

Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

RICHARD E. MAYER

Universidade da Califórnia, Santa Barbara

RESUMO

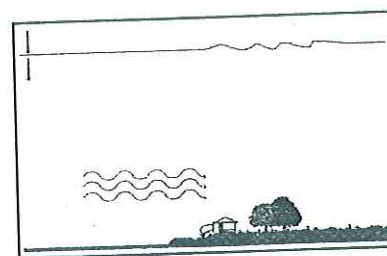
Uma hipótese fundamental subjacente aos estudos sobre aprendizagem multimédia é a de que as mensagens educacionais (instrucionais) multimédia, concebidas a partir da forma como a mente humana funciona, têm mais probabilidades de levar a uma aprendizagem significativa do que as que não o são. A teoria cognitiva da aprendizagem multimédia baseia-se em três princípios da ciência cognitiva relativos à aprendizagem: o sistema humano de processamento da informação inclui canais duplos para o processamento visual/pictórico e auditivo/verbal (ou seja, o pressuposto dos canais duplos); cada um dos canais tem uma capacidade de processamento limitada (ou seja, o pressuposto da capacidade limitada); e a aprendizagem activa implica a execução de um conjunto coordenado de processos cognitivos durante essa mesma aprendizagem (ou seja, o pressuposto do processamento activo). A teoria cognitiva da aprendizagem multimédia especifica cinco processos cognitivos durante a aprendizagem: escolha das palavras relevantes no texto ou narrativa apresentados, escolha de imagens relevantes das ilustrações apresentadas, organização das palavras seleccionadas numa representação verbal coerente, organização das imagens seleccionadas numa representação pictórica coerente e integração das representações pictóricas e verbais com os conhecimentos anteriores. As mensagens educacionais multimédia devem ser formuladas no respeito por estes processos.

ARGUMENTOS A FAVOR DA APRENDIZAGEM MULTIMÉDIA

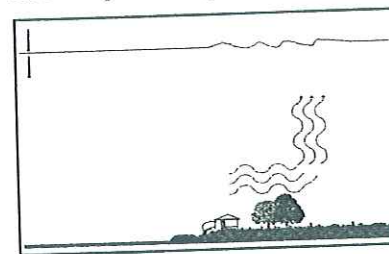
Que argumentos podem ser apresentados a favor de uma teoria da aprendizagem multimédia? As pessoas aprendem melhor através de palavras e imagens do que apenas através de palavras. Esta afirmação — que pode designar-se por *princípio do multimédia* — está subjacente a grande parte do interesse suscitado pela aprendizagem multimédia. Durante milhares de anos, as palavras constituíram o principal formato do ensino — incluindo as palavras ditas e, nos últimos séculos, as palavras impressas. Hoje em dia, os avanços tecnológicos estão a tornar as formas pictóricas de ensino mais acessíveis, nomeadamente através das extraordinárias capacidades gráficas dos computadores. No entanto, o simples facto de adicionar imagens às palavras não garante uma melhoria da aprendizagem — ou seja, nem todas as apresentações multimédia são igualmente eficazes. Neste capítulo, irei debruçar-me sobre uma teoria que procura compreender como as palavras e as imagens devem ser utilizadas para desenvolver a aprendizagem humana.

Uma hipótese fundamental subjacente aos estudos sobre aprendizagem multimédia é a de que as mensagens educacionais multimédia, concebidas a partir da forma como a mente humana funciona, têm mais probabilidades de levar a uma aprendizagem significativa do que as que não o são. Nos últimos quinze anos, eu e os meus colegas da Universidade da Califórnia, em Santa Barbara, temos estado continuamente envolvidos na tarefa de construir uma teoria da aprendizagem multimédia, baseada em evidências, que possa enquadrar a concepção de mensagens educacionais multimédia eficazes (Mayer 2001, 2002, 2003a; Mayer & Moreno, 2003).

