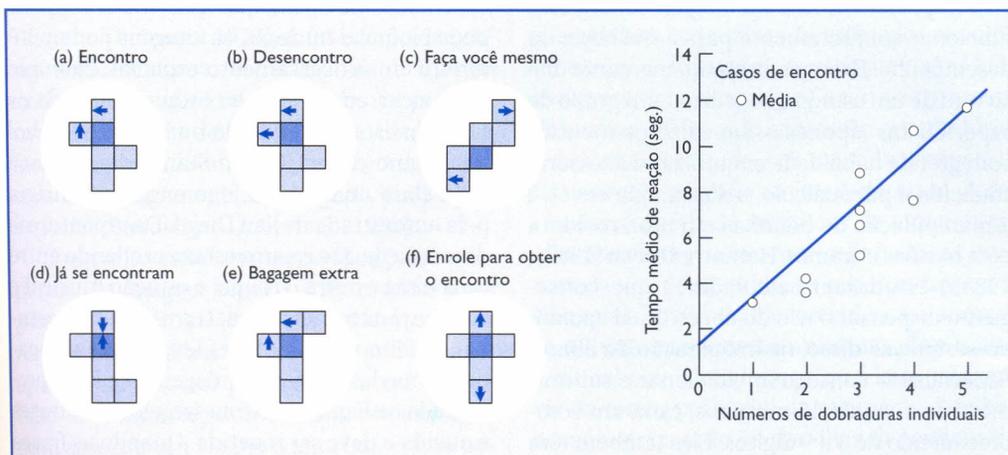


Figura 3.6 Esquerda: exemplos de 6 tipos de problemas de dobradura de papel usados por Shepard e Feng (1972). Sua tarefa é decidir o que aconteceria se as formas fossem dobradas para se transformarem em um cubo. As setas se encontrariam? Direita: tempo médio para decidir se as setas nos cubos se encontrariam em função do número de dobraduras necessárias para chegar a esta decisão. Os círculos representam cada um dos 10 diferentes tipos de problema. Dados de Shepard e Feng (1972).

heres, que costumam usar uma abordagem mais analítica e fragmentada (Linn e Petersen, 1985). Um estudo posterior de Hsi, Linn e Bell (1997) descobriu que alunas de engenharia da University of California Berkeley não tinham um desempenho tão bom no teste de manipulação espacial e também apresentavam maior tendência ao desempenho mais fraco na disciplina de gráficos, na qual 25% das alunas mulheres obtiveram conceito D ou foram reprovadas. Shi e colaboradores conversaram com engenheiros experientes sobre as estratégias de manipulação espacial que utilizavam, e com base nessas informações criaram um curso de um dia sobre estratégias em manipulação espacial. Isso teve grande sucesso na melhoria do desempenho, a ponto de fazer desaparecer as diferenças de gênero, praticamente eliminando as reprovações.

Uma série de estudos procurou entender a manipulação espacial em laboratório. Finke e Slayton (1988) desenvolveram a seguinte tarefa:

Em primeiro lugar, forme uma imagem da letra maiúscula J. Então, imagine o D maiúsculo. Agora gire o D em 90 graus para a esquerda e coloque-o em cima do J. Com o que se parece?

A resposta é um guarda-chuva. Pearson, Logie e Gilhooly (1999) tentaram analisar mais detalhadamente os processos envolvidos. Deram a seus participantes quatro, seis ou oito símbolos (p. ex., quadrado, triângulo, círculo, etc.), pedindo que os utilizassem para criar um objeto que então deveriam nomear e depois desenhar. Caso falhassem na produção de um objeto após 2 minutos, era solicitado aos participantes simplesmente lembrar dos símbolos memorizados. O papel do esboço visuoespacial e da alça fonológica nessa tarefa foi estudado por meio de tarefas concomitantes, usando-se a supressão articulatória ou a interrupção do circuito, ou indicando uma série de pontos espaciais para atrapalhar o esboço. Pearson e colaboradores descobriram que a indicação interrompia a capacidade de criar objetos novos, sugerindo que este aspecto depende do esboço, mas não tem efeito sobre a capacidade de lembrar quais formas estavam envolvidas. Entretanto, esta última era bloqueada pela supressão articulatória, sugerindo que os nomes das formas a serem manipuladas ficavam gravados na alça fonológica.

O estudo de Pearson e colaboradores é um bom exemplo da forma como o esboço

visuoespacial e a alça fonológica conseguem funcionar conjuntamente para a melhoria do desempenho. Exemplo bastante marcante disso vem de um estudo que utilizou um grupo de especialistas japoneses em cálculos mentais com grande habilidade em utilizar o acessório tradicional para cálculo, o ábaco, que envolve a manipulação de bolinhas em uma moldura com bastões e arames. Hatano e Osawa (1983a, 1983b) estudaram calculadores que conseguiam dispensar o uso do ábaco atual apoiando-se, em vez disso, na imaginação do ábaco. Especialistas conseguem adicionar e subtrair mentalmente até 15 números, cada um compreendendo de 5 a 9 dígitos. Eles também têm extensões de dígitos extremamente altas, em torno de 16 para a evocação para frente e 14 para trás. Entretanto, sua repetição consciente de extensão se limitava a dígitos. Sua extensão para outros materiais verbais, tais como consoantes, para os quais as imagens do ábaco não podiam ser utilizadas, não superava a do grupo-controle. Como era de se esperar, se os especialistas se baseavam em imagens visuo-espaciais, sua extensão era marcadamente interrompida por uma tarefa espacial concomitante, diferentemente dos participantes do grupo-controle, cujo desempenho era atrapalhado pela supressão articulatória.

Da mesma forma que a atividade espacial pode bloquear imagens, as imagens podem interferir no processamento espacial. Exemplo disso ocorreu quando eu estava visitando os EUA. Eu estava escutando um jogo de futebol americano entre UCLA e Stanford e formava uma clara imagem do jogo enquanto dirigia pela autoestrada de San Diego. De repente, me dei conta de que o carro estava oscilando entre uma pista e outra. Troquei a estação musical e sobrevivi, retornei à Inglaterra, e decidi estudar o efeito sob condições levemente arriscadas. Uma das tarefas de imagem usada é apresentada na Figura 3.7. Uma sequência de frases é ouvida e deve ser repetida. Quando as frases podem ser mapeadas para uma matriz visual, as pessoas conseguem lembrar em torno de oito instruções, comparado a apenas seis, em cujo caso o mapeamento espacial é inviável.

Infelizmente, meu departamento não possuía um simulador de direção automobilística para o uso nesta tarefa espacial, então, em vez disso, eu usei um rotor de perseguição, uma antiga peça de equipamento, no qual era solicitado ao participante executar uma tarefa de rastreamento, mantendo uma caneta em contato com um ponto luminoso móvel. Ao desempenhar esta tarefa, a vantagem imagética da qual desfrutavam as frases espacialmente

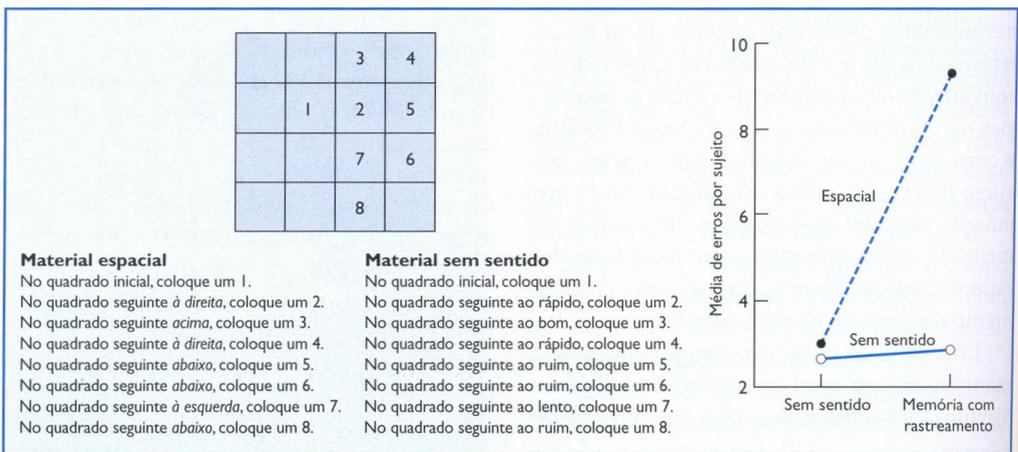


Figura 3.7 Esquerda: exemplos de material desenvolvido por Brooks e utilizado em um estudo do esboço visuoespacial. Os participantes devem repetir as frases de memória, mas podem usar a matriz para auxiliá-los. Fonte: Brooks (1967). Direita: a influência sobre a evocação das frases de Brooks de uma tarefa de rastreamento visuo-espacial concomitante. Dados de Baddeley e colaboradores (1973).

imagináveis desaparecem (Baddeley, Grant, Wight e Thomson, 1973). A interferência provou ser de natureza espacial mais do que visual, uma vez que o desempenho foi prejudicado pela tarefa de rastrear a localização da fonte de som auditivo enquanto vendados, sem fazer julgamentos de brilho visual e não espacial (Baddeley e Lieberman, 1980).

