C. Borochovitch e J. D Bzuneck (orgs)
Aprendizagem Processos psicológicos
e o contexto social na escola
RJ Vozes 2004

1 Aprendizagem por processamento da informação: uma visão construtivista

José Aloyseo Bzuneck

Para se entender como ocorre a aprendizagem na mente de um aprendiz, diversos estudiosos cognitivistas recorreram à metáfora do processamento da informação, tal como se verifica nos computadores, e que inclui o fluxo ou circuito da informação. Três elementos básicos identificam-se em qualquer sistema de informática: uma entrada de dados (*input*) proveniente do ambiente; um processamento pela máquina, dirigida pelos programas instalados; e a saída (*output*), ou resultado, apresentado na tela ou de forma impressa. Os computadores, após sua criação e primeira instalação nos anos 40, foram progressivamente difundidos a partir da década de 50. Àquela época, seu funcionamento inspirou em alguns psicólogos cognitivistas a metáfora ora em apreço de que a aprendizagem e o raciocínio humanos ocorrem de modo análogo ao processamento exercido pelo computador.

Assim, correlatamente, também três elementos caracterizam a aprendizagem por processamento da informação.

Primeiro, como ponto de partida, temos um dado ou informação emitida pelo ambiente (livros, internet, ou o próprio professor que ensina, entre outros). A seguir, vem o papel ativo do aprendiz que deverá aprendê-la para efeito duradouro, mediante aquilo que genericamente se denomina processamento. E, por último, o conteúdo aprendido deverá ser exposto quando necessário, seja oralmente ou por escrito ou por qualquer outra forma possível de exibição.

Críticas a esse modelo têm apontado um artificialismo na equiparação homem-computador e, sobretudo, no atomismo que caracterizaria as informações. A mente humana estaria trabalhando apenas com peças discretas de informação em fluxo contínuo, o que não corresponde ao trabalho da mente nem à natureza do conhecimento (Derry, 1992; Mayer, 1992; 1996). Entretanto, também tem sido proposta uma interpretação construtivista do modelo de processamento da informação, desde que se substitua a idéia de informação enquanto unidades discretas pela de conhecimento representado mentalmente (Mayer, 1996). Desta forma, nesta nova versão, o enfoque concentra-se mais no próprio funcionamento cognitivo em si, apoiado em suas bases neurológicas, que é a construção do conhecimento por processamento, embora se admita manter-se o rótulo original e histórico de processamento da informação. Mayer (1996) considera essa novidade de enfoque como normal numa teoria cognitivista, que sempre está aberta a modificações e avanços não previstos na sua origem.

Nesta nova direção, outros autores como Gagné *et al.* (1993) e Prawat (1996) têm-se referido a essa teoria como uma versão legítima do construtivismo, ao lado das versões piagetiana e histórico-cultural, tradicionalmente as mais

difundidas. É razoável e fundamentada essa interpretação, uma vez que o aprendiz, ao processar a informação, é considerado como o protagonista do processo e que não pode ser substituído por ninguém. A metáfora de processamento da informação auxilia a se entender como o aprendiz constrói e armazena um novo conhecimento em sua memória de longa duração.

Por outro lado, o modelo se restringe apenas à descrição da atividade mental do aluno enquanto indivíduo, sem qualquer alusão a aspectos sociais ou culturais da mente ou da linguagem nem a componentes emocionais ou motivacionais no processo. Cognitivismo austero, como diria Bandura (1993), embora esse autor também reconheça no modelo de processamento da informação um avanço na compreensão dos processos cognitivos da aprendizagem.

Freqüentemente se tem questionado sobre quem teria sido o autor principal ou o inspirador dessa abordagem. Com quem começou? Na realidade, não se pode identificar um autor único que lhe tenha dado origem ou um teórico apenas que o represente por excelência. Ao contrário de Piaget ou de Vygotsky, cujos nomes dão a marca, respectivamente, a seus modelos construtivistas, no caso das teorias de processamento da informação foram diversos os proponentes iniciais, continuados por contribuições de vários autores até alguns mais recentes, de modo que se tem referido a eles como teóricos do processamento da informação. Daí se depreende não existir uma teoria monolítica assumida igualmente por todos. Alguns nomes, porém, merecem destaque, por sua relevante contribuição ao estabelecimento dessa nova abordagem.

O trabalho clássico de G.A. Miller (1956) sobre a memória de curta duração tem sido apontado como o marco inicial do ressurgimento do cognitivismo que, no seu conjunto, representou uma reação ao behaviorismo até então dominante na psicologia. Entretanto, um modelo mais abrangente da memória humana foi apresentado, no final dos anos 60, por Atkinson & Shiffrin (1971). Esses autores propuseram a existência de cinco componentes básicos da mente humana, a saber: o registrador sensorial da informação proveniente do ambiente externo; a memória de curto prazo; a memória de longo prazo; os processos de controle executivo; e a saída. Observe-se que para esses autores a informação captada pelos sentidos era armazenada sucessivamente em três instâncias: primeiro, e de modo muito breve, nos próprios registradores sensoriais; a seguir, também por pouco tempo, na memória de curta duração (MCD); e, finalmente, de modo duradouro, na memória de longa duração (MLD). Sem nos determos na apresentação de outros modelos similares daquela época, como o de Broadbent (1975), cabe a indagação sobre até que ponto a proposta original de Atkinson & Shiffrin (1971) permanece inalterada e assim aceita pelos estudiosos. Como era de se esperar, algo permanece sustentado até o presente, ao lado de muitas novas descobertas que revelam progressos na área, com importantes especificações em relação às versões originais. É o que será exposto a seguir, por partes.

Por primeiro, será descrito o fluxo da informação, que considera um dado que vem do ambiente, com sua armazenagem, respectivamente, no registrador sensorial e na memória de curta duração. Especial ênfase será dada, a seguir, na descrição do trabalho mental de processamento,

com a codificação. As características da memória de longa duração, com os conhecimentos organizados em redes ou esquemas, será o tópico imediato. Por último, será feita uma avaliação do que essa teoria representa para o contexto das aprendizagens escolares.

1. Memória sensorial

Aquilo que os alunos na escola devem aprender são conhecimentos já construídos pela humanidade, através da história, e que hoje se encontram nos livros ou em outros registros, além da própria memória do professor que ensina. Segundo a versão tradicional e literal do modelo de processamento da informação, todos esses conteúdos recebem o rótulo de informação que, em forma de estímulos discretos e sucessivos, atinge os sentidos do aprendiz, sobretudo da visão ou da audição, onde permanece armazenada por uma fração de segundo, um fenômeno que os cognitivistas têm denominado memória sensorial. Experimentos engenhosos de laboratório fixaram o seu limite de permanência no receptor em até 250 milésimos de segundo. Os estudos experimentais também concluíram que, nessa fase, se deva distinguir entre memória icônica, ligada ao registrador sensorial visual, e a memória auditiva ou ecóica, própria do registro sensorial auditivo (Andre & Phye, 1986; Gagné *et al.*, 1993; Sternberg, 2000). Entretanto, tal distinção não tem trazido, de acordo com a literatura atual, qualquer implicação educacional relevante.

A informação captada pelos sentidos precisa ser também percebida e ser objeto de atenção, a fim de passar para a fase seguinte, que é a chegada à memória de curta dura-

ção, uma área consciente, neurologicamente assentada no córtex cerebral. Dada a importância da percepção seletiva como condição inicial do processo como um todo, merece ser descrita com os detalhes pertinentes, antes da consideração da própria memória de curto prazo.