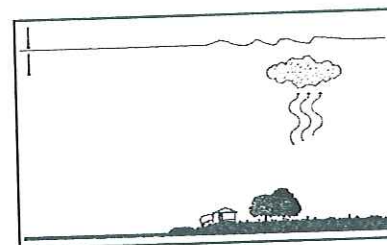
O que é uma mensagem educacional multimédia? Uma mensagem educacional multimédia é uma comunicação que contém palavras e imagens destinadas a promover a aprendizagem. A comunicação pode ser veiculada por qualquer meio, incluindo o papel (por exemplo, comunicações feitas através de livros) ou o computador (comunicações através de computadores). As palavras podem ser impressas (como as que estão neste momento perante o leitor) ou ditas (por exemplo, numa narração); as imagens podem ser estáticas — como as ilustrações ou fotografias — ou dinâmicas — por exemplo, uma animação ou um *videoclip*. Esta definição é suficientemente abrangente para incluir capítulos de manuais, lições de ensino à distância contendo animação e narração e jogos de simulação interactivos. A Figura 7.1 mostra *frames* de uma animação com narração sobre a formação dos relâmpagos, que estudámos em inúmeras experiências (Mayer, 2001).



«O ar frio desloca-se sobre uma superfície mais quente e aquece.»



«O ar húmido aquecido junto à superfície do solo eleva-se rapidamente.»



«Quando o ar arrefece neste movimento ascendente, o vapor de água condensa-se em gotas, formando uma nuvem.»

Figura 7.1 *Frames* seleccionados de uma animação com narração sobre a formação de relâmpagos

A aprendizagem pode ser medida por meio de testes de retenção (recordar a informação apresentada) e testes de transferência (conseguir utilizar a informação para resolver problemas novos). Vamos centrar-nos na transferência porque estamos sobretudo interessados na forma como as palavras e as imagens podem ser utilizadas para facilitar a compreensão. Dito de outra forma, os testes de transferência podem ajudar-nos a aferir em que medida as pessoas compreendem aquilo que aprenderam. Estaremos particularmente atentos aos processos cognitivos pelos quais as pessoas constroem resultados significativos da aprendizagem a partir de palavras e imagens.

Qual o papel da teoria da aprendizagem na concepção do multimédia? Muitos dos trabalhos apresentados neste manual assentam na premissa de que a concepção das mensagens educacionais multimédia devem ser compatíveis com a forma como as pessoas aprendem. Ou seja, o desenho (*design*) destas mensagens deve ter em atenção tudo o que sabemos sobre o modo como a informação é processada pelas pessoas. A teoria cognitiva da

aprendizagem multimédia constitui uma tentativa de contribuir para que este objectivo seja alcançado, ao descrever a forma como as pessoas aprendem através de palavras e imagens, com base em achados consistentes de pesquisas empíricas (v.g. Mayer, 2001, 2002, 2003a; Mayer & Moreno, 2003) e em princípios consensuais da ciência cognitiva (v.g.

Bransford, Brown & Cocking, 1999; Lambert & McCombs, 1998; Mayer, 2003b).

Ao formularmos a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, eu e os meus colegas guiámo-nos por quatro critérios: a *plausibilidade teórica* — a teoria é consistente com os princípios da aprendizagem da ciência cognitiva; a *testabilidade* — a teoria gera previsões que podem ser testadas nas pesquisas científicas; a *plausibilidade empírica* — a teoria é consistente com as provas obtidas nas pesquisas empíricas sobre aprendizagem multimédia; e a *aplicabilidade* — a teoria é relevante para as necessidades educacionais, nomeadamente no sentido de uma melhor concepção das mensagens educacionais multimédia. No presente capítulo, irei descrever a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, que procurar cumprir estes critérios. Mais especificamente, irei resumir três pressupostos subjacentes à teoria formulada a partir da ciência cognitiva, descrever três tipos de memória, cinco processos cognitivos e cinco formas de representação na teoria e, por fim, apresentar exemplos e uma conclusão.