Enquanto essa tarefa específica parece depender de imagens espaciais, as imagens mais puramente visuais também podem auxiliar na evocação verbal. Uma forma poderosa de aprender a associar pares de palavras é combiná-las com imagem interativa; por exemplo, para associar um violino a uma banana, se poderia imaginar um violinista usando uma grande banana como o arco. Tais imagens baseadas em objetos tendem a ser bloqueadas pela apresentação de figuras ou cores irrelevantes, as quais os participantes foram instruídos a ignorar (Logie, 1995). De fato, sob condições adequadas, mesmo um padrão de ponto piscante consegue atrapalhar o uso de imagens visuais (Quinn e McConnell, 1996a, 1996b).

Memória de trabalho e imagens

Praticamente todos os trabalhos experimentais descritos até este ponto enfocaram o desempenho de tarefas que supostamente dependem do processamento visuoespacial. Entretanto, investigadores como Shepard e Kosslyn evitam fazer quaisquer afirmações a respeito de como isso se relaciona a nossa experiência subjetiva. Uma série de experimentos meus e de Jackie Andrade procurou abordar este problema conflitante, testando a hipótese de que as imagens visuais refletem a operação do esboço, e imagens auditivas a da alça fonológica (Baddeley e Andrade, 2000). Pedimos aos participantes para formarem e julgarem a vividez de imagens visuais e auditivas. Os participantes foram testados sob condições de linha de base, ou sob supressão articulatória, que prevíamos tornarem as imagens auditivas menos vívidas, ou com um concomitante dedilhar espacial, tarefa conhecida por atrapalhar as imagens visuoespaciais. Quando as imagens eram constituídas

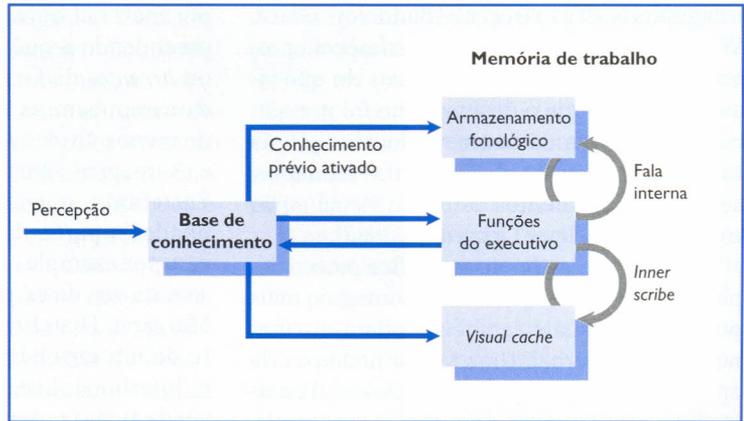
por material novo, recém apresentado, compreendendo sequências de estímulos sonoros ou *arranjos* de formas, nossas previsões funcionaram bem, as imagens auditivas parecendo menos vívidas sob supressão articulatória, e as imagens visuais, sob o dedilhar espacial. Entretanto, quando as imagens eram desenhadas a partir da memória de longa duração, por exemplo, um mercadinho local, ou o som da voz da ex-primeira ministra britânica Margaret Thatcher, havia evidências somente de um envolvimento mínimo do circuito e do esboço. Concluímos que uma imagem vívida tem o potencial de recuperar detalhes sensoriais; quando os detalhes dependem da memória de curta duração, o circuito e o esboço colocarão o limite a tais informações e, portanto, do grau de vividez da imagem. Quando a imagem se baseia na memória de longa duração, contudo, o papel do circuito e do esboço é muito menos importante. Quando formo uma imagem do meu mercadinho local, por exemplo, “vejo” um estande de flores específico, prateleiras e uma fileira de flores. Isso quase que certamente representa uma construção baseada na experiência acumulada durante muitos anos, em vez de uma representação detalhada de um leiaute específico. Nossas evidências sugerem que esta representação não depende muito do esboço, onde então seria mantida? Retomaremos este ponto ao discutirmos o quarto componente da memória de trabalho, o *episodic buffer*.

Logie (1995) propôs uma estrutura para o esboço visuoespacial que é, de certa forma, análoga àquela da alça fonológica, a saber, o armazenamento passivo que ele denomina *visual cache*, e um processo de repetição consciente e um processo ativo de repetição espacial, o *inner scribe* (Figura 3.8). Ele propõe que o sistema fornece uma área de trabalho visuoespacial para o desempenho de tarefas complexas, mas, de forma mais controversa, argumenta que sempre recebe *input* da memória de longa duração.

O EXECUTIVO CENTRAL

Assume-se que a memória de trabalho seja gerenciada pelo executivo central, um con-

Figura 3.8 A versão de Logie do modelo de componentes múltiplos de memória de trabalho na qual o *visual cache* é o contraponto do armazenamento fonológico, e o *inner scribe* é um processo de repetição consciente que é o contraponto visuoespacial da fala subvocal. Fonte: Logie e van der Meulen (no prelo), baseado em Logie (1995).



trolador atencional, em lugar de um sistema de memória. Seu principal modo de operação é presumidamente aquele proposto por Norman e Shallice (1986), que supuseram dois modos de controle: um automático, baseado em hábitos existentes, e outro dependente de um executivo atencional limitado. Dirigir um carro seria um exemplo do primeiro tipo de controle semiautomático. As atividades envolvidas são relativamente complexas, de forma que conflitos potenciais podem ocorrer, por exemplo, entre continuar a dirigir e reduzir a velocidade em resposta a um sinal de trânsito, ou a outro motorista que entra na estrada. Presume-se que estes sejam procedimentos bem aprendidos na resolução automática de tais conflitos. Já que esse comportamento se baseia em hábitos bem aprendidos, exige pouca atenção. Você já se preocupou por ter chegado ao seu destino, conduzindo o automóvel, sem sequer se lembrar de como chegou lá? Você estava consciente durante o percurso? Você quase que certamente estava, porém pensava em outros assuntos e deixando as decisões rotineiras para seu sistema de resolução de conflitos.

Entretanto, quando a resolução automática de conflitos não é possível, ou quando surge uma situação nova, por exemplo, uma estrada que está fechada para reparos, um segundo sistema precisa entrar em ação, o **sistema atencional supervisor (SAS)**. Este é capaz de intervir, em favor de uma ou outra opção con-

corrente, ou, ainda, ativar estratégias para busca de soluções alternativas. É o componente SAS que se supõe crucial ao executivo central.

Donald Norman e Tim Shallice tinham propósitos um tanto diferentes na produção conjunta de seu modelo. Por um lado, Norman estava interessado em deslizos de ação, nos quais um lapso de atenção produz consequências imprevisíveis. Estes são eventualmente triviais, como quando você sai num sábado de manhã e vai de carro até o mercado e se dá conta de que tomou, sem querer, o caminho costumeiro ao trabalho. Em outras ocasiões, tais deslizos podem ter consequências trágicas, como quando um erro do piloto leva à queda de um avião. Ambos os casos refletem situações nas quais o SAS deixa de operar da forma como deveria.

TERMOS-CHAVE

Episodic buffer: Componente do modelo de memória de trabalho de Baddeley e Hitch, o qual presume um código multidimensional que permite a interação de vários subcomponentes da memória de trabalho com a memória de longa duração.

Visual cache: Componente do modelo de memória de trabalho visual de Logie. Ele forma a contraparte do armazenamento fonológico, sendo retido pelo *inner scribe*, uma contraparte da repetição fonológica.

Sistema atencional supervisor (SAS): Componente do modelo proposto por Norman e Shallice para explicar o controle atencional das ações.

Shallice, por outro lado, estava principalmente interessado em pacientes com danos no lobo frontal, que aparentam ter problemas adicionais de controle. Isso às vezes se refletia na persistência de um erro: na execução de forma repetitiva do mesmo engano. O paciente R.R., por exemplo, (Baddeley e Wilson, 1988) foi solicitado, durante uma sessão de terapia ocupacional, a medir e cortar uma série de comprimentos de uma fita isolante. Ele persistentemente segurava a fita no ponto errado, produzindo pedaços muito curtos de fita. Quando isso era comentado, ele respondia contrariado “Eu sei que estou fazendo errado”, mas não conseguia livrar-se da sequência de ações incorretas.

Em outras ocasiões, o mesmo paciente eventualmente perdia, de forma contínua, o foco, simplesmente respondendo a qualquer que fosse o estímulo no ambiente. Isso às vezes leva ao que se conhece como comportamento de utilização, no qual o paciente faz uso desinibido de qualquer coisa à sua volta, bebendo da xícara de chá do avaliador, por exemplo, ou em certa ocasião, pegando uma seringa hipodérmica e tentando injetá-la no médico que o examinava. Diante da ausência de controle do SAS, o paciente simplesmente responde a quaisquer estímulos ou oportunidades oferecidas pelo ambiente. Considera-se que os lobos frontais sejam partes do cérebro necessárias à operação adequada do SAS, sendo que os danos potencialmente resultam em falhas do controle atencional das ações, particularmente quando os danos são extensos e atingem tanto o lobo frontal direito quanto o esquerdo.

Outra função dos lobos frontais é monitorar o comportamento, verificando se está adequado. A incapacidade de fazê-lo pode levar a comportamentos ou **confabulações** bizarros. O paciente R.R., por exemplo, certa vez acordou em sua cama e perguntou à esposa: “Por que você fica dizendo às pessoas que somos casados?”. “Mas nós somos”, ela disse, “Nós temos três filhos”, já lhe mostrando as fotos do casamento. “O cara parece comigo, mas não é, porque não sou casado”, respondia o paciente. Uma hora depois, ele pareceu ter se esqueci-



De acordo com Robbins e colaboradores (1996), a seleção de bons movimentos de xadrez exige a utilização do executivo central e do esboço visuoespacial, mas não da alça fonológica. Fonte: Shutterstock

do do incidente e o negou veementemente (Baddeley e Wilson, 1986).