A fração de segundo em que a informação se detém na memória sensorial é o bastante para ela ser percebida seletivamente. Primeiro de tudo, nem todos os estímulos que a vista ou a audição recebem entrarão na instância psicológica seguinte, que é a memória de curta duração. Para tanto exige-se que o estímulo seja percebido, lembrando-se que a percepção é necessariamente seletiva, o que reduz a quantidade e a especificidade de entradas por vez. O que não for percebido literalmente se perde naquele mesmo instante, para efeitos de aprendizagem por processamento, pelo fato de não haver ingressado na memória de curta duração. A percepção seletiva, por sua vez, está intimamente ligada à atenção, ou seja, a pessoa percebe seletivamente aquilo a que direcionou a atenção, que também é um recurso extremamente limitado. Pense-se no aluno que, numa aula expositiva, se distrai. Embora sua audição continue sendo fisicamente estimulada pelas frases proferidas pelo professor, o aluno não aprenderá nada com elas, por haver faltado a percepção às mensagens proferidas e isso ocorreu porque, no momento crucial, sua atenção estava direcionada para outros estímulos espúrios, sejam eles externos ou internos. Fenômeno semelhante ocorre com uma pessoa que é capaz de ler distraidamente um parágrafo inteiro. No final, não poderá evocar uma única idéia do texto. Mesmo sem distrações, a atenção e a percepção se-

tam igualmente seletivas em função de modalidades do próprio estímulo ou informação (exemplos: ênfase dada pelo professor em alguma verbalização; ou a apresentação de uma idéia no quadro de giz ou na tela), como dos conhecimentos prévios do aluno, ou seja, de seus esquemas. Isto significa que aquilo que um aluno irá perceber é determinado tanto pelo que ele já sabe como pelas características de apresentação do conteúdo, um aspecto que afeta diretamente o ensino. Em suma, o que tiver sido percebido pelo aluno atento, ao receber informação do seu ambiente, será de imediato acolhido na memória de curta duração ou consciência (Gagné *et al.*, 1993; Sternberg, 2000).

2. Memória de curta duração, Memória de trabalho

O segundo componente mental foi denominado por Atkinson & Shiffrin (1971) de armazenamento de curto prazo e que, a seguir, passou a chamar-se mais comumente de memória de curto prazo ou de curta duração (MCD). Esse sistema de memória tem as duas funções básicas de acolher a informação que entrou por meio dos sentidos e foi captada pela percepção seletiva e a de manipular tal informação, que é o processamento em si.

De acordo com a tradição fundamentada nos estudos de Atkinson & Shiffrin (1971), bem como em alguns outros até anteriores a eles, a MCD também era alternativamente denominada de memória temporária de trabalho. Nela foram identificados processos controladores, no sentido de que é nesse sistema que são tomadas decisões quanto às informações presentes, sobretudo em relação a seu armazenamento na memória de longa duração, mediante al-

guma forma de manipulação. Por outro lado, informações já armazenadas na memória de longa duração podem ser recuperadas, embora mais custosamente do que as da MCD, e colocadas na MCD, um processo amplamente pesquisado e descrito por Atkinson & Shiffrin (1971).

Entretanto, o aspecto mais saliente na concepção da MCD baseada no chamado "modelo modal" de Atkinson & Shiffrin (1971) consistia nas duas limitações que a caracterizam. A primeira delas é de natureza temporal. Sua capacidade de armazenagem de uma certa informação não ultrapassa 30 segundos, a menos que a informação seja repetida ou usada, ou aconteça o processamento, pelo qual passará à memória de longa duração. Se nada disso for feito com a informação na MCD, ela se perderá rapidamente, até mesmo antes do limite final de 30 segundos. Um exemplo da vida diária serve como ilustração. Uma pessoa quer fazer uma ligação telefônica, mas não tem disponível o número de destino. Pergunta a alguém, que lhe passa oralmente o número desejado. Após ouvir esse número, a pessoa o mantém como que vibrando em sua memória pelo tempo que precisa para discar. Caso não o repita mais ou não o utilize, o número será esquecido logo a seguir, mesmo que não ocorra qualquer forma de interferência.

A segunda limitação da MCD refere-se à quantidade de itens que comporta por vez. Desde o clássico trabalho de G.A. Miller (1956), tem sido demonstrado mediante experimentos que a MCD pode operar simultaneamente apenas uma série de sete itens em média (isto é, mais ou menos dois, o que a situa entre cinco e nove). Entendem-se por itens dígitos, sílabas e até idéias simples expressas por palavras. Os experimentos de laboratório têm

confirmado esse fenômeno, também identificável na experiência pessoal no dia-a-dia. Por exemplo, após ser exposto brevemente a um número de telefone de sete dígitos, quer seja apresentado de forma oral quer seja por escrito, uma pessoa é capaz de evocar imediatamente todos os dígitos e discá-los corretamente, por não ultrapassarem nem o tempo normal de manutenção e nem o número de itens. Da mesma forma, a visão de uma placa de carro com sete dígitos alfanuméricos será prontamente mantida na MCD até que sejam passados para o papel ou transmitidos por telefone, se for o caso. Uma outra experiência a esse respeito é a da leitura ou audição de uma determinada frase, que não contenha mais do que sete idéias simples. Assim que se terminar de ler ou de ouvir a frase inteira, sua primeira parte e o restante do meio ainda permanecem ativos na MCD, de modo que a pessoa terá consciência da frase por inteiro e a compreenderá, não precisando reler ou ouvir novamente o seu início.

Em síntese, a memória de curta duração caracterizou-se tradicionalmente pelas limitações de itens que podia comportar por vez, ocasionando um sucessivo descarte, além do desvanecimento pela passagem do tempo. De acordo com Baddeley (1988; 1992), pesquisas com pacientes amnésicos concluíram ser inadequada tal caracterização da MCD, enquanto distinta da memória de longa duração. Assim, ele propõe que o sistema de memória anterior à memória de longa duração se deva conceituar como memória de trabalho (ou memória operacional; *working memory*, no original), substituindo o rótulo anterior de memória de curta duração. Com isso ele quis acentuar que a sua característica, tradicionalmente assumida, de arma-

zenamento temporário tanto da nova informação como de algum conhecimento prévio é exigência indispensável, mas não a única; sozinha, não é suficiente. A ênfase agora recai sobre as operações que ela realiza em cima da informação recebida. Comportamentos como de ler, de compreender, aprender e raciocinar são exemplos de atividades mentais que envolvem tais operações da memória de trabalho. Que tipo de operações?

Baddeley e Hitch (ver Baddeley, 1988; 1992) demonstraram que na memória de trabalho existe um executivo central, cujo papel é de direcionar a atenção para aspectos relevantes da tarefa cognitiva. Atente-se bem, neste contexto, à recorrência dos processos de atenção. Para exercer esse papel o executivo central conta com dois auxiliares internos, que seriam como que servidores, ou *alças*: uma alça fonológica, e uma visuoespacial (ver Figura 1).