TRÊS PRESSUPOSTOS DA TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÉDIA

As decisões sobre a forma de desenhar uma mensagem multimédia reflectem sempre uma ideia subjacente de como as pessoas aprendem — mesmo nos casos em que a teoria de aprendizagem que está subjacente não é apresentada. Ou seja, o desenho das mensagens multimédia é influenciado pela concepção que a pessoa que está a desenhá-las tem relativamente à forma como a mente humana funciona. Por exemplo, quando uma apresentação multimédia consiste num ecrã a transbordar de palavras e imagens em várias cores, que aparecem e desaparecem ou se deslocam no ecrã, a sua concepção reflecte a ideia do autor sobre o conhecimento humano. No caso vertente, essa concepção é a de que os destinatários da aprendizagem têm um único canal, uma capacidade ilimitada e um sistema de processamento passivo. Em primeiro lugar, ao prescindir dos recursos auditivos na apresentação, este desenho baseia-se no pressuposto do canal único, ou seja, todas as informações entram no sistema cognitivo da mesma forma, independentemente da sua modalidade. Nesse sentido, não interessa qual a modalidade utilizada para apresentar a informação — como, por exemplo, apresentar as palavras através do som ou em texto — desde que seja apresentada. Em segundo lugar, ao mostrar tanta informação, este desenho baseia-se no pressuposto da capacidade ilimitada — os

seres humanos conseguem lidar com uma quantidade infinita de recursos. Daqui se depreende que a tarefa do autor é apresentar a informação ao destinatário. Em terceiro lugar, ao apresentar muitas informações isoladas, este modelo baseia-se no pressuposto do processamento passivo, ou seja, os seres humanos funcionam como gravadores que acumulam na sua memória o maior número possível de informações. Ou seja, os aprendizes não precisam de qualquer orientação quanto à forma de organizarem e perceberem o sentido da informação apresentada.

Qual o problema desta visão do aprendiz como alguém dotado de um único canal, de uma capacidade ilimitada e de um sistema de processamento passivo? As pesquisas actuais sobre a psicologia cognitiva apresentam um quadro bastante diferente da forma como funciona a mente humana (Bransford et al., 1999; Lambert & McCombs, 1998; Mayer 2003b). Esta concepção da aprendizagem, que parte do senso comum, está por isso em conflito com o que se sabe sobre a forma como as pessoas aprendem. Nesta secção, irei analisar três pressupostos subjacentes à teoria cognitiva da aprendizagem multimédia — *canal duplo*, *capacidade limitada* e *processamento activo* — que se encontram apresentados de forma resumida no Quadro 7.1.

Quadro 7.1. Três Pressupostos da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

| <i>Pressuposto</i> | <i>Descrição</i> | <i>Citações relacionadas</i> |
|----------------------|---|---|
| Canais duplos | Os seres humanos têm canais distintos para processamento de informações visuais e auditivas | Paivio (1986), Baddeley (1986, 1999) |
| Capacidade limitada | Os seres humanos estão limitados quanto à quantidade de informação que conseguem processar simultaneamente em cada canal | Baddeley (1986, 1999), Chandler & Sweller (1991) |
| Processamento activo | Os seres humanos participam na aprendizagem activa, prestando atenção a informações recebidas relevantes, organizando a informação seleccionada em representações mentais coerentes e integrando as representações mentais com outros conhecimentos | Mayer (2001), Wittrock (1989) |

Pressuposto do Canal Duplo

O pressuposto do canal duplo é o de que os seres humanos têm canais distintos para processamento de informações veiculadas em termos visuais ou auditivos. Este pressuposto está integrado na teoria cognitiva da aprendizagem multimédia ao postular que o sistema de processamento de informação dos seres humanos tem um canal auditivo/verbal e um canal visual/pictórico. Quando a informação é apresentada aos olhos (como, por exemplo, ilustrações, animações, vídeo ou textos no ecrã), o ser humano começa por processar essa informação no canal visual; quando a informação é apresentada aos ouvidos (por exemplo, uma narração ou sons não-verbais), os seres humanos começam por processar essa informação no canal auditivo. A ideia de que existem dois canais distintos para processar informação está presente na história da psicologia cognitiva há muito tempo. Actualmente está associada sobretudo à teoria de dupla codificação de Paivio (Clark & Paivio, 1991; Paivio, 1986) e ao modelo da memória de trabalho de Baddeley (Baddeley, 1986, 1999).

O QUE É PROCESSADO EM CADA CANAL?