Uma das principais funções do executivo central é a do foco atencional, a capacidade de dirigir a atenção à tarefa disponível. Considere uma tarefa complexa como jogar xadrez. Qual é o papel da memória de trabalho? Uma abordagem é utilizar tarefas concomitantes para atrapalhar cada um dos subcomponentes da memória de trabalho. Holding (1989) demonstrou que a contagem regressiva perturbava a capacidade dos jogadores de lembrar uma posição do xadrez, concluindo que a codificação verbal era importante. Entretanto, a contagem regressiva também exige o processamento do executivo. Para tanto, Robbins, Anderson, Barker, Bradley, Fearneyhough, Henson e colaboradores (1996) compararam os efeitos da supressão articulatória, do dedilhar espacial e de uma tarefa que demanda a atenção conhecida como geração aleatória na evocação de posições do xadrez, nas quais os participantes tentam produzir uma corrente de números, tornando a sequência o mais aleatória possível. Testamos jogadores altamente especiali-

TERMO-CHAVE

Confabulação: Lembrança de algo que não aconteceu.

zados e jogadores relativamente menos experientes. Os dois grupos apresentaram grandes diferenças no desempenho geral, mas todos demonstraram o mesmo padrão de interferência. A supressão articulatória não teve influência, sugerindo que a alça fonológica não estava envolvida, enquanto a tarefa visuoespacial efetivamente dificultava o desempenho, mas não tanto quanto a geração aleatória. Encontramos o mesmo resultado quando a tarefa foi modificada: em vez de serem solicitados a lembrar das posições do xadrez, os participantes foram orientados a escolher o melhor movimento seguinte, indicando um importante papel para o esboço e para o executivo central no planejamento, bem como na lembrança da posição do xadrez.

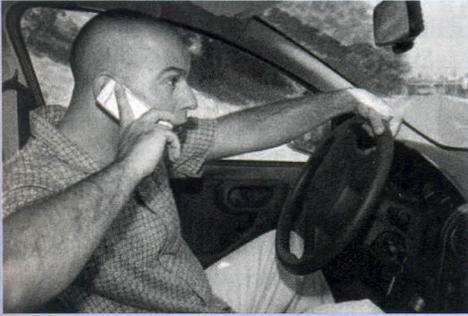
Outra capacidade atencional atribuída ao executivo central é a de dividir a atenção entre duas ou mais tarefas, por exemplo, conversar com o passageiro enquanto dirige. Em geral, isso parece se desenvolver de forma razoavelmente segura. Se a situação do trânsito se complicar, o motorista pode parar de falar, e o passageiro provavelmente entenderá o porquê e adiará a conversa. Entretanto, este não é o caso da conversa ao telefone celular, durante a qual pode haver também uma tentativa muito mais grave de tentar transmitir informações complexas ou discutir um importante assunto de negócios. Como vimos na seção sobre o esboço, quando informações espaciais estão envolvidas, isso provavelmente vem a interferir no controle da direção. Ainda mais importante, contudo, é o efeito que o telefonema concomitante tem sobre a capacidade de tomar decisões sensatas quanto à condução do veículo. Brown, Tickner e Simmonds (1969) fizeram seus participantes dirigir por uma pista de aeroporto demarcada por blocos de isopor, dispostos a distâncias variáveis, e entre os quais deveriam passar. Uma tarefa de raciocínio verbal concomitante não atrapalhava a habilidade do motorista de dirigir por entre os espaços, mas atrapalhou bastante seu julgamento, resultando no fato de que apresentaram propensão a tentar passar por espaços mais estreitos do que o automóvel. O perigo de telefonar enquanto se dirige não resulta prin-

cipalmente daquilo que os motoristas estão fazendo com as mãos, mas daquilo que o cérebro está deixando de fazer (Quadro 3.3).

Estudos sobre pacientes com a doença de Alzheimer sugerem que eles acham especialmente difícil dividir sua atenção entre tarefas. Um estudo (Baddeley, Bressi, Della Sala, Logie e Spinnler, 1991a) comparou a capacidade de combinar atividades dentre os grupos: pacientes com Alzheimer e grupos-controle de jovens e idosos. Duas tarefas foram utilizadas: uma de rastreamento e uma de extensão de dígitos. O experimento começou por assegurar que os três grupos estivessem desempenhando em um mesmo nível. Isso envolveu o estabelecimento de uma extensão de dígitos e uma habilidade de rastreamento para cada participante, resultando no uso de seqüências um pouco mais curtas de dígitos e velocidades-alvo mais lentas nos pacientes e nos controles idosos. Neste ponto, pedimos que todos os grupos executassem ambas as tarefas ao mesmo tempo. Descobrimos que os grupos formados por jovens e idosos normais demonstraram uma modesta queda em desempenho semelhante sob as condições combinadas, ao passo que os pacientes com Alzheimer demonstraram um déficit marcante. Pesquisas posteriores demonstraram que isso não resultava somente do aumento da carga cognitiva, uma vez que nossos pacientes apresentaram uma clara deficiência em tarefas duplas, mesmo quando as duas tarefas eram bastante simplificadas. Além disso, este déficit diferencial não ocorreu com tarefas únicas – mesmo quando elas eram mais dificultadas, pacientes e controles responderam de forma bastante semelhante (Logie, Cocchini, Della Sala e Baddeley, 2004). Uma implicação prática deste achado é o fato de que esses pacientes conseguiam acompanhar uma conversa com uma pessoa, mas perdiam o “fio da meada” quando mais pessoas participavam da conversa (Alberoni, Baddeley, Della Sala, Logie e Spinnler, 1992).

Foi sugerido que o executivo central é necessário quando a atenção precisa ser trocada entre duas ou mais tarefas (Baddeley, 1996). Entretanto, a ideia de que trocar pode ser sempre a função de um sistema atencional único parece ser uma simplificação excessiva, sendo

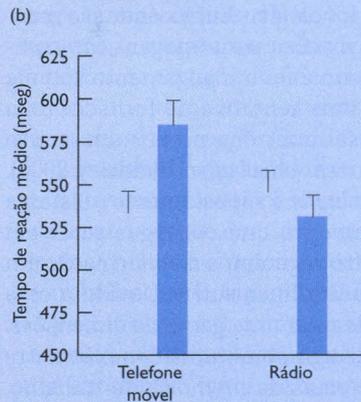
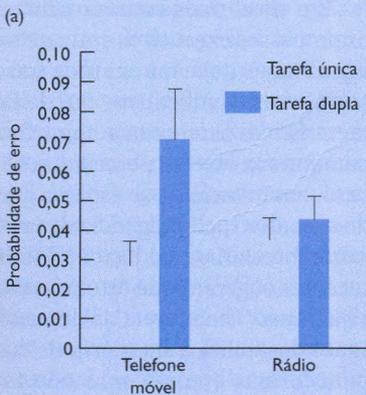
QUADRO 3.3 A desatenção ao volante causa acidentes



Um estudo que registrou em vídeo motoristas na estrada por um total de 3,2 milhões de quilômetros constatou 82 acidentes, dos quais 80% envolveram desatenção do motorista durante os

3 segundos anteriores (National Highway Safety Administration, 2006). O uso do telefone celular (móvel) é uma potente fonte desse tipo de desatenção. Os acidentes são quatro vezes mais frequentes quando o celular está em uso, sem considerar se era segurado com a mão ou não (Redelmeier e Tibshirani, 1997).

Um estudo em laboratório, feito por Strayer e Johnston (2001), demonstrou que os motoristas que utilizavam telefones celulares eram substancialmente mais propensos a passar o sinal vermelho (painel a) e significativamente mais lentos ao frear (painel b), sem considerar se o telefone era segurado com a mão ou não. Fonte: Strayer e Johnston (2001). © Blackwell Publishing. Reproduzido com permissão.



algum aspecto da troca relativamente automática, enquanto outros são quase certamente exigentes de atenção (Allport, Styles e Hsieh, 1994; Monsell, 2005).

O EPISODIC BUFFER

Um dos maiores problemas do modelo de três componentes da memória de trabalho foi explicar como ele se relacionava com a memória de longa duração. A extensão de memória para palavras em uma frase é de aproximadamente 15 em comparação com uma extensão de 5 ou 6 para palavras não relacionadas (Brener, 1940). Entretanto, não está claro como isso

pode ser explicado dentro do modelo de três componentes. Quinze palavras são substancialmente mais do que a capacidade da alça fonológica, e a evocação aumentada das frases não se limita àquelas que podem ser prontamente transformadas em imagens visuais. Em um nível mais amplo, não surpreende, obviamente, que este seja o caso. A ordem das palavras dentro da frase é restrita por regras gramaticais e pelo sentido geral da frase, ambas permitindo o processo de blocos descrito no Capítulo 2 para aumentar a extensão, e em ambos os casos dependendo da memória de longa duração. Entretanto, isso levanta a questão de se definir exatamente como a memória de tra-

balho consegue se aproveitar do conhecimento de longo prazo: como interagem a memória de trabalho e a memória de longa duração?