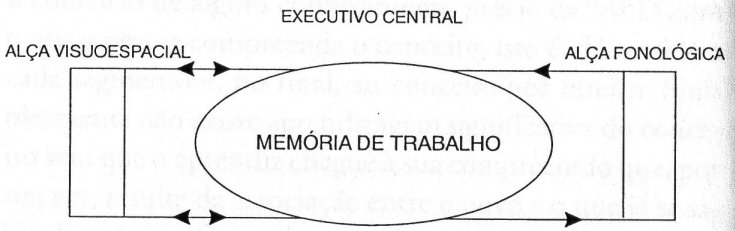


Figura 1 – Representação da memória de trabalho, sob o comando de um executivo central e com as duas alças que lhe prestam serviço (Baddeley, 1992).

Brevemente, o *serviço* prestado pela alça fonológica na memória de trabalho e sob o comando do executivo central consiste em que uma informação verbal ouvida ou vis-

seja mantida no sistema por um certo tempo e como objeto de atenção. O executivo central direcionará a atenção à informação, seja para uso ou repetição, seja para processamento. Lembre-se do exemplo do número de telefone que alguém lhe passa. Os dígitos permanecem como que ressoando em sua mente, na forma de uma linguagem interiorizada, apta a ser transferida para a discagem. Se a pessoa deixar de repetir ao menos internamente aqueles números, rapidamente serão esquecidos. Por sua vez, a alça visuoespacial mantém na memória de trabalho informações de natureza visuoespacial, como imagens de lugares, de objetos pluridimensionais, entre outras, e que servem para serem processadas ou para auxiliar no processamento de conteúdos verbais, mediante associações arbitrárias com lugares conhecidos (nisto, aliás, consiste um dos recursos mnemotécnicos mais eficazes, que será descrito mais adiante). Uma importante função do executivo central é, em qualquer dos casos, transferir itens da memória de longa duração para a memória de trabalho, ou desta para a memória de longa duração, integrando as informações que vêm dos sentidos ou da própria memória de longa duração.

Em síntese, na versão proposta por Baddeley (1992), a memória de trabalho é um sistema em que a) as pessoas armazenam temporariamente a informação para ser manipulada ou processada, ou seja, contém uma parte passiva, de simples armazenagem; b) ocorre o trabalho de processamento ou de repetição, o que significa sua parte ativa; e c) há um executivo central que controlará as operações anteriores e a atenção; assim, ora determinará que se proceda à repetição ou prática daquele conteúdo, ora, se for o caso, que se efetue o processamento. O executivo central, en-

quanto coordenador geral, sempre acionará a atenção sobre o conteúdo que entrou, com base em uma das duas alças, fonológica ou visuoespacial. Além disso, para que ocorra o processamento, o executivo central irá solicitar que certos itens da memória de longa duração subam à consciência e sejam igualmente focalizados pela atenção e utilizados no processo. Conhecimentos prévios, armazenados na MLD, são imprescindíveis ao processamento de qualquer novo conhecimento.

Como aí se trata de co[illegible]ructos inferidos, e não de fenômenos diretamente observáveis, podem ser melhor compreendidos através de um exemplo ilustrativo, ligado à aprendizagem de um novo conceito como o conceito de paradigma em ciências. O aprendiz lê a definição num livro, pausadamente, o que assegura sua localização no sistema de memória de trabalho, na alça fonológica. Cada segmento da definição lida torna-se objeto da atenção, comandada pelo executivo central, que solicitará ao mesmo tempo o concurso de algum conhecimento prévio da MLD com o que a pessoa compreenda o conceito, isto é, dê sentido a cada segmento e, no final, ao conceito por inteiro. Simplesmente não existe aprend[illegible]em significativa do conceito sem que o aprendiz chegue à sua compreensão que, por sua vez, resulta da associação entre o novo e o que já se sabia. Esta é uma forma de processamento, cujo desfecho é o armazenamento do novo conceito na MLD.

É importante salientar neste momento uma peculiaridade da memória de trabalho no processo de aprendizagem. Seus conteúdos, sempre em número limitado, terão apenas um entre três destinos possíveis, de modo fechado: ou serão repetidos (e assim permanecem mantidos por

[illegible] tempo nesse sistema), ou serão processados, passando para a memória de longa d[illegible]ação, ou serão imediatamente perdidos. A repetição, ou alguma forma de uso, mantém a informação ativa na memória de trabalho, assim como o próprio trabalho de processamento por codificação, que será detalhado mais adiante.

Além disso, embora a memória de trabalho tenha sido considerada como equivalente à consciência (Gagné *et al.*, 1993), deve-se ressaltar que nem todos os processos que nela ocorrem são conscientes. Há, de fato, processos controlados, que são conscientes, realizados em série e que demandam certo tempo como, por exemplo, planejar uma tarefa complexa. Mas existem processos cognitivos automatizados, ou seja, sem controle consciente e mais rápidos, resultados de experiência, como é o caso de se amarrar o cordão dos sapatos ou dirigir um carro numa estrada vazia (Sternberg, 2000).

Para se entender a característica dinâmica da memória de trabalho, quer se trate de processos controlados ou automatizados, Colom & Flores-Mendoza (2001) retomam de J. Anderson uma analogia com uma curiosa atividade chinesa. Trata-se de um habilidoso artista de circo (às vezes eles se exibem também na TV) que trabalha com um pequeno conjunto de varas verticais flexíveis enfileiradas à sua frente, fixadas pela base numa mesa. Ele coloca um prato sobre a primeira vara e a move, fazendo o prato girar. Sucessivamente, faz o mesmo com cada vara e o respectivo prato. Quando está pelo quarto prato, volta a agitar a primeira vara e, eventualmente a segunda, para que não cessem de manter o prato em movimento giratório. Chegará um momento em que todas as varas estarão em movimen-

to, com seus pratos giratórios em cima. Caso o artista deixe de fazer girar uma única vara, dentro em breve o respectivo prato cairá. Analogamente, os itens na memória de trabalho nela permanecerão desde que sejam ativados sob o controle do executivo central (representado pelo artista no exemplo acima), isto é, desde que de alguma forma se trabalhe com eles, mesmo que em forma de repetição ou prática. Caso contrário, desaparecem muito rápido para dar lugar a outras informações novas, em função da capacidade limitada de armazenamento nos seus dois sentidos, temporal e quantitativo.

Por esse motivo, a memória de trabalho tem sido apropriadamente comparada a um gargalo pelo qual passam necessariamente todos os conteúdos a serem aprendidos, mas poucos por vez. Se os itens que nela se encontram tiverem atingido o seu número-limite, torna-se extremamente reduzida a capacidade de se trabalhar simultaneamente com outros conteúdos. Assim, se estivermos com a mente ocupada com um raciocínio, uma solução de problema, ou com uma urgência financeira, muito pouco espaço resta, se é que resta algum, para qualquer outra atividade mental na mesma ocasião.

Há, porém, diferenças individuais. Algumas pessoas são mais rápidas no processamento ou solução de tarefas cognitivas, em função de diversos fatores como a capacidade de atenção, a facilidade em recuperar informações da MLD, estratégias usadas etc. De acordo com pesquisas, a própria idade faz diferença, pois pessoas mais jovens tendem a processar tarefas complexas mais depressa do que as de mais idade (Sternberg, 2000). Qualquer que seja o motivo, maior rapidez no trabalho possibilita que se proces-

sem mais informações na mesma unidade de tempo, o que é uma evidente vantagem. Há fortes indicadores de que as medidas do fator *g* da inteligência estariam associadas a tais diferenças individuais da memória de trabalho (Colom & Flores-Mendoza, 2001).