Há duas formas de conceptualizar as diferenças entre os dois canais — uma baseada nos *modos de apresentação*, e outra baseada nas *modalidades sensoriais*. A abordagem do modo de apresentação centra-se na questão de saber se o estímulo apresentado é verbal (como, por exemplo, uma palavra dita ou escrita) ou não-verbal (como é o caso das imagens, vídeos, animação ou sons de fundo), postulando que um canal processa os recursos verbais e o outro canal processa os recursos pictóricos e os sons não-verbais. Este conceito está em profunda sintonia com a distinção feita por Paivio (1986) entre sistemas verbais e não-verbais.

Por seu turno, a abordagem da modalidade sensorial centra-se em saber se os aprendizes começam por processar os materiais apresentados através dos olhos (por exemplo, imagens, vídeos, animações ou palavras impressas) ou dos ouvidos (por exemplo, palavras ditas ou sons de fundo). Segundo esta abordagem, um canal processa os recursos apresentados visualmente e o outro processa os recursos apresentados auditivamente. Este conceito está em consonância com a distinção feita por Baddeley (1986, 1999) entre o rascunho visuo-espacial e o circuito fonológico (ou articulatório).

Enquanto que a abordagem do modo de apresentação se centra no formato do estímulo tal como é apresentado (isto é, verbal ou não-verbal), a abordagem da modalidade sensorial centra-se no estímulo tal como é representado (ou seja, auditivo ou visual). A principal diferença relativamente à aprendizagem multimédia reside no processamento de palavras impressas (nomeadamente texto apresentado no ecrã) e de sons de fundo. Segundo a abordagem do modo de apresentação, o texto que aparece no ecrã começa por ser processado no canal verbal mas, na abordagem da modalidade sensorial, é processado primeiro pelo canal visual. Os sons de fundo, incluindo música não-verbal, são processados inicialmente no canal não-verbal, segundo a abordagem do modo de apresentação, e no canal auditivo, segundo a abordagem do modo sensorial.

Relativamente à teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, optei por uma solução de compromisso, em que utilizo a abordagem da modalidade sensorial para distinguir recursos apresentados visualmente (por exemplo, imagens, animações, vídeos e texto no ecrã) de recursos apresentados auditivamente (por exemplo, narração e sons de fundo), e a abordagem do modo de apresentação para fazer a distinção entre a construção na memória de trabalho de modelos de base pictórica e modelos de base verbal. No entanto, é necessário proceder a pesquisas mais aprofundadas para esclarecer a natureza das diferenças entre os dois canais.

QUAL A RELAÇÃO ENTRE OS CANAIS?

Embora a informação entre no sistema de informação humano através de um canal, é possível que os aprendizes consigam converter a representação, por forma a que seja processada no outro canal. Quando os aprendizes conseguem dedicar a essa tarefa os recursos cognitivos adequados, a informação inicialmente apresentada a um canal pode também ser representada no outro. Por exemplo, um texto num ecrã pode começar por ser processado no canal visual uma vez que é apresentado aos olhos, mas um leitor experiente pode ser capaz de converter mentalmente as imagens em sons, que são processados pelo canal auditivo. Do mesmo modo, uma ilustração de um objecto ou acontecimento, como uma nuvem a elevar-se acima do ponto de congelamento pode ser inicialmente processado no canal visual, mas o leitor pode também construir mentalmente a descrição verbal correspondente no canal auditivo. Ao invés, uma narração que descreve um acontecimento como «a nuvem ergue-se acima do ponto de congelamento» pode ser processada primeiro no canal auditivo, dado ser

apresentada aos ouvidos, mas o aprendiz pode também formar uma imagem mental correspondente que é processada no canal visual. As representações cruzadas do mesmo estímulo têm um papel importante na teoria da dupla codificação de Paivio (1986).