Este, de forma alguma, era o único problema do modelo de três componentes. A própria extensão de dígitos apresenta um desafio. Dado que geralmente conseguimos lembrar sete ou mais dígitos, dois ou três destes provenientes do circuito, onde são armazenados os demais itens? Caso seja na memória visual de curta duração, como isto se combina com a memória fonológica de curta duração? Finalmente, como notamos no estudo de Baddeley e Andrade sobre a vividez das imagens descritas no Capítulo 2, as imagens baseadas na memória de longa duração, como a da cena do mercadinho familiar, não parecem, de forma alguma, depender muito dos subsistemas visuoespaciais e fonológicos. Então, onde são mantidas as informações para imagens tão complexas enquanto é feito o julgamento sobre a vividez? Em uma tentativa de fornecer uma resposta a essas questões, propus um quarto componente, o *episodic buffer* (Baddeley, 2000).

O *episodic buffer* é supostamente o sistema de armazenamento que consegue reter em torno de quatro segmentos de informação em um código multidimensional. Devido a essa capacidade de reter uma gama de dimensões, ele é capaz de agir como uma conexão entre vários subsistemas da memória de trabalho, e também de ligar esses subsistemas a *inputs* da memória de longa duração e da percepção. Cada uma dessas fontes de informação usa um código diferente, mas elas podem ser combinadas dentro de um *buffer* multidimensional.

Também propus que as informações eram recuperadas a partir do *episodic buffer* através da consciência consciente. Isso se relacionava ao modelo de memória de trabalho com uma influente visão da função da consciência. Baars (1997, 2002) sugere que a consciência consciente serve à função de reunir sequências separadas de informação a partir dos vários sentidos, e **ligá-las** a objetos e cenas perceptíveis. Ele relaciona isso à proposta de que a consciência funciona como uma área de trabalho mental que auxilia a execução de atividades cognitivas complexas, em suma, uma memória de traba-

lho. O autor utiliza a metáfora do teatro, no qual a consciência é representada pelo palco e a peça pelos atores, que seriam analogamente os diversos processos cognitivos interativos.

Em sua forma inicial (Baddeley, 2000), o *episodic buffer* foi considerado um sistema ativo, inteiramente controlado pelo executivo central. Ele é supostamente capaz de reunir conceitos previamente não relacionados, para criar novas combinações, por exemplo, combinando conceitos do hóquei no gelo e elefantes, para imaginar um elefante jogando hóquei no gelo. Essa nova representação pode ser manipulada na memória de trabalho, permitindo que se responda a perguntas como em qual posição o elefante deveria jogar. Ela poderia, por exemplo, criar alguns quebra-cabeças, mas poderia ser ainda mais prestativa em seu objetivo?

Em nível mais rotineiro, foi sugerido que os processos executivos eram necessários para aglutinar as palavras em uma frase, formando segmentos significativos ou, de fato, ligar características perceptuais, como formas e cores, para formar objetos percebidos. Se este fosse o caso, então seria de se esperar que o bloqueio do executivo pela exigência de tarefa concomitante interferisse na ligação. Evidências mais recentes sugerem que este provavelmente não seja o caso. Uma tarefa de demanda concomitante desabilita a memória de curta duração para formas e cores, mas não interrompe a capacidade de aglutinar essas informações na formação de objetos coloridos (Allen, Baddeley e Hitch, 2006). De modo semelhante, o bloqueio do executivo desabilita a memória recente tanto para listas de palavras quanto para frases não relacionadas, mas não reduz a capacidade de ligar ou aglutinar palavras em frases (Allen e Baddeley, 2008).

Se essas evidências preliminares se sustentarem, indicarão uma mudança do modelo de

TERMO-CHAVE

Ligação: Termo usado para se referir à aglutinação de características na formação de objetos (p. ex., cor vermelha, forma quadrada, em um quadrado vermelho) ou de eventos em episódios coerentes.

consciência proposto como a analogia do teatro, no qual o *episodic buffer* é o centro de um processo de aglutinação ativo em um sistema mais passivo: uma tela sobre a qual as informações provenientes de uma variedade de fontes é apresentada, funcionando o processo ativo de combinação fora da tela.

O conceito de um *episodic buffer* ainda está em estágio bastante prematuro de desenvolvimento, mas já comprovou sua utilidade de muitas maneiras. Em nível teórico, ele cria uma ponte sobre a lacuna entre o modelo de componentes múltiplos de Baddeley e Hitch (1974), que enfatiza o armazenamento e os modelos com foco na atenção, como aquele de Cowan (1999, 2005). Assim, o conceito de *episodic buffer* salienta a importante questão sobre como a memória de trabalho e a memória de longa duração interagem, tendo mais especificamente estimulado a pesquisa sobre a questão de como diferentes fontes são ligadas. Isso resultou em conexões posteriores entre o modelo de componentes múltiplos e os estudos relativos à atenção visual e à memória (Luck e Vogel, 1997; Vogel, Woodman e Luck, 2001) e com as questões clássicas sobre a compreensão da linguagem (Daneman e Carpenter, 1980; Kintsch e van Dyck, 1977).

O modelo atual de memória de trabalho é apresentado na Figura 3.9. Esta é essencialmente uma elaboração do modelo original de três partes, com duas modificações importantes. Uma delas reflete a suposta ligação com a memória de longa duração a partir dos

subsistemas fonológico e visuoespacial, uma que permite a aquisição da linguagem, e outra que executa uma função similar para as informações visuais e espaciais. Esse tema é muito menos investigado do que a conexão com a linguagem, mas está supostamente envolvido na aquisição do conhecimento visual e espacial de mundo, por exemplo, o aprendizado de forma e cor de uma banana ou o leiaute de uma cidade.

A segunda grande mudança é a inclusão do *episodic buffer*. Na versão original do *buffer* (Baddeley, 2000), ele era acessado apenas através do executivo central. Entretanto, as evidências que acabamos de apresentar sobre a aglutinação de informações visuais e verbais sugere que as informações conseguem acessar o *buffer* diretamente a partir de subsistemas visuoespaciais e fonológicos e da memória de longa duração (setas *d* e *e*). Finalmente, uma tentativa ainda mais recente de explicar a forma como as emoções influenciam a memória de trabalho também atribui um importante papel ao *episodic buffer* (Baddeley, 2007).

Entretanto, apesar de o modelo de componentes múltiplos ter conquistado destaque nos 30 anos desde que foi proposto, de forma alguma constitui o único modelo de memória de trabalho. De fato, uma grande quantidade de pesquisas sobre a memória de trabalho, particularmente na América do Norte, utilizou uma abordagem bastante diferente, menos influenciada por estudos da memória de curta duração e dados de pacientes neuropsicológicos, mas fortemente influenciada por métodos

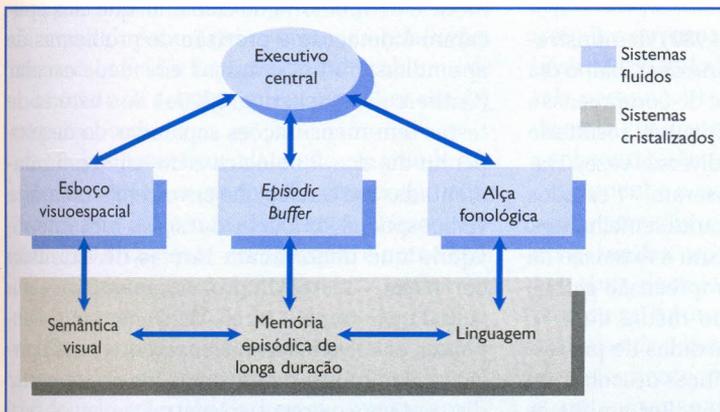


Figura 3.9 A versão de Baddeley (2000) da memória de trabalho de componentes múltiplos. As ligações com a memória de longa duração foram especificadas e um novo componente, o *episodic buffer*, acrescentado.

baseados em diferenças individuais entre os participantes normais.

DIFERENÇAS INDIVIDUAIS NA MEMÓRIA DE TRABALHO

Essa abordagem à memória de trabalho teve sua inspiração em um estudo de Daneman e Carpenter (1980), que se interessavam no possível papel da memória de trabalho na aquisição da linguagem. Os autores tomaram como característica de definição da memória de trabalho a necessidade de armazenamento simultâneo ao processamento de informações, para então começarem a desenvolver uma tarefa que medisse isso. Eles comprovaram sucesso notável. A tarefa que produziram parece ser bastante simples. Os participantes são solicitados a ler séries de frases e depois evocar a última palavra de cada uma delas. Tente você mesmo:

Um marinheiro retornou de uma longa viagem tendo adquirido um papagaio como bicho de estimação.

Era um inverno terrivelmente frio com várias tempestades violentas.

A peça foi um enorme sucesso e foi apresentada por muitos anos.

Quais eram as três últimas palavras?

As palavras eram *bicho de estimação, violentas, anos*. A extensão reside tipicamente entre duas e cinco frases.

Daneman e Carpenter (1980) demonstraram que a extensão de memória de trabalho era capaz de prever a capacidade de compreensão da prosa dos alunos participantes, resultado este que havia sido replicado diversas vezes. Daneman e Merikle (1996) revisaram 74 estudos apresentando resultados bastante semelhantes. Um total de 38 estudos analisou a extensão da memória de trabalho e a compreensão global, encontrando uma correlação média de 0,41; outros 36 estudos usando medidas de processamento de linguagem específicas descobriram uma correlação média de 0,52. Em ambos os

casos, as correlações foram mais altas do que aquelas obtidas para tarefas de memória de curta duração (0,28 e 0,40, respectivamente).