Antes de passarmos para uma descrição mais detalhada do processamento em si, na memória de trabalho, importa, nesta altura, extrair duas conseqüências práticas para a sala de aula enquanto espaço de apoio à construção de conhecimentos. A primeira diz respeito especificamente a quem ensina. O professor não pode falar depressa demais em suas exposições porque com isso estará colocando na memória de trabalho de seus alunos uma quantidade muito grande de elementos ao mesmo tempo. Ora, esse sistema é limitado. Como conseqüência, muitas informações irão perder-se porque com a sobrecarga da memória de trabalho os conteúdos também vão-se substituindo rapidamente, antes que ocorram compreensão, elaboração, ou eventual tomada de notas por parte do ouvinte (Andre & Phye, 1986).

Outra implicação educacional sugerida pelas limitações da memória de trabalho, e ligada à anterior, diz respeito mais diretamente ao aluno. Em aulas expositivas é importante tomar notas dos conteúdos desenvolvidos pelo professor. Mesmo ouvindo com atenção e compreendendo tudo, é improvável que o aluno processe e armazene na memória de longa duração a enorme quantidade de itens informativos, que são apresentados linearmente. Isto tem fundamento em pesquisas.

Reportando-se a evidências provenientes de alguns estudos, Gagné *et al.* (1993) enfatizam que levam algum

tempo os processos de aquisição de um conhecimento na memória de trabalho. Estima-se que cada unidade de informação leva pelo menos dez segundos para ser armazenada na MLD, isto é, em 60 segundos (um minuto), podem ser armazenadas apenas seis unidades em média. Numa aula expositiva, o professor profere em média 150 palavras por minuto. Suponhamos que cada proposição possua em torno de cinco palavras. Isto nos leva à conclusão de que, a cada minuto, o aluno é bombardeado com cerca de trinta proposições. É claro que muitas unidades já são do conhecimento do aluno e outras tantas são irrelevantes, servindo apenas de contexto para as idéias-chave. Portanto, vamos supor que apenas a metade, ou seja, 15 idéias por minuto sejam novas e relevantes, e que o aluno as deva processar e colocar na MLD. Mas a capacidade de processar é de apenas seis por minuto! Assim, se após a aula ele for interrogado sobre o que tiver ouvido, parece que já esqueceu tudo. Mas a verdade é que nem sequer armazenou, o que pode acontecer até com alunos mais capazes. A memória de trabalho, quando está empenhada em elaborar alguma idéia, não tem espaço psicológico para acolher nenhuma outra que esteja ouvindo, dadas as limitações desse sistema.

Por essa razão, caso o aluno não tome notas em aula, muito conteúdo ficará perdido para ele, ou seja, não disponível para o estudo individual posterior. É por isso que as pesquisas têm demonstrado consistentemente que tomar notas em aula se relaciona com melhor rendimento. Em um estudo com universitários, Kiewra & Benton (1988) comprovaram essa vantagem e explicaram que o registro escrito, em classe, de mais palavras, de mais idéias relevan-

tes e de informações propicia uma aprendizagem significativa. Além disso, esses autores encontraram que tomar notas relevantes envolve a capacidade especial de manipular informação proposicional na memória de trabalho, uma vez que o aluno deve selecionar cada item captado, mantê-lo temporariamente na memória, processar e colocar no papel para estudo posterior.

2.1. O processamento em si: a codificação

Vamos limitar-nos ao processamento de conhecimento expresso verbalmente, e do tipo proposicional, dada a sua freqüência preponderante nos contextos educacionais. Processamento é um conceito de significado genérico e, como foi assinalado no início, assumido da informática. Na explicação da construção de um novo conhecimento, denota uma atividade mental consciente do aprendiz, na memória de trabalho, sob o comando do executivo central e com o concurso da atenção. Um conceito correlato dessa atividade mental é o de codificação, da qual decorre imediatamente o processo de armazenamento e, posteriormente, o de recuperação (Colom & Flores-Mendoza, 2001; Sternberg, 2000).

Codificação consiste numa ampla variedade de ações mentais que os alunos realizam com o objetivo de construir o conhecimento-alvo na memória. Quer se trate de ações abertas ou encobertas, a codificação sempre implica numa transformação do dado recebido pelos sentidos e atualmente na memória de trabalho (Kulhavy *et al.*, 1986).

Existem dois tipos básicos de codificação: a não-semântica e a semântica, a serem usados, respectivamente, em

função do tipo de material verbal a ser processado. Em qualquer dos casos, a codificação implica necessariamente o uso de algum conhecimento prévio evocado que, juntamente com a nova informação a ser codificada, deve estar focalizado pela atenção.

Alguns autores têm exposto modos de se fazer codificação não-semântica, a qual consiste no uso de recursos mnemotécnicos (Bellezza, 1981; Kulhavy *et al.*, 1986; Sternberg, 2000). Como um desses recursos pode ser mencionado o "método dos locais". Para executar a tarefa de codificar na memória uma lista de palavras ou números, a pessoa pode associar cada um desses itens a locais do *campus* universitário, ou de qualquer outro espaço familiar. Conta-se que Lev Vygotsky, conforme depoimento de sua própria filha, praticava essa técnica como *hobbie*, chegando ao resultado de evocar até 100 palavras, em qualquer ordem. Acrônimos, acrósticos e palavras-chave são alguns dentre outros artifícios da mesma natureza, usados para se codificar listas de palavras. O que caracteriza a codificação não-semântica é o caráter artificial das associações, o que inclusive limita sensivelmente a durabilidade do efeito, bem como a impossibilidade de generalizações (Kulhavy *et al.*, 1986).

Já a codificação semântica envolve o procedimento de se dar sentido ao novo conteúdo, ou seja, de se propiciar uma compreensão. Por isso, pela codificação semântica, a aprendizagem de um conhecimento declarativo coincide inteiramente com a criação de um significado. Caso não se chegue a realizar tais conexões de significado não haverá aprendizagem significativa (Gagné *et al.*, 1993).

Segundo os psicólogos cognitivistas (por ex., Alexander, 1996), a criação de um significado se realiza fazendo-se conexões ou associações entre o novo conhecimento e os conhecimentos prévios. Especificamente, isso se chama *elaboração* (Gagné *et al.*, 1993). A atividade mental de elaboração resulta na construção de um novo conhecimento, em forma de novas proposições. O novo conhecimento elaborado (isto é, construído, aprendido) não é cópia do estímulo recebido pelos sentidos e nem repetição do que já se sabia. É uma formulação nova, aliás marcada pelas peculiaridades pessoais do próprio aprendiz, em função do emprego de seus conhecimentos prévios, ou seja, de seus esquemas (vide mais adiante o conceito de esquemas).

Em geral, para a elaboração sempre se faz necessário o recurso a determinados conhecimentos prévios, chamados então de pré-requisitos. Por exemplo, um pré-requisito indispensável para se entender qualquer texto é o conhecimento da estrutura gramatical das frases. Como outro exemplo pode ser citado o caso do trabalho estatístico, que supõe o domínio da matemática básica e da álgebra. Mas, por outro lado, qualquer conhecimento prévio, mesmo que não seja pré-requisito, pode ser utilizado para se dar sentido a uma nova informação, como acontece nas analogias, exemplos ou imagens. O aluno pode entender um determinado conteúdo novo fazendo analogia com algo que ele já saiba, seja proveniente da Bíblia ou de sua própria experiência de vida, ou até de um episódio de um romance que somente ele tiver lido.