Pressuposto da Capacidade Limitada

O segundo pressuposto é o de que os seres humanos estão limitados quanto à quantidade de informação que pode ser simultaneamente processada em cada canal. Quando é apresentada ao aprendiz uma ilustração ou animação, ele só consegue reter na memória de trabalho algumas imagens a cada momento, correspondentes a partes do material apresentado e não a uma cópia exacta do mesmo. Por exemplo, perante uma ilustração ou animação de uma bomba de encher pneus, o aprendiz pode concentrar-se na construção de imagens mentais do manípulo a descer, a válvula de entrada do ar a abrir-se e o ar a deslocar-se para o interior do cilindro. Quando é apresentada uma narração, o aprendiz só consegue reter simultaneamente algumas palavras na memória de trabalho. Essas palavras são apenas partes do texto apresentado e não uma reprodução exacta. Por exemplo, se o texto verbalizado for «Quando o manípulo é empurrado para baixo, o pistão desloca-se no mesmo sentido, a válvula de entrada de ar abre-se, a válvula de saída fecha-se, e o ar entra no fundo do cilindro», o aprendiz pode reter as seguintes representações verbais na sua memória de trabalho auditiva: «manípulo sobe», «válvula de entrada abre-se» e «ar entra no cilindro». A concepção da capacidade limitada da consciência tem uma longa tradição na psicologia, sendo alguns dos exemplos mais recentes a teoria da memória de trabalho de Baddeley (1986, 1999) e a teoria da carga cognitiva de Chandler e Sweller (1991; Sweller, 1999).

QUAIS SÃO OS LIMITES DA CAPACIDADE COGNITIVA?

Se partirmos do princípio de que cada canal tem uma capacidade de processamento limitada, é importante saber qual a quantidade de informação que pode ser processada por cada canal. A forma clássica de medir a capacidade cognitiva de uma pessoa é através de um teste de amplitude da memória (Miller, 1956; Simon, 1980). Por exemplo, num teste com dígitos, posso ler uma lista de dígitos ao ritmo de um dígito por segundo (por exemplo, 8 — 7 — 5 — 3 — 9 — 6 — 4) e pedir-lhe que os repita

pela mesma ordem. O maior número de dígitos que conseguir reproduzir sem cometer nenhum erro será a amplitude da sua memória para dígitos. Em alternativa, posso mostrar-lhe uma série de desenhos só de um traço de objectivos simples também ao ritmo de um por segundo (por exemplo, lua — lápis — pente — cadeira — livro — porco) e pedir-lhe que os repita pela mesma ordem. Também neste caso, a maior lista que conseguir enumerar sem se enganar será a amplitude da sua memória para imagens. Embora haja diferenças individuais, em média a amplitude da memória é bastante pequena — aproximadamente de cinco a sete unidades de informação.

Com a prática, as pessoas podem obviamente aprender técnicas de ordenação dos elementos da lista como, por exemplo, dividir os sete dígitos 8 — 7 — 5 — 3 — 9 — 6 — 4 em três grupos 875 — 39 — 64 (ou seja, «oito sete cinco» pausa «três nove» pausa «seis quatro»). Desta forma, a capacidade cognitiva é a mesma (de cinco a sete grupos), mas consegue-se reproduzir mais elementos em cada um dos grupos. Os investigadores têm vindo a desenvolver formas mais apuradas de medir a capacidade da memória de trabalho verbal e visual, mas os resultados continuam a mostrar que a capacidade de processamento dos seres humanos é muito limitada (Miyake & Shah, 1999).

COMO SÃO ATRIBUÍDOS OS RECURSOS COGNITIVOS?

As restrições da nossa capacidade de processamento obrigam-nos a tomar decisões sobre quais as informações que recebemos a que devemos prestar atenção, quais as ligações que devemos estabelecer entre as informações seleccionadas, e quais as ligações a fazer entre as informações seleccionadas e os conhecimentos de que já dispomos. As *estratégias metacognitivas* são técnicas de atribuição, monitorização, coordenação e adaptação destes recursos cognitivos limitados. Estas estratégias estão no centro daquilo a que Baddeley (1986, 1999) chama o *executivo central* — o sistema que controla a atribuição dos recursos cognitivos — e têm um papel fundamental nas modernas teorias da inteligência (Sternberg, 1990).