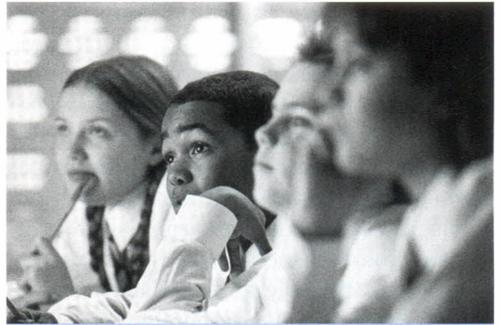
A extensão da memória de trabalho também provou a sua capacidade de indicar uma ampla variedade de outras capacidades. Os participantes com extensões altas são melhores na composição de prosa (Benton, Kraft, Glover e Plake, 1984), obedecendo a instruções complexas (Engle, Carullo e Collins, 1991) e fazendo anotações (Kiewra e Benton, 1988). A capacidade de prever o desempenho se estende além dos testes de linguagem em um curso sobre portas lógicas (Kyllonen e Stephens, 1990) e em um curso de 40 horas sobre a linguagem PASCAL de programação (Shute, 1991). Um estudo de Kyllonen e Christal (1990) comparou o desempenho em uma série de tarefas de memória de trabalho com uma bateria de mensurações da habilidade de raciocínio obtidas a partir de testes de quociente de inteligência (QI), encontrando uma correlação alta. A principal diferença foi que os testes de QI aparentam depender, de certa forma, de experiências prévias, e a memória de trabalho enfoca um pouco mais a medição da velocidade. Engle, Tuholski, Laughlin e Conway (1999) obtiveram um resultado semelhante, encontrando uma correlação alta entre a memória de trabalho e a inteligência fluida.

Variantes da tarefa de extensão operacional já estão sendo aplicadas a problemas práticos. Elas formam um importante componente de uma bateria de testes desenvolvidos por Susan Gathercole e Susan Pickering baseada no modelo de memória de trabalho, que elas aplicaram à detecção e previsão de problemas de aprendizagem em crianças em idade escolar (Gathercole e Pickering, 2000a). Sua bateria de testes tem mensurações separadas do desempenho da alça fonológica e do esboço fundamentadas em tarefas que envolvem a memória visuoespacial de curta duração, juntamente àquilo que denominam tarefas de extensão complexa – testes de processamento visual e verbal que, como a tarefa de Daneman e Carpenter, envolvem o armazenamento e manipulação simultânea de informações que, a partir disso, ativam o executivo central.

A análise do desempenho de crianças em idade escolar é consistente com as previsões do modelo de componentes múltiplos, permitindo que componentes separados da memória de trabalho sejam estimados e relacionados ao desempenho acadêmico. As crianças identificadas com necessidades especiais de aprendizagem têm fraco desempenho geral na bateria de testes referentes à memória de trabalho (Gathercole, Pickering, Knight e Stegmann, 2004b). Os escores em subtestes específicos também são informativos, com retardamento da leitura e aritmética associada ao desempenho sofrível tanto em tarefas da memória fonológica de curta duração e tarefas de extensão complexa em crianças de 7 a 8 anos (Gathercole e Pickering, 2000b), ao passo que a extensão complexa continua a prognosticar escores de matemática e ciências na idade de 14 anos (Gathercole, Lamont e Alloway, 2006).

Como são as crianças com desempenho fraco da memória de trabalho? O grupo de Gathercole decidiu se sentar em salas de aula e observar como estas crianças diferiam de seus colegas. As crianças com escores baixos de memória de trabalho são geralmente descritas pelos professores como “aéreas” ou desatentas; não desorganizadas, mas incapazes de seguir instruções para fazer a coisa certa no momento certo. Gathercole e colaboradores notaram, entretanto, que as instruções muitas vezes eram bastante complexas, por exemplo: “Coloquem suas fichas de leitura de volta no envelope, seus lápis de volta no estojo, e sentem-se no tapete do cantinho”. A criança começava a tarefa e então parecia perder o “fio da meada”. As próprias crianças relatavam terem esquecido. Entretanto, tal problema de memória não era algo que o professor em geral percebesse.

Mais adiante, ficou claro que um grande número dessas crianças fora diagnosticado com Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH), o qual, como sugere o nome, tem dois componentes potencialmente separáveis dos quais um – o déficit de atenção – muito provavelmente esteja relacionado ao desempenho da memória de trabalho. Isto está sendo investigado pelo grupo de Gathercole, que desenvol-



Gathercole e colaboradores descobriram que as crianças com baixos escores de memória de trabalho eram geralmente descritas por seus professores como “aéreas” ou desatentas; entretanto, o TDAH é muito possivelmente o responsável, uma vez que está ligado ao desempenho da memória de trabalho. © Royalty-Free/Corbis. Fonte: Corbis

veu um programa de capacitação para que os professores identificassem as crianças com problemas baseados em limitações à memória de trabalho e mudassem suas técnicas de ensino adequadamente (Gathercole e Alloway, 2008).

TEORIAS DA MEMÓRIA DE TRABALHO

Dado o poder preditivo das medidas de extensão complexa, há um grande interesse em compreender por que elas são bem-sucedidas. As tentativas de desenvolver uma teoria da memória de trabalho com base em diferenças individuais tipicamente acarretam na segmentação do desempenho da memória de trabalho em uma série de componentes mais básicos, criando tarefas que objetivam ativar tais componentes, e examinando a extensão de cada um destes na identificação do desempenho em testes de raciocínio, inteligência ou desempenho acadêmico. Parte do processo de análise envolve o estudo da extensão em que essas tarefas específicas se relacionam umas às outras, de modo que possam sugerir a natureza da estrutura subjacente à memória e aos sistemas de processamento envolvidos.

Felizmente, parece haver uma tendência a um consenso geral. A maioria das análises

salienta a importância de um sistema de controle atencional, análogo ao executivo central dentro do modelo de memória de trabalho de componentes múltiplos. Isso tende a estar fortemente envolvido em tarefas complexas, com uma contribuição menor de dois ou mais componentes que aparentemente são responsáveis pelo armazenamento simples de informação verbal e visuoespacial, respectivamente (Engle et al., 1999; Miyake, Friedman, Rettinger, Shah e Hegarty, 2001; Gathercole, Pickering, Ambridge e Wearing, 2004a). Mais uma vez, essa perspectiva lembra, de forma ampla, a estrutura do modelo proposto por Baddeley e Hitch. A maioria das teorias de memória de trabalho enfoca o componente executivo, geralmente atribuindo somente à memória de longa duração funções relativamente inespecíficas de “ativação”, apesar de o uso da repetição consciente ser geralmente aceito como fonte de armazenamento temporário.

Apesar de a maioria das teorias derivadas do estudo de diferenças individuais ter comprovado ampla compatibilidade com o modelo de componentes múltiplos, esta semelhança nem sempre é óbvia. A influente abordagem de Nelson Cowan à memória de trabalho é um bom exemplo de conflito mais aparente do que real (Baddeley, 2001, 2007; Cowan, 2001, 2005).

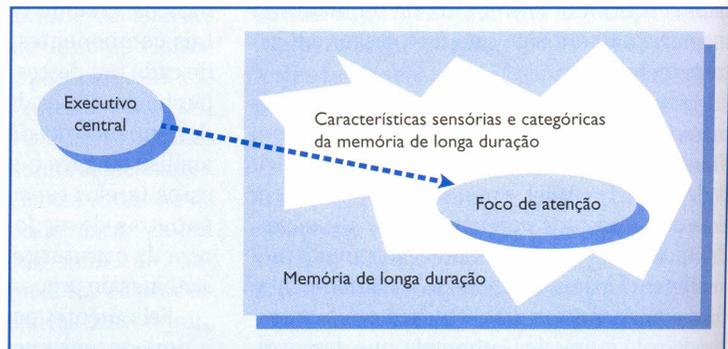
A teoria dos processos embutidos de Cowan

Cowan descreveu a memória de trabalho como “processos cognitivos que retêm informações em um estado extraordinariamente

acessível” (Cowan, 1999, p. 62). Para Cowan, a memória de trabalho depende da ativação que ocorre no interior da memória de longa duração, sendo controlada por processos atencionais (Figura 3.10). A ativação é temporária e decai, a menos que seja mantida pela repetição verbal consciente ou atenção continuada.

A memória ativada é multidimensional, dessa forma se parecendo com meu próprio desenvolvimento do conceito de um *episodic buffer*, sendo a principal diferença o meu pressuposto de itens que podem ser extraídos da memória de longa duração e representados no interior do *episodic buffer*, enquanto Cowan sugere que os “endereço dos locais na memória de longa duração são retidos”. Não está claro, neste momento, como se poderia distinguir entre essas duas visões. A principal diferença é uma ênfase distintiva, sendo a preocupação específica de Cowan a capacidade da memória de trabalho quando ele defende assertivamente uma capacidade de quatro aglutinações (Cowan, 2005), em vez das sete originalmente propostas por Miller (1956). Essa influência reflete o interesse de Cowan na atenção e no desenvolvimento da memória durante a infância mais do que em aspectos periféricos da memória de trabalho e nas evidências neuropsicológicas que se salientam na caracterização de minha própria abordagem. Cowan certamente não refuta a importância de um subsistema verbal que, de fato, realizou um importante trabalho na memória fonológica de curta duração (p. ex., Cowan, 1992; Cowan et al., 1992), apesar de sua teoria estar menos preocupada com uma modelagem detalhada.