A codificação se completa quando, além da elaboração, o aprendiz aplicar *organização* ao conteúdo que está sendo aprendido. Organizar consiste em se distinguir ex-

função do tipo de material verbal a ser processado. Em qualquer dos casos, a codificação implica necessariamente o uso de algum conhecimento prévio evocado que, juntamente com a nova informação a ser codificada, deve estar focalizado pela atenção.

Alguns autores têm exposto modos de se fazer codificação não-semântica, a qual consiste no uso de recursos mnemotécnicos (Bellezza, 1981; Kulhavy *et al.*, 1986; Sternberg, 2000). Como um desses recursos pode ser mencionado o "método dos locais". Para executar a tarefa de codificar na memória uma lista de palavras ou números, a pessoa pode associar cada um desses itens a locais do *campus* universitário, ou de qualquer outro espaço familiar. Conta-se que Lev Vygotsky, conforme depoimento de sua própria filha, praticava essa técnica como *hobbie*, chegando ao resultado de evocar até 100 palavras, em qualquer ordem. Acrônimos, acrósticos e palavras-chave são alguns dentre outros artifícios da mesma natureza, usados para se codificar listas de palavras. O que caracteriza a codificação não-semântica é o caráter artificial das associações, o que inclusive limita sensivelmente a durabilidade do efeito, bem como a impossibilidade de generalizações (Kulhavy *et al.*, 1986).

Já a codificação semântica envolve o procedimento de se dar sentido ao novo conteúdo, ou seja, de se propiciar uma compreensão. Por isso, pela codificação semântica, a aprendizagem de um conhecimento declarativo coincide inteiramente com a criação de um significado. Caso não se chegue a realizar tais conexões de significado não haverá aprendizagem significativa (Gagné *et al.*, 1993).

Segundo os psicólogos cognitivistas (por ex., Alexander, 1996), a criação de um significado se realiza fazendo-se conexões ou associações entre o novo conhecimento e os conhecimentos prévios. Especificamente, isso se chama *elaboração* (Gagné *et al.*, 1993). A atividade mental de elaboração resulta na construção de um novo conhecimento, em forma de novas proposições. O novo conhecimento elaborado (isto é, construído, aprendido) não é cópia do estímulo recebido pelos sentidos e nem repetição do que já se sabia. É uma formulação nova, aliás marcada pelas peculiaridades pessoais do próprio aprendiz, em função do emprego de seus conhecimentos prévios, ou seja, de seus esquemas (vide mais adiante o conceito de esquemas).

Em geral, para a elaboração sempre se faz necessário o recurso a determinados conhecimentos prévios, chamados então de pré-requisitos. Por exemplo, um pré-requisito indispensável para se entender qualquer texto é o conhecimento da estrutura gramatical das frases. Como outro exemplo pode ser citado o caso do trabalho estatístico, que supõe o domínio da matemática básica e da álgebra. Mas, por outro lado, qualquer conhecimento prévio, mesmo que não seja pré-requisito, pode ser utilizado para se dar sentido a uma nova informação, como acontece nas analogias, exemplos ou imagens. O aluno pode entender um determinado conteúdo novo fazendo analogia com algo que ele já saiba, seja proveniente da Bíblia ou de sua própria experiência de vida, ou até de um episódio de um romance que somente ele tiver lido.

A codificação se completa quando, além da elaboração, o aprendiz aplicar *organização* ao conteúdo que está sendo aprendido. Organizar consiste em se distinguir ex-

tância temporal, ou seja, contém aquilo que é chamado de conhecimento declarativo. A essa categoria pertencem objetos como fatos, conceitos, regras, rótulos verbais, entre outros, como, por exemplo, o conjunto de idéias que caracterizam a epistemologia do construtivismo; ou quais são as funções da memória de trabalho. Posteriormente, Tulving propôs um novo referencial em que a memória episódica seria um sub-sistema da memória semântica (Johnson & Harsher, 1987). A terceira memória chama-se *de procedimento*, pela qual o organismo é capaz de responder de modo adaptador às demandas do ambiente pelo fato de manter conexões aprendidas entre estímulos e respostas ou entre respostas em cadeia. Um exemplo simples é saber como usar todos os recursos do *Word*, no computador. Para nossos objetivos, vamos aqui explorar apenas a memória semântica pela sua característica de abrigar na MLD todos os conhecimentos declarativos prévios, onde se acham organizados. É o tópico a ser explorado a seguir.

3.1. Representação dos conhecimentos prévios naMLD: redes e esquemas

Os conhecimentos declarativos, construídos anteriormente, e que agora se situam na MLD, têm sido considerados em termos de redes ou, alternativamente, de esquemas. Em qualquer dos casos, os cognitivistas, em geral, admitem que não existem conhecimentos armazenados de modo esparso, mas necessariamente formando conjuntos. Uma primeira forma de se agruparem é formando redes semânticas, isto é, com elementos interligados de modo significativo, como se pode ver na Figura 2.

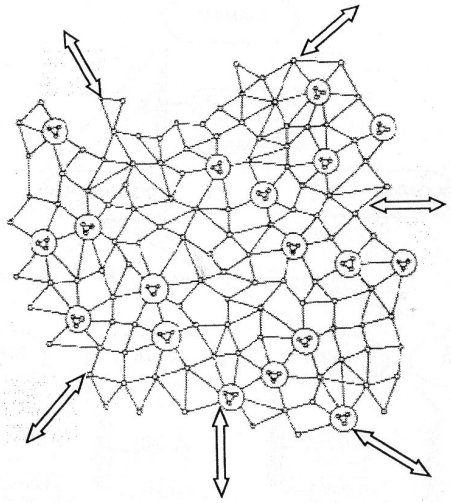


Figura 2: Representação dos conhecimentos estruturados em forma de rede, na MLD, adaptada de Gagné *et al.* (1993). Todos os itens são interligados. Os círculos minúsculos representam conceitos ou conhecimentos simples, como os dias da semana ou a relação entre preço e poder de compra. Os círculos pouco maiores representam esquemas, que se compõem de vários conhecimentos interligados, como o de estrutura sintática, ou a idéia completa de cachorro.

A construção desses conhecimentos não foi um mero processo de acumulação, como se fosse sobreposição de pedra sobre pedra, mas, ao contrário, consistiu na elaboração progressiva de teias ou redes. Numa rede semântica como da Figura 2 encontram-se os nós, que representam conceitos. Por representarem pontos de encontro de linhas, os conceitos participam simultaneamente de mais de uma idéia. As linhas de ligação representam relações classificadas entre os elementos. Desta forma, quando o executivo central solicitar a evocação de algum conhecimento

declarativo prévio, a busca percorre aquelas linhas de conexão entre os nós. Quanto mais linhas de conexão um indivíduo possuir relativamente a um conhecimento, tanto mais facilmente será encontrado através das conexões. O fenômeno pelo qual a mente vai percorrendo as linhas de conexão, por associação semântica, até chegar ao alvo, recebe o nome de ativação difundida (Gagné *et al.*, 1993; Sternberg, 2000).