Pressuposto do processamento activo

O terceiro pressuposto é o de que os seres humanos tomam parte activa no processamento cognitivo para construir uma representação mental

coerente das suas experiências. Estes processos cognitivos activos incluem prestar atenção, organizar as informações recebidas e integrar as informações recebidas com outros conhecimentos. Ou seja, os seres humanos são processadores activos na busca do sentido das apresentações multimédia. Esta visão do homem como processador activo está em contradição com a visão generalizada de que o homem é um processador passivo que procura adicionar o máximo de informação possível à memória — uma espécie de gravador que guarda cópias das suas experiências na memória para as recuperar mais tarde.

QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS FORMAS DE ESTRUTURAR O CONHECIMENTO?

A aprendizagem activa ocorre quando o aprendiz aplica processos cognitivos às informações que recebe. O objectivo desses processos é ajudá-lo a conseguir que essas informações façam sentido. O resultado do processamento cognitivo activo é a construção de uma representação mental coerente, o que permite ver a aprendizagem como um processo de construção de modelos. As principais componentes das informações apresentadas e as relações que existem entre elas constituem um *modelo mental* (ou *estrutura de conhecimento*). Por exemplo, numa apresentação multimédia sobre a formação dos relâmpagos, o aprendiz pode tentar construir um sistema de causa e efeito no qual qualquer alteração numa das componentes do sistema irá provocar uma alteração em qualquer outra componente. Numa lição que compare e contraste duas teorias, a construção de um modelo mental passa pela formação de uma espécie de matriz que as compara em diferentes dimensões.

Se o resultado da aprendizagem activa é a construção de uma representação mental coerente, será útil analisar algumas das formas habituais de estruturar o conhecimento. Algumas dessas estruturas básicas são o *processamento*, a *comparação*, a *generalização*, a *enumeração* e a *classificação* (Chambliss & Calfee, 1998; Cook & Mayer, 1988). As estruturas de processamento podem ser representadas como cadeias de causa e efeito e contêm a explicação de como um sistema funciona. Um exemplo possível é a explicação do funcionamento do ouvido humano. As estruturas de comparação podem ser representadas como matrizes e consistem na comparação de dois ou mais elementos em diferentes dimensões. Pode dar-se o exemplo da comparação do papel atribuído por duas teorias contraditórias da aprendizagem ao aprendiz, ao professor e ainda alguns tipos úteis de métodos educacionais. As estruturas de generalização podem ser repre-

sentadas como uma árvore com diversos ramos, consistindo numa ideia principal com vários pormenores subordinados a ela e que ao mesmo tempo a sustentam. É o caso, por exemplo, de um resumo de um capítulo que explique as principais causas da Guerra Civil Americana. As estruturas de enumeração podem ser representadas sob a forma de listas com conjuntos de itens. Um exemplo possível seria a designação dos diferentes princípios da aprendizagem multimédia apresentados no presente manual. Quanto às estruturas de classificação, é possível representá-las como hierarquias formadas por conjuntos e sub-conjuntos. É o caso, por exemplo, de um sistema de classificação biológica dos animais marinhos.

A compreensão de uma mensagem multimédia inclui muitas vezes a construção de uma destas estruturas do conhecimento. Este pressuposto sugere duas implicações importantes para o *design* multimédia: (1) os materiais apresentados devem ter uma estrutura coerente e (2) a mensagem deve dar uma orientação ao aprendiz sobre a forma de construir a estrutura. Se a informação não tiver uma estrutura coerente — por exemplo, se for um conjunto de factos isolados — os esforços do aprendiz para construir um modelo serão infrutíferos. Se a mensagem não contiver uma indicação sobre a forma de estruturar os materiais apresentados, os esforços do aprendiz podem não dar qualquer resultado. O conceito de *design* multimédia poderia assim resumir-se à tentativa de ajudar os aprendizes a construírem os seus modelos.

QUAIS SÃO OS PROCESSOS COGNITIVOS ENVOLVIDOS NA APRENDIZAGEM ACTIVA?