Figura 3.10 O modelo de processos embutidos da memória de trabalho de Cowan. Um executivo central controla o foco de atenção que atua sobre características recentemente ativadas da memória de longa duração. O foco consegue reter aproximadamente quatro objetos na mente ao mesmo tempo. Adaptado a partir de Cowan (1988).



A teoria de controle inibitório de Engle

Um dos grupos mais ativos e inovadores a utilizar a abordagem das diferenças individuais à memória de trabalho é aquele associado a Randy Engle e colaboradores. Enquanto muito do trabalho que utiliza a mensuração da extensão da memória de trabalho tenha se limitado a observar as correlações entre a extensão e as diversas capacidades cognitivas, Engle enfocou consistentemente a questão teórica de compreender quais são as capacidades e os processos que dão sustentação a tais associações.

Turner e Engle (1989), por exemplo, demonstraram que a capacidade preditiva da extensão complexa não se limitava a mensurações baseadas no processamento de frases. Os autores desenvolveram a medida de extensão de operação na qual cada palavra a ser lembrada é seguida de operações aritméticas: por exemplo, *Maçã*, $7 + 2 - 1 = ?$, *Casa*, $5 - 1 + 6 = ?$, e assim por diante, e as palavras são então evocadas. Essa medição possui uma alta correlação com a tarefa de repetição da frase inicial, sendo também um bom indicativo de desempenho cognitivo.

Engle (1996) propõe que o desempenho em uma tarefa de extensão complexa se torna difícil pela necessidade de proteger a memória de itens presentes a partir da *interferência proativa* (IP), a tendência de itens anteriores competirem, na evocação, com os itens a serem lembrados. As evidências se originam de uma variedade de fontes e geralmente se baseiam em um procedimento pelo qual uma tarefa de repetição é dada a um grupo grande de alunos, sendo selecionados para investigações posteriores aqueles com desempenho particularmente bom ou ruim. Então, em vez de procurar por uma correlação geral entre os participantes, Engle testa as diferenças entre esses dois grupos extremos quanto à sua capacidade de desenvolver diversas outras tarefas.

Em um estudo, os participantes foram solicitados a lembrar três listas sucessivas de livre recordar, cada uma compreendendo uma palavra de cada uma das dez categorias

semânticas, por exemplo, um animal, uma cor, um país. Como era de se esperar, o uso das mesmas categorias, mas de diferentes instâncias dentre testes sucessivos, levou a uma evocação mais sofrível das listas mais recentes. Conforme previsto (Kane e Engle, 2000), esse efeito de interferência provou ser confiável em participantes com extensão de memória de trabalho reduzida. O desempenho na primeira lista não diferiu, sugerindo que a resistência à interferência, mais do que a capacidade de aprendizagem, era o fator crucial.

Engle sugere que a capacidade de resistir à interferência não se limita à memória. Em um estudo realizado por Conway, Cowan e Bunting (2001), foi solicitado aos participantes que repetissem uma sequência de dígitos apresentados a um dos ouvidos e ignorassem as mensagens apresentadas ao outro. Inesperadamente, o nome da pessoa era incluído na sequência que deveria ser ignorada. Ao serem posteriormente questionados, os participantes de baixa extensão eram muito mais propensos a terem ouvido seus nomes, apesar de instruídos a ignorar aquela fonte, provavelmente porque possuíam menor capacidade de isolar o material irrelevante conforme previsto pela teoria da **inibição** (Conway et al., 2001).

Estes e outros estudos efetivamente sugerem que haja uma ligação importante e genuína entre a extensão complexa e a capacidade de resistir à interferência, apesar de ser inteiramente plausível considerar que ambas reflitam algum tipo de capacidade executiva geral que exerce um papel igualmente importante em outras funções cognitivas. Entretanto, a natureza da própria inibição está aberta a questionamentos. Um estudo de Friedman e Miyake (2004) descobriu evidências para dois tipos de inibição, uma que reflete a capacidade de inibir uma tendência poderosa à resposta, como mover os olhos para fixar um alvo visual, e outra com efeito de inibição bastante distinto que reflete a interferência dentro da memória. Ambas foram modestamente relacionadas à medida de extensão de leitura de Daneman e Carpenter: para a inibição de resposta prepotente a correlação foi de 0,23, enquanto a resistência à inibição correlacionou 0,33.

Modelo de recurso compartilhado cronometrado

Enquanto Engle e colaboradores enfocam a importância da interferência em palavras lembradas, uma possível alternativa é a de que a extensão complexa reflita a capacidade de evitar a deterioração do traço de memória por meio da repetição consciente. Isso não significa necessariamente a repetição subvocal, mas apenas “manter em mente” os itens, talvez por manter, de forma intermitente, o foco da atenção no traço evanescente. Evidências para esta repetição consciente provêm da observação de que o esquecimento de curto prazo na tarefa de Peterson está presente quando o intervalo que se segue às três consoantes a serem lembradas é preenchido pela demanda da tarefa de contagem regressiva, mas não quando a supressão articulatória simples é exigida (Baddeley, Lewis e Vallar, 1984a). Isso sugere que os participantes conseguem reter os itens de alguma forma sem precisarem continuar a verbalizá-los.

A hipótese de **compartilhamento de recursos** foi desenvolvida por um grupo francês que contava com Pierre Barrouillet e Valerie Camos, que substituíram a tarefa aritmética usada na atividade de repetição de Turner e Engle (1989) pela tarefa de simples leitura de uma carta que, contudo, era rigorosamente pausada. Então, os participantes eram solicitados a lembrar palavras enquanto processavam, ao mesmo tempo, cartas que se seguiam rapidamente umas às outras. Essa tarefa aparentemente simples se correlacionou ainda mais com as medições de leitura e aritmética do que as de amplitude complexa (Lépine, Barrouillet e Camos, 2005). Barrouillet e colaboradores (2004) explicam este e outros achados relacionados, argumentando que tarefas mais complexas permitem lacunas breves nas quais a repetição consciente pode ocorrer, ao passo que uma tarefa simples rigidamente controlada minimiza essa repetição.

Uma teoria relacionada é a hipótese de **troca de tarefas** proposta por Towse e Hitch (1995; Towse, Hitch e Hutton, 2000), que também presumem uma deterioração do traço de

interpretação: os participantes trocam a atenção entre a manutenção do traço e a execução da tarefa secundária.

Para concluir, apesar de não haver dúvidas de que a extensão complexa é um bom indicativo de uma vasta gama de desempenhos cognitivos, ainda não compreendemos plenamente o porquê disso. Dada a importância dessa questão, ela continua sendo uma área de intensas atividades de pesquisa.

Memória de trabalho de longa duração

Ericsson e Kintsch (1995) propuseram uma teoria de **memória de trabalho de longa duração**. Isso se refere ao uso da memória de longa duração para auxiliar o armazenamento temporário. Inclui o uso do conhecimento de longo prazo para auxiliar na evocação da prosa, mas também é fortemente influenciada pelo interesse de Ericsson no desempenho de pessoas especializadas em lembrar. Em um estudo, Chase e Ericsson (1982) testaram repetidamente a extensão de dígitos de um indivíduo durante vários dias de prática e verificaram que sua extensão crescia cada vez mais, finalmente alcançando uma extensão de aproximadamente 80 dígitos. Ao ser questionado, os autores descobriram que ele havia

TERMOS-CHAVE

Inibição: Termo geral aplicado a mecanismos que suprimem outras atividades. O termo pode ser aplicado a um mecanismo fisiológico preciso ou a um fenômeno geral, como no caso da inibição proativa e retroativa, pela competição com itens mais recentes ou antigos.

Compartilhamento de recursos: Uso da capacidade atencional limitada para manter duas ou mais atividades simultâneas.

Troca de tarefas: Processo pelo qual um sistema de capacidade limitada mantém a atividade em duas ou mais tarefas trocando entre uma e outra.

Memória de trabalho de longa duração: Conceito proposto por Ericsson e Kintsch para explicar a forma como a memória de longa duração pode ser usada como memória de trabalho na manutenção de atividades cognitivas complexas.

desenvolvido uma técnica mnemônica especial. O indivíduo era um corredor entusiástico e havia desenvolvido um sistema de codificação de sequências de números para determinadas distâncias e níveis de desempenho – por exemplo, um tempo muito rápido para os 800 metros. Outro exemplo é proveniente da memória especializada de um garçom que utilizava uma estrutura particular para memorizar os pedidos de seus clientes (Ericsson e Poisson, 1988). O uso da imagem visual de um ábaco pelos especialistas em cálculo discutido anteriormente seria outro exemplo de memória de trabalho de longa duração. Portanto, ele não representa uma teoria geral da memória, antes, um uso específico da memória de longa duração, que será discutido mais adiante no Capítulo 16 sobre a melhoria de sua memória.

ABORDAGENS DE REGISTRO CELULAR INDIVIDUAL NA MEMÓRIA DE TRABALHO

Este capítulo enfocou a psicologia da memória de trabalho baseado quase que inteiramente em métodos de estudo comportamental. Entretanto, uma enorme quantidade de trabalhos se ocupou em investigar a base anatômica e neurofisiológica da memória de trabalho. De início, essa abordagem se apoiou principalmente no tipo de evidências neuropsicológicas; recentemente, dois métodos mais aprofundados ganharam destaque: o registro de célula individual em macacos e estudos em neuroimagem baseados em participantes humanos normais.