Além das redes semânticas, e muito semelhantes a elas, os *esquemas* (do grego: *schema*; plural: *schêmata*, o que os distingue de outros esquemas com significado diferente) são aqui considerados também como estruturas mentais ou corpos de conhecimentos adquiridos e armazenados na MLD, e disponíveis. Portanto, eles são os próprios conhecimentos prévios enquanto inter-relacionados e organizados significativamente e que são ativados nas percepções e interpretações do mundo, bem como para a solução de problemas. Em nossa MLD temos inúmeros esquemas, interligados em redes semânticas, dos quais se podem ver dois exemplos nas Figuras 2 e 3. Diversas pesquisas têm dado suporte à relevância desse *constructo* (Andre & Phye, 1986; Bzuneck, 1991; Kulhavy *et al.*, 1986; Sternberg, 2000). Como se trata de um *constructo* inferido, e não de uma entidade diretamente observável nas pesquisas, seus contornos podem parecer por demais abstratos ou até pouco definidos. Dois exemplos da vida diária podem ajudar a compreender o que sejam esquemas e seu significado para resolver problemas ou para qualquer outro processo mental.

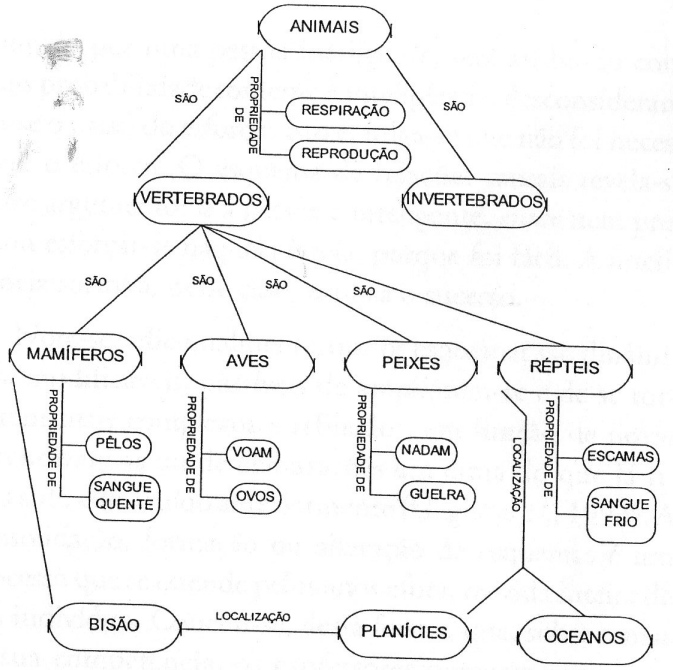


Figura 3: Um exemplo de esquema relativamente a animais, e que se localiza na memória semântica (Andre & Phye, 1986). Observe-se que as linhas representam as possíveis conexões aprendidas.

Sternberg (2000) relata um episódio hipotético em que, num *playground*, estão sentadas quatro pessoas diferentes: uma senhora de 75 anos, um homem com 45 anos, uma freira com uns 30 anos e uma moça de 25 anos. Uma criança cai de um balanço e grita: "Mamãe!" Você, que observa a cena e que possui esquemas sobre mães, homens, pes-

soas idosas e até de freiras, saberá de pronto qual é a pessoa que irá responder ao apelo da criança. Em outras palavras, em virtude de seus esquemas sobre pessoas em condições similares, você será capaz de compreender o episódio de forma abrangente, indo além do que ouviu e viu.

O esquema é igualmente importante no exercício de profissões. Um auditor experimentado em transações bancárias internacionais é capaz de avaliar com muita precisão como certos documentos de um cidadão, quando cruzados, revelam fraude fiscal ou evasão de divisas. Embora se trate de dados sutis e complexos, os esquemas específicos do auditor experiente lhe permitem perceber inconsistências, lacunas, detalhes comprometedores, procedimentos ilegais entre outros aspectos, permitindo conclusões sustentáveis em juízo.

Sternberg (2000), reportando-se a outros autores, complementa que os esquemas podem incluir informações sobre relações. Assim, podem conter relações entre conceitos (por ex., a relação entre caminhão, ônibus e automóvel); entre atributos num mesmo conceito (por ex., o peso e altura de uma pessoa); de atributos em conceitos relacionados (por ex., ser vermelho é próprio de uma cereja e de uma maçã); entre conceitos e contextos (como peixe e mar); e entre conceitos específicos e o conhecimento básico geral (por ex., saber quem é o atual presidente da República ou o que é ser governo etc.); e sobretudo as relações causais, expressas pela associação *se-então*. Um bom exemplo desta última nos é fornecido por Weiner (1984), ao explicar a formação das atribuições, ou seja, das explicações causais de sucesso ou fracasso. O sucesso numa tarefa fácil,

atingido por uma pessoa inteligente, será atribuído com mais probabilidade somente à inteligência, desconsiderando-se o papel do esforço. Isto é, julga-se que não foi necessário o esforço. O esquema de relações causais revela-se neste argumento: *se* a pessoa é inteligente, *então* nem precisou esforçar-se naquela tarefa, porque foi fácil. A inteligência sozinha, nesse caso, explica o sucesso.

Note-se, adicionalmente, que os esquemas são dinâmicos, modificáveis, passíveis de ampliarem-se e de se tornarem mais complexos e refinados, em função de novas aprendizagens ou de elaborações em cima do que já tinha sido construído anteriormente (Gagné *et al.*, 1993). A consolidação, formação ou alteração de esquemas é um processo que se estende pelos anos afora, na vida inteira de um indivíduo. Conclui-se, desta forma, que, sobre temas de sua competência, os professores possuem esquemas diferentes e muito mais desenvolvidos que seus alunos. Em qualquer caso, o conceito de possuidor de esquemas é compatível com um dos componentes do conceito mais recente de aluno ou professor *expert* (em oposição a principiante), ou auto-regulado (ver, por exemplo, Ertmer & Newby, 1996).

Para a educação, qual é o alcance prático do conceito de esquemas, tão qualificados como importantes na literatura cognitivista? Pelo menos três aplicações educacionais parecem emergir.

Em primeiro lugar, os esquemas determinam como um aprendiz perceberá, abordará e interpretará um novo conteúdo de aprendizagem. Isto é, ao se defrontar com um novo conteúdo de aprendizagem, a ativação de um esquema par-

ticular na MLD irá direcionar o que o aprendiz perceberá como relevante para ser codificado. Portanto, melhor aprende coisas novas o aluno que possuir mais esquemas organizados, ou seja, mais conhecimentos prévios estruturados (Alexander, 1996; Johnson & Harsher, 1987). Esta é uma das características básicas, juntamente com o domínio de um leque de estratégias, que tipicamente se encontram num aluno auto-regulado (Ertmer & Newby, 1996).

Outra conseqüência educacional, aliás ligada à anterior, é que diante de qualquer nova aprendizagem por construção, por processamento, esquemas específicos devem ser acionados e, para isso, contribuem substancialmente certas ajudas ou no próprio texto quando a informação vem por escrito, ou por parte do professor. Quando se trata de um texto de conteúdo complexo e não-familiar, evocadores de esquemas podem ser os próprios títulos e subtítulos (leia neste momento o texto do Quadro 1), ilustrações, ou pequenas frases à margem, como as que se encontram na *Encyclopaedia Britannica*. Após ler o texto do Quadro 1, pela ausência de um título orientador, semanticamente relacionado, o leitor não terá entendido do que se trata, ou seja, não sabe dar sentido a ele e nem será capaz de evocar a seqüência dos eventos. Mas, caso se coloque o título "lavar roupas na máquina", tudo faz sentido.