Há três processos essenciais para a aprendizagem activa: selecção do material relevante, organização do material seleccionado e integração do material seleccionado com os conhecimentos existentes (Mayer, 1996, 2001; Wittrock, 1989). A escolha do material relevante tem lugar no momento em que o aprendiz presta atenção às palavras e imagens contidas nos recursos apresentados. Este processo inclui a transferência desses recursos do exterior para a componente «memória de trabalho» do sistema cognitivo. A organização dos materiais seleccionados passa pelo estabelecimento de relações estruturais entre os diferentes elementos — ou seja, de um dos cinco tipos de estruturas descritas no texto acima. Esse processo tem lugar na memória de trabalho do sistema cognitivo. A integração dos materiais seleccionados com os conhecimentos existentes envolve o estabelecimento de relações entre as informações recebidas e

partes relevantes dos conhecimentos existentes. Para isso, é necessário activar dados que se encontram na memória de longo prazo e trazê-los para a memória de trabalho. Por exemplo, numa mensagem multimédia sobre a origem dos relâmpagos, os aprendizes podem prestar atenção a certas palavras e imagens, ordená-las numa sequência de causa e efeito e relacionar os diferentes passos com conhecimentos anteriores, nomeadamente com o princípio de que o ar quente se eleva.

Em resumo, a teoria da aprendizagem implícita em algumas mensagens multimédia é a de que a aprendizagem é uma actividade de canal único, com uma capacidade ilimitada e um processamento passivo. Ao invés, proponho uma teoria cognitiva da aprendizagem multimédia baseada em três pressupostos básicos sobre o funcionamento da mente humana — a saber, que ela consiste num sistema de canal duplo, capacidade limitada e processamento activo.

TRÊS TIPOS DE MEMÓRIA NA APRENDIZAGEM MULTIMÉDIA

A Figura 7.2 apresenta um modelo cognitivo da aprendizagem multimédia que pretende ilustrar o sistema humano de processamento da informação. As caixas representam os «armazéns» de memória — a memória sensorial, a memória de trabalho e a memória de longo prazo. As imagens e palavras chegam do mundo exterior sob a forma de uma apresentação multimédia (apresentada do lado esquerdo da figura) e entram na memória sensorial através dos olhos e dos ouvidos (incluídos na caixa da memória sensorial). A memória sensorial permite que as imagens e o texto impresso sejam retidos pela memória sensorial visual como imagens visuais exactas por um período de tempo muito reduzido (em cima) e que as palavras proferidas e outros sons sejam retidos como imagens auditivas exactas pela memória sensorial auditiva, também por uma pequena fracção de tempo (em baixo). A seta que liga as imagens aos olhos corresponde ao registo de uma imagem pelos olhos, a seta entre palavras e ouvidos corresponde ao registo do texto oral pelos ouvidos, e a seta que liga as palavras aos olhos corresponde ao registo do texto impresso pelos olhos.

Uma vez que a tarefa central da aprendizagem multimédia tem lugar na memória de trabalho, é nela que iremos concentrar-nos. A memória de trabalho é utilizada para reter temporariamente conhecimentos na consciência activa e para os manipular. Por exemplo, ao ler esta frase, talvez só consiga concentrar-se activamente apenas em algumas palavras de