Abordagens de registro celular individual na memória de trabalho

O registro celular individual envolve a colocação de eletrodos em células individuais no interior do cérebro de um macaco desperto e, após, o registro da atividade das células em função de uma variedade de estímulos apresentados. O método teve como pioneiros Hubel e Weisel (1979), que receberam o prêmio Nobel por seu trabalho na análise do processamento visual utilizando o registro celular in-

dividual. Esse método foi estendido ao estudo da memória de Fuster (1954) e Patricia Goldman-Rakic (1988), que desenvolveram uma série de estudos clássicos nos quais se ensinavam macacos a fixar um ponto central sobre uma tela, mantendo seu olhar fixo, enquanto um estímulo luminoso periférico era apresentado em um de diversos locais. Se macacos mantivessem a fixação até um novo sinal de evocação, e depois movessem os olhos para o local apropriado, recebiam uma recompensa. Funahashi, Bruce e Goldman-Rakic (1989) detectaram células do lobo frontal que estavam ativas durante o período de retenção. Se a atividade continuasse até o novo sinal de evocação, geralmente se obtinha uma resposta correta, enquanto a atividade descontinuada era seguida do esquecimento. Isso levou alguns comentaristas a identificar a área específica no lobo frontal como uma fonte de memória de trabalho.

Entretanto, trabalhos posteriores identificaram células que se comportavam de forma semelhante em outras partes do cérebro (Goldman-Rakic, 1996), sugerindo que as áreas frontais eram parte de um sistema mais geral, como realmente seria previsto por um modelo de componentes múltiplos de memória de trabalho.

Uma versão comportamental deste protocolo foi desenvolvida para uso com participantes humanos, com pacientes esquizofrênicos considerados deficientes (Park e Holzman, 1992). O fato causou certo entusiasmo por causa da ligação potencial entre uma doença importante e uma medição de cunho neurofisiológico. Entretanto, embora isso certamente não indique um déficit da memória de trabalho em pacientes esquizofrênicos, o efeito não é particularmente dramático, e outros déficits, tais como aqueles da memória episódica de longa duração são provavelmente mais importantes, de um ponto de vista prático (McKenna, Ornstein e Baddeley, 2002). Entretanto, parece provável que os métodos de registro celular individual para o estudo da memória continuarão a fornecer uma conexão importante entre as abordagens psicológica e neurobiológica à memória.

Neuroimagem da memória de trabalho

Uma relação mais estreita e mais extensa entre as abordagens psicológica e neurobiológica à memória é proporcionada por um corpo de trabalho em rápido crescimento que aplica as várias técnicas da imagem cerebral descritas no Capítulo 1 ao estudo da memória de trabalho. Os estudos iniciais utilizaram a tomografia por emissão de pósitrons (PET) que, como talvez lembremos, envolve a introdução de uma substância radioativa na corrente sanguínea, utilizando-a para monitorar a quantidade de atividade ocorrida em diferentes regiões do cérebro. Dois grupos foram particularmente ativos na aplicação desse método de estudo da memória de trabalho. Em Londres, Paulesu, Frith e Frackowiak (1993) desenvolveram um estudo que se baseava na hipótese da alça fonológica. Eles identificaram duas regiões separadas: uma área entre os lobos parietal e temporal no hemisfério esquerdo que é aparentemente responsável pelo armazenamento fonológico, e uma segunda região mais frontal conhecida como a área de Broca, sabidamente envolvida na produção da fala, mas que parecia estar ligada à repetição subvocal (Figura 3.11).

O segundo grupo, liderado por John Jonides e Edward Smith da Universidade de Michigan, tem atuado particularmente no uso

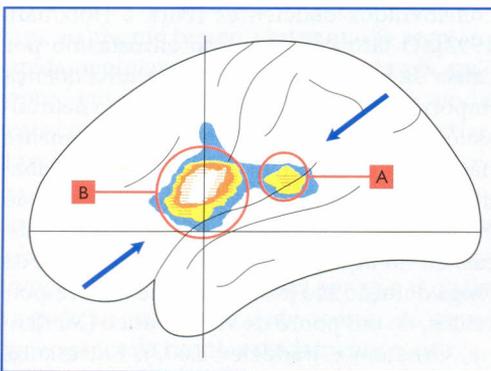


Figura 3.11 Neuroimagem da alça fonológica. Um estudo utilizando a tomografia de emissão de pósitrons identificou a área A com o armazenamento fonológico e a área B com o processo de repetição articulatória. Redesenhado a partir de Paulesu e colaboradores (1993).

da neuroimagem para investigar a memória de trabalho, desenvolvendo uma série de experimentos cuidadosamente projetados e teoricamente objetivos (Smith e Jonides, 1997). A primeira comparação direta entre a memória de trabalho visual e verbal foi fornecida por Smith, Jonides e Koeppel (1996). Em seu protocolo de memória verbal, eram mostradas quatro letras aos participantes, seguidas de uma letra de sondagem. Os participantes tinham de decidir se a letra de sondagem estava contida no conjunto anterior de quatro letras. Um controle de linha de base envolveu a apresentação tanto do estímulo quanto da sonda simultaneamente: tudo era igual, exceto pela necessidade de lembrar. Se a quantidade de ativação cerebral nesta condição de linha de base for subtraída da ativação envolvida quando a memória também é necessária, então a diferença no fluxo sanguíneo reflete a demanda adicional produzida pela necessidade de lembrar, envolvendo, acima de tudo, a percepção e o processamento dos estímulos experimentais. Assim como Paulesu e colaboradores, Smith e colaboradores descobriram que a memória verbal de curta duração ativava duas áreas separadas no hemisfério esquerdo.

No caso da memória visuoespacial, era mostrado um *arranjo* de três pontos aos participantes, seguidos, após um intervalo, de um círculo (Figura 3.12). Os participantes tinham de decidir se havia coincidência com a localização de um dos pontos. Novamente, foi estabelecida uma linha de base na qual os pontos e o círculo eram apresentados ao mesmo tempo. Como indica a Figura 3.13, a memória visual resultava na ativação em uma série de áreas no hemisfério direito (Smith et al., 1996).

Estudos posteriores (revisados por Smith e Jonides, 1997) observaram uma distinção entre a **memória de trabalho espacial**, conforme descrita anteriormente, e a memória para um *objeto ou padrão*, tais como uma forma abstrata. A memória espacial ativa as regiões mais dorsais e superiores enquanto a **memória de objetos** tende a se concentrar em áreas inferiores ou ventrais (Figura 3.14). É notável que a pesquisa sobre o processamento verbal em primatas não humanos (Mishkin, Ungerleider e Macko, 1983)

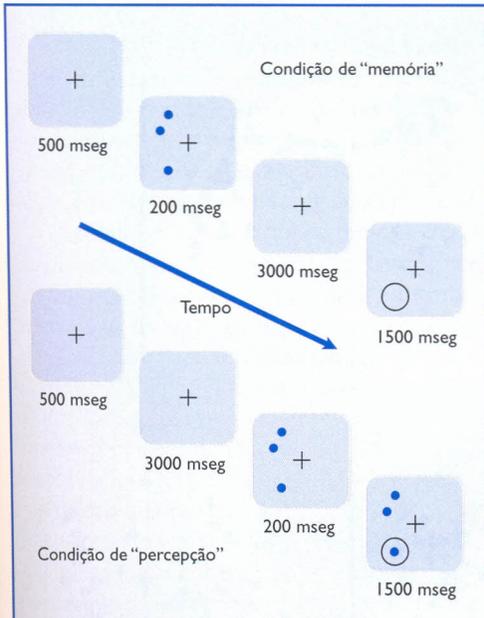


Figura 3.12 Desenho esquemático de eventos em cada protocolo de tarefas de memória e percepção espacial usados por Smith e colaboradores (1996). © Oxford University Press. Reproduzido com permissão.

tenha identificado duas seqüências separáveis de processamento visual: a seqüência dorsal estaria mais envolvida com a localização espacial (*onde*), e a seqüência de processamento ventral, com a codificação de forma e objeto (*o que*).

Você talvez se lembre de que o conceito de executivo central foi fortemente influenciado por evidências de pacientes com danos no lobo frontal. Não surpreende, portanto, que as evidências da neuroimagem sugiram que os processos do executivo estejam propensos a se apoiarem firmemente nas áreas frontais. Um método de investigação sobre isso se dá por meio da tarefa *N-back*, na qual o partici-

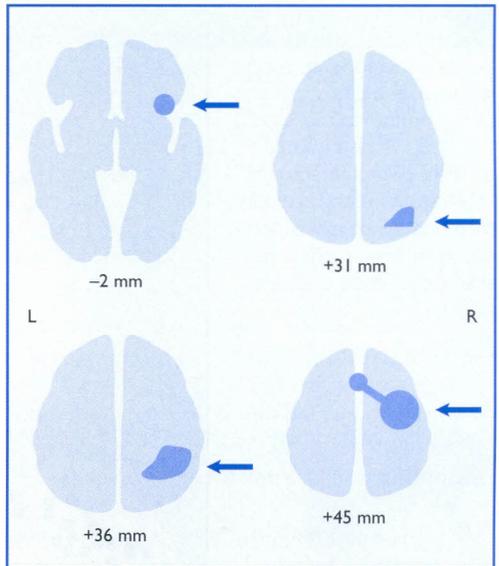


Figura 3.13 Ilustração de imagens PET de quatro áreas ativadas no estudo da memória de trabalho visuoespacial. Baseado em Smith e colaboradores (1996).