Além de modalidades do próprio texto, o professor pode lançar mão de perguntas anexas (do tipo: quem? o quê? por quê? etc.) ou apresentar organizadores introdutórios, com os quais se explicite a relação entre os novos conteúdos e aquilo que os alunos já devem saber. A suposição é de que todos esses recursos, por promoverem um contexto, auxiliarão o aprendiz a ativar um esquema apropriado para interpretar e processar o texto em questão (Andre & Phye, 1986; Kulhavy *et al.*, 1986; Royer, 1986).

Por último, a experiência de todo professor atesta que muitos alunos, até nos cursos de graduação, são carentes de esquemas relativos à semântica flutuante das palavras e, sobretudo, de regras gramaticais. O esquema de predicação numa frase, que compreende sujeito e predicado, é básico para se decodificar qualquer texto e lhe apreender o sentido, especialmente quando a frase está em ordem inversa, em que o sujeito aparece depois do predicado. Mais ainda, é preciso que esse esquema básico faça parte de um maior, que é o de domínio da estrutura de um período composto de várias orações coordenadas ou de uma principal e subordinadas. Isto nos leva à conclusão de que a escola deve esmerar-se em assegurar que, nas séries escolares do Ensino Fundamental, todo aluno treine e desenvolva tais esquemas gramaticais, para poder subseqüentemente ler textos com a devida compreensão e assim poder processá-los (sobre treinamento de esquemas ver, por exemplo, Derry & Murphy, 1986; Gagné *et al.*, 1993; Woolfolk, 2000).

Em seguida, o novo conhecimento processado irá integrar-se na MLD em um esquema já estruturado, ao qual se relacione semanticamente. Todo novo conhecimento, após o processamento, chega a armazenar-se na MLD porque se integra em algum esquema preexistente, ampliando-o ou refinando-o (Gagné *et al.*, 1993; Sternberg, 2000).

Quadro 1: Um texto sem título semanticamente relacionado ao conteúdo

"O procedimento é realmente muito simples. Primeiramente, você organiza os itens em diferentes grupos. Naturalmente, uma coluna pode ser suficiente, dependendo de quanto há para fazer. Se você tiver de ir a outro lugar, devido a falta de recursos, esse é o próximo passo; do contrário, você está razoavelmente preparado. É importante não exagerar as coisas. Isto é, é melhor fazer pouquíssimas coisas ao mesmo tempo do que demais. A curto prazo, isso pode não parecer importante, mas facilmente podem surgir complicações. Um engano também pode ser dispendioso. A princípio, o procedimento total parecerá complicado. Logo, entretanto, se transformará apenas em outra faceta da vida. É difícil prever algum limite à necessidade dessa tarefa no futuro imediato, mas, por outro lado, nada se pode afirmar. Depois de completado o procedimento, organizam-se novamente os elementos em diferentes grupos. Então, podem ser colocados em seus devidos lugares. Finalmente, serão usados uma vez mais e o ciclo total terá, então, de ser repetido. Entretanto, isso faz parte da vida" (Sternberg, 2000, p. 228).

4. Síntese e conclusão

A teoria de processamento da informação cumpre, pela exposição prévia, uma função primordial de toda teoria, que é de lançar luz sobre particularidades do objeto, no caso, a aprendizagem humana, numa visão cognitivista. As pesquisas experimentais inspiradas nesse enfoque trouxeram novos *insights* sobre o processo de aprendizagem, alguns dos quais merecem ser postos em destaque, pela con-

dição de abrirem espaço para importantes aplicações educacionais.

Por primeiro, ficou bem evidente ser crucial o papel da atenção em dois momentos do processo, ou seja, por ocasião da entrada sensorial e, a seguir, durante as atividades da memória de trabalho. Concebida como uma atividade mental em si mesma, a atenção aparece como condição imprescindível para a construção do conhecimento. Desta forma, conclui-se que alunos relativamente incapazes de focalizar ou de manter a atenção fixa estão liminarmente impedidos de construir conhecimento ou, no mínimo, muito comprometidos. Pense-se não apenas nos casos mais complexos, dado o seu componente neurológico, dos portadores de dificuldades de aprendizagem (ver, por ex., Ducette *et al.*, 1996; Woolfolk, 2000), da síndrome do déficit de atenção e hiperatividade (Benczik, 2000), como sobretudo na grande quantidade de crianças e adolescentes que simplesmente desaprenderam a permanecer atentos. Sua atenção é volúvel, instável, uma condição que compromete não apenas a acolhida das informações como o próprio processamento. Para se explicar tal deficiência, facilmente se apela à falta de motivação, o que é inteiramente plausível em muitos casos, mas não se deve esquecer que a própria atenção deve ser objeto de treinamento, além dos alunos deverem aprender a criar um ambiente físico mais propício à concentração e à aprendizagem, uma estratégia de gerenciamento de recursos (Pintrich & Garcia, 1991).

Em segundo lugar, a despeito de modificações propostas pelos teóricos na versão primordial da memória de curta duração, as pesquisas sobre esse sistema revelaram tanto seus pontos fortes como suas limitações. Estas últimas já

foram abordadas no corpo deste capítulo, com suas implicações educacionais. Já entre os pontos fortes descobertos ou inferidos, a atividade mental do processamento, sob a supervisão ativa do executivo central, revela detalhes de como a mente trabalha na hora de construir conhecimento. A ativação de esquemas da MLD, a elaboração e a organização do novo conhecimento, culminando com sua integração nos esquemas da MI, mostram de que maneira o aluno é criativo, protagonista de uma construção, e que não está fazendo simples cópia da informação proveniente do meio. Ao mesmo tempo, surgiram indicações de como o professor ou outras pessoas podem apoiar tais processos que são de competência do aluno. Como conseqüência, vale ressaltar que, a despeito da preocupação dos pesquisadores por identificar localizações cerebrais e descrever processos eletroquímicos na aprendizagem, as leis que regem a construção do conhecimento são leis psicológicas, que dizem respeito a processos de transformação, associação, elaboração e organização dos conteúdos, como foram descritos anteriormente.

Mayer (1996) aponta um outro mérito da teoria identificada pela metáfora de processamento da informação, que é o de centrar-se no processo e nas representações mentais, e não no comportamento enquanto produto. Desta forma, segundo esse autor, a metáfora frutificou por contribuir com o desenvolvimento de teorias modernas do conhecimento, tais como o estudo dos esquemas, modelos mentais e mudança conceitual (ver, por exemplo, Dole & Sinatra, 1998).