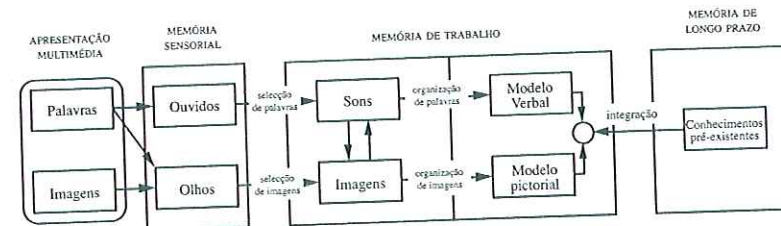


Figura 7.2. Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

cada vez ou, ao olhar para a Figura 7.2, é possível que só consiga reter simultaneamente as imagens de algumas das caixas e setas. Este tipo de processamento — ou seja, o processamento que envolve o conhecimento consciente — ocorre na memória de trabalho. O lado esquerdo da memória de trabalho representa os materiais tal como entram na memória de trabalho — representações visuais das imagens e imagens sonoras das palavras. Baseia-se, por isso, em duas modalidades sensoriais, que designo por visual e auditiva. Ao invés, o lado direito da memória de trabalho representa os conhecimentos elaborados na memória de trabalho — modelos pictóricos e verbais e relações entre ambos — baseando-se em dois modos de representação, que designo por pictórico e verbal. Utilizo o termo *modelo pictórico* com o objectivo de incluir as representações espaciais. A seta entre sons e imagens representa a conversão mental de um som (como, por exemplo, a palavra *gato*) numa imagem visual (a imagem de um gato) — ou seja, quando ouvimos a palavra «gato», podemos formar também uma imagem mental de um gato. A seta que liga imagens a sons representa a conversão mental de uma imagem visual (por exemplo, uma imagem mental de um gato) num som (neste caso, o som da palavra «gato») — ou seja, ouvimos mentalmente a palavra *gato* quando vemos a imagem de um gato. O principal processamento cognitivo necessário à aprendizagem multimédia é representado pelas setas com as etiquetas *selecção de imagens*, *selecção de palavras*, *organização de imagens*, *organização de palavras* e *integração*, que irei descrever na secção seguinte.

Por último, a caixa da direita tem a designação de *memória de longo prazo* e corresponde ao local onde se encontram «armazenados» os conhecimentos do aprendiz. Ao contrário da memória de trabalho, a memória de longo prazo consegue reter grandes quantidades de conhecimentos durante longos períodos de tempo mas, para pensarmos activamente em materiais que se encontram na memória de longo prazo, é necessário

trazê-los para a memória de trabalho (como mostra a seta entre a memória de longo prazo e a memória de trabalho).

CINCO PROCESSOS DA TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÉDIA

Para que a aprendizagem em ambiente multimédia seja significativa, o aprendiz terá de proceder a cinco processos cognitivos: (1) seleccionar palavras relevantes a processar na memória de trabalho verbal; (2) seleccionar as imagens relevantes a processar na memória de trabalho visual; (3) organizar as palavras seleccionadas num modelo verbal; (4) organizar as imagens seleccionadas num modelo pictórico; e (5) integrar as representações verbais e pictóricas entre si e com os conhecimentos existentes. Embora apresente estes processos sob a forma de lista, eles não correm necessariamente de forma linear. Um aprendiz pode, por isso, passar de um processo a outro de muitas formas diferentes. Para que a aprendizagem multimédia tenha êxito, é necessário que o aprendiz coordene e monitorize estes cinco processos.

Seleccção das Palavras Relevantes

O primeiro passo indicado na Figura 7.2 envolve uma mudança na representação do conhecimento: da apresentação externa das palavras proferidas (por exemplo, uma narração gerada pelo computador) para uma representação sensorial dos sons, e para uma representação interna dos sons das palavras (nomeadamente de algumas das palavras da narração) na memória de trabalho. O *input* para este passo é uma mensagem verbal dita — ou seja, as palavras que são ditas na mensagem multimédia apresentada. O *output* é uma base sonora constituída por palavras (designadas *sons* na Figura 7.2) — ou seja, uma representação mental na memória de trabalho verbal do aprendiz de palavras ou frases seleccionadas.

O processo cognitivo envolvido nesta mudança, designado por *selecção das palavras relevantes*, passa por prestar atenção a algumas das palavras apresentadas na mensagem multimédia, quando atravessam a memória sensorial auditiva. Se as palavras foram apresentadas sob a forma de fala, este processo começa no canal auditivo (como mostram as setas entre *palavras*, *ouvidos* e *sons*). Mas, se as palavras forem apresentadas como texto no ecrã ou texto impresso, o processo tem início no

canal visual (indicado pela seta entre *palavras* e *olhos*), podendo passar mais tarde para o canal auditivo, se o aprendiz articular mentalmente as palavras impressas (como mostra a seta entre *imagens* e *sons* na parte do lado esquerdo da memória de trabalho). A necessidade de seleccionar apenas uma parte da mensagem apresentada decorre da capacidade limitada de cada canal do sistema cognitivo. Se essa capacidade fosse ilimitada, não seria necessário centrarmo-nos apenas numa parte da mensagem verbal. Resta ainda salientar que a selecção das palavras não é arbitrária. O aprendiz deverá determinar quais as palavras mais relevantes, sendo que esta actividade está em consonância