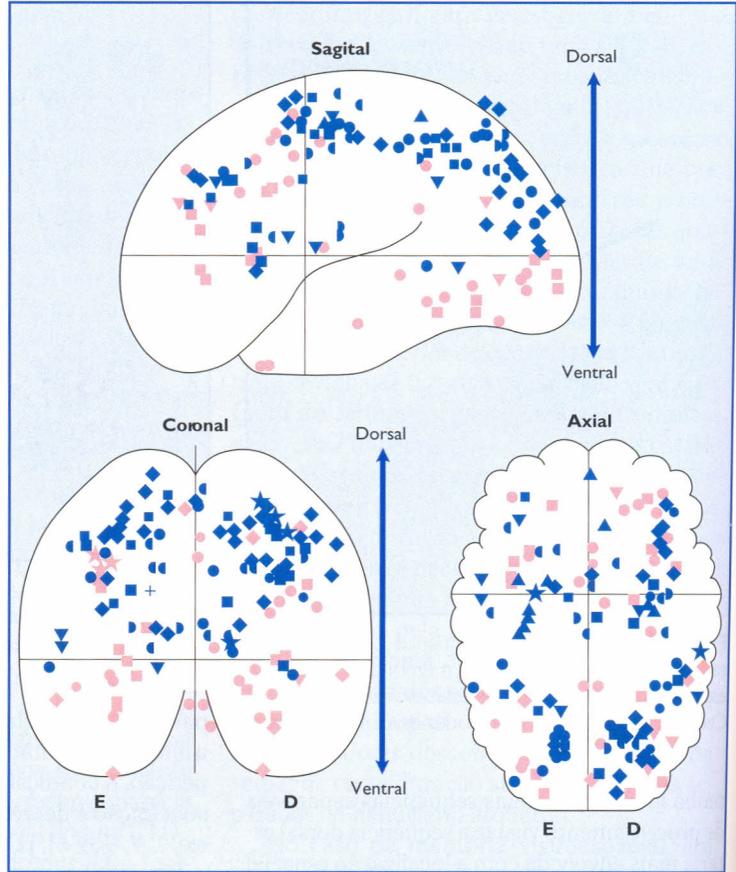
pante vê uma seqüência de itens e é solicitado a apertar um botão sempre que ocorre uma repetição. A condição mais fácil ocorre quando a solicitação é detectar repetições imediatas (p. ex., 1, 7, 9, 6, 6), já que o mínimo de memória está envolvido. A tarefa pode ser um pouco dificultada pela solicitação de uma combinação entre o item apresentado e um item anterior (p. ex., 7, 9, 6, 2, 6 no qual o participante deve responder ao segundo 6). A tarefa pode ser cada vez mais dificultada pelo aumento do intervalo, já que é necessário reter uma seqüência cada vez mais longa enquanto se inibe cada item, uma vez que ele fica muito para trás. A tarefa tem mais uma vantagem: ela pode ser usada de forma bastante equivalente ao estudo da memória visuoespacial verbal ou não verbal. Para ambas as tarefas visuoespacial e verbal do *N-back*, a ativação frontal ocorre e aumenta sistematicamente com a carga do executivo conforme esta é determinada pelo número de itens que estão para trás, e que precisam ser monitorados, por isso demandando que sejam executadas pelo executivo central (Braver, Cohen, Nystrom, Jonides, Smith e Noll, 1997; Owen, McMillan, Laird e Bullmore 2005).

TERMOS-CHAVE

Memória de trabalho espacial: Sistema envolvido na retenção temporária de informações relativas à localização espacial.

Memória de objetos: Sistema que retém temporariamente as informações relativas a características visuais como cor e forma.

Figura 3.14 Dados combinados de estudos envolvendo a memória de curta duração de objetos verbais (rosa) ou localização espacial (azul). A distinção reside principalmente entre as localizações ventrais para a memória de objeto e dorsais para localizações. Baseado em Smith e Jonides (1999).



Entretanto, apesar de não haver dúvidas de que os lobos frontais exercem um papel crucial no processamento executivo, há muito menos consenso sobre até que ponto se localizam as capacidades específicas do executivo em áreas frontais particulares. Alguns investigadores têm sugerido a possibilidade de um mapeamento bastante detalhado de processos

separáveis do executivo (p. ex., Shallice, 2002) enquanto outros apontam para a falta de consistência dentre os estudos em níveis outros mais amplos (Duncan e Owen, 2000). Parece provável que a resolução dessa controvérsia vai depender do desenvolvimento de métodos melhores tanto no nível comportamental quanto da neuroimagem.

RESUMO

O modelo modal de Atkinson e Shiffrin, apesar de proposto como modelo de memória de trabalho, fundamentava-se na memória verbal de longa duração. Ele encontrou dificuldades tanto para explorar a pressuposição da transferência de informações para a memória de longa duração, por meio de uma simples repetição, a razão pela qual os pacientes com uma memória de curta duração gravemente afetada não tinham problemas gerais de memória de trabalho.

Baddeley e Hitch propuseram um modelo de componentes múltiplos de memória de trabalho que compreende um controlador, o executivo central, e dois subsistemas. Um destes, a alça fonológica, retém e manipula informações baseadas na fala, enquanto o outro, o esboço visuoespacial, executa uma função semelhante para informações visual e espacial.

O estudo da extensão de dígitos do paciente P.V. sugeriu que a alça fonológica pode ter se desenvolvido para facilitar a aquisição da linguagem. Interromper o circuito dificulta a aprendizagem de uma segunda língua. A capacidade de ouvir e repetir uma não palavra que se presume depender da alça fonológica é dificultado em crianças com problemas de linguagem específicos e fornece um bom indicativo do nível de desenvolvimento vocabular em crianças pequenas saudáveis.

O esboço visuoespacial é necessário ao uso de imagens tanto para armazenar informações visuoespaciais como para resolver problemas. Logie apresentou um modelo de esboço que, por analogia à alça fonológica, contém um armazém, o *visual cache* e um sistema para a manipulação espacial, o *inner scribe*.

O controle de ações pelo executivo central supostamente opera as linhas de início propostas por Norman e Shallice. Isso envolve uma combinação do controle semiautomático baseado em esquemas e hábitos existentes acoplados a uma capacidade de intervenção do sistema atencional supervisor (SAS). Assume-se que o executivo central seja análogo ao SAS e capaz de focar e dividir a atenção, sendo debilitado em pacientes com danos no lobo frontal.

Recentemente, um componente adicional – o *episodic buffer* – foi proposto. O *episodic buffer* envolve um código multidimensional que permite que vários componentes da memória de trabalho interajam e se liguem tanto à percepção quanto à memória de longa duração.

As diferenças individuais na memória de trabalho foram estudadas extensivamente utilizando-se uma variedade de mensurações, todas baseadas na necessidade de combinar o armazenamento e a manipulação de informações. Tais medidas comprovaram extremo sucesso na previsão do desempenho dentre uma vasta gama de tarefas cognitivas.

As interpretações teóricas da memória de trabalho são consistentes com o modelo de componentes múltiplos, mas se concentram sobretudo na explicação da natureza do componente executivo. Teorias influentes incluem a abordagem de processos embutidos de Cowan, fortemente influenciada por seu interesse na atenção, enquanto Engle e colaboradores sugerem que a capacidade de inibir informações perturbadoras seja crucial. Uma série de grupos salienta a necessidade de controlar os recursos atencionais limitados como fator crucial. Esta é uma área bastante dinâmica atualmente.

As evidências neurobiológicas têm exercido um papel importante no estudo da memória de trabalho. Essa perspectiva fundamentou-se inicialmente no estudo de casos neuropsicológicos individuais juntamente com o estudo do registro celular individual em macacos que executam tarefas de memória de trabalho. Mais recentemente, tem havido pesquisas consideráveis sobre a memória de trabalho utilizando-se técnicas de neuroimagem e produzindo resultados consistentes tanto com dados de pacientes quanto com o modelo de componentes múltiplos.

LEITURA ADICIONAL

- **Andrade, J.** (2001). *Working memory in perspective*. Hove, UK: Psychology Press. Uma discussão sobre os pontos fortes e as limitações do modelo de componentes múltiplos da memória de trabalho de Baddeley e Hitch por um grupo de investigadores mais jovens que trabalham na área.
- **Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M.** (1971). The control of short-term memory. *Scientific American*, 225, 82-90. Um bom resumo do modelo modal para leitores científicos em geral.
- **Cowan, N.** (2005). *Working memory capacity*. Hove, UK: Psychology Press. Uma recente visão geral da abordagem de Cowan à memória. Proposta de que a capacidade da memória de trabalho é de quatro blocos, em vez do número mágico de sete de Miller.
- **Engle, R. W., Cantor, J., & Carullo, J. J.** (1992). Individual differences in working memory and comprehension: A test of four hypotheses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 972-992. Discussão de uma variedade de hipóteses sobre a memória de trabalho e dos métodos de avaliá-las.
- **Fletcher, P. C., & Henson, R. N. A.** (2001). Frontal lobes and human memory: Insights from functional neuroimaging. *Brain*, 124, 849-881. Discussão do papel exercido pelos lobos frontais na memória do ponto de vista neurológico e psicológico.
- **Logie, R. H.** (2003). Spatial and visual working memory: A mental workspace. *Psychology of Learning and Motivation*, 42, 37-78. Visão geral dos aspectos visuoespaciais da memória de trabalho por um dos mais importantes investigadores no campo.