Por último, mas não menos importante, esse modelo de aprendizagem cognitivista provocou o interesse pelos

estudos em torno de estratégias de aprendizagem (ver, p. ex., Boruchovitch, 1999; Gomes e Boruchovitch, neste volume). Weinstein & Mayer (1986) conceituam tais estratégias como ações mentais e comportamentos com os quais se envolve um aluno durante a aprendizagem, com o objetivo de influenciar o processo de codificação e assim facilitar a aquisição e a recuperação das informações armazenadas na memória de longa duração. Como se vê, as estratégias cognitivas e metacognitivas são ligadas ao processamento da informação e estão a serviço dele. Mais especificamente, Mayer (1996) demonstrou a necessidade de se usar estratégias metacognitivas quando se considerar que o processamento deva incidir sobre tarefas mais amplas e complexas. Em tais casos, os alunos precisam escolher o processo mais apropriado para cada tarefa, iniciar e monitorar sua execução. Como conseqüência, uma importante tarefa da educação, visando a que os alunos se tornem eficazes processadores de informação, será o de torná-los aprendizes auto-regulados ou *experts*, uma modalidade que inclui o conhecimento das diferentes estratégias bem como saber por que, quando e como usá-las (Boruchovitch, neste volume; Ertmer & Newby, 1996; Schunk & Zimmerman, 1997). Cook & Mayer (1988), por exemplo, demonstraram como a estratégia de elaborar em classe anotações pertinentes elevou a compreensão dos textos de ciência por parte dos alunos. Nesta mesma direção, um grupo de estudiosos britânicos e escandinavos (Craik & Lockhart, 1972; Marton & Säljö, 1976), embora desconsiderem as diferenças acima descritas entre as memórias, adotam por inteiro o núcleo da teoria, que é o processamento da informação. Eles introduziram uma distinção,

hoje muito usada em pesquisas, entre processamento de profundidade e processamento superfície, com efeitos diferentes sobre os produtos de aprendizagem, exatamente por corresponderem ao emprego de estratégias qualitativamente diferentes.

Em suma, a metáfora de processamento da informação, em que informação é interpretada como conhecimento ou representações mentais, constitui-se numa nova e relevante visão construtivista da aprendizagem escolar, devendo ocupar espaço significativo na Psicologia Educacional, ao lado de outras igualmente relevantes e já conhecidas. A compreensão da relevância educacional das estratégias de aprendizagem ganha, em particular, mais significado pela sua aderência a esse modelo teórico.

Referências bibliográficas

ALEXANDER, P.A. The past, present, and future of knowledge research: A reexamination of the role of knowledge in learning and instruction. *Educational Psychologist,* vol. 31, 1996, p. 89-92 [s.n.t.].

ANDRE, T. & PHYE, G.D. Cognition, learning, and education. *In*: PHYE, G.D. & ANDRE, T. (eds.). *Cognitive Classroom Learning.* New York, Academic Press, 1986, p. 1-19.

ATKINSON, R.C. & SHIFFRIN, R.M. The control of short-term memory. *Scientific American,* vol. 225, n. 2, 1971, p. 82-90 [s.n.t.].

BADDELEY, A.D. Cognitive psychology and human memory. *Trends in Neuroscience,* vol. 11, n. 4, 1988, p. 176-181 [s.n.t.].

— Working memory. *Science,* vol. 225, 1992, p. 556-559 [s.n.t.].

BANDURA, A. Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational Psychologist,* vol. 18, n. 2, 1993, p. 117-148 [s.n.t.].

BELLEZZA, F.S. Mnemonic devices: classification, characteristics, and criteria. *Review of Educational Research,* vol. 51, n. 2, 1981, p. 247-275 [s.n.t.].

BENCZIK, E.B.P. *Transtorno de déficit de atenção/hiperatividade: atualização diagnóstica e terapêutica.* São Paulo, Casa do Psicólogo, 2000.

BORUCHOVITCH, E. Estratégias de aprendizagem e desempenho escolar: considerações para a prática educacional. *Psicologia, Reflexão e Crítica,* vol. 12, n. 2, 1999, p. 361-367 [s.n.t.].

BROADBENT, D.E. Cognitive psychology and education. *British Journal of Educational Psychology,* vol. 45, 1975, p. 162-175 [s.n.t.].

BZUNECK, J.A. Conceito e funções dos esquemas cognitivos para a aprendizagem: implicações para o ensino. *Semina,* vol. 12, n. 3, 1991, p. 142-145 [s.n.t.].

COLOM, R. & FLORES-MENDOZA, C. Inteligencia y memoria de trabajo: la relación entre factor g, complejidad cognitiva y capacidad de procesamiento. *Psicologia: Teoria e Pesquisa,* vol. 17, n. 1, 2001, p. 37-47 [s.n.t.].

COOK, L.K. & MAYER, R.E. Teaching readers about the structure os scientific text. *Journal of Educational Psychology,* n. 80, 1988, p. 448-456 [s.n.t.].

CRAIK, F.I.M. & LOCKHART, R.S. Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, vol. 11, 1972, p. 671-684 [s.n.t.].

DERRY, S.J. Beyond symbolic processing: expanding horizons for educational psychology. *Journal of Educational Psychology*, vol. 84, n. 4, 1992, p. 413-418 [s.n.t.].

DERRY, S.J. & MURPHY, D.A. Designing systems that train learning ability: from theory to practice. *Review of Educational Research*, vol. 56, n. 1, 1986, p. 1-39 [s.n.t.].

DOLE, J.A. & SINATRA, G.M. Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, vol. 33, n. 2/3, 1998, p. 109-128 [s.n.t.].

DUCETTE, J.P. *et al.* Diversity in education: problems and Possibilities. *In*: MURRAY, F.B. (ed.). *The teacher educatior's handbook*. San Francisco, Cal., Jossey-Bass Publs., 1996, p. 323-380.

ERTMER, P.A. & NEWBY, T.J. The expert learner: strategic, self-regulated, and reflective. *Higher Education*, vol. 24, 1996, p. 1-24 [s.n.t.].

GAGNÉ, E.D. *et al. Cognitive Psychology of school learning*. New York: Harper Collins/College Publ., 1993.

JOHNSON, M.K. & HASHER, L. Human learning and memory. *Annual Review of Psychology*, vol. 38, 1987, p. 631-668 [s.n.t.].

KIEWRA, K.A. & BENTON, S.L. The relationship between information-processing ability and notetaking. *Contemporary Educational Psychology*, vol. 13, 1988, p. 33-44 [s.n.t.].

KULHAVY, R.W. *et al.* Working memory: the encoding process. *In*: PHYE, G.D. & ANDRE, T. (eds.). *Cognitive Classroom Learning*. New York, Academic Press, 1986, p. 115-140.

MARTON, F. & SÄLJÖ, R. On qualitative differences in learning – I: Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, vol. 46, 1976, p. 4-11.

MAYER, R.E. Cognition and instruction: their historic meeting within Educational Psychology. *Journal of Educational Psychology*, vol. 84, n. 4, 1992, p. 405-412 [s.n.t.].

— Learners as information processors: legacies and limitations of Educational Psychology's second metaphor. *Educational Psychologist*, vol. 31, n. 3/4, 1996, p. 151-161 [s.n.t.].

MILLER, G.A. The magic number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, vol. 63, 1956, p. 81-97 [s.n.t.].

PINTRICH, P.R. & GARCIA, T. Student goal orientation and self-regulation in the college classroom. *In*: MAEHR, M.L. & PINTRICH, P.R. (eds.). *Advances in motivation and achievement*. Vol. 7. Greenwich, Conn.: JAI Press, 1991, p. 371-402.

PRAWAT, R.S. Constructivisms, modern and postmodern. *Educational Psychologist*, vol. 31, n. 3/4, 1996, p. 215-225 [s.n.t.].

ROYER, J.M. Designing instruction to produce understanding: an approach based on cognitive theory. *In*: PHYE, G.D. & ANDRE, T. (eds.). *Cognitive Classroom Learning*. New York, Academic Press, 1986, p. 83-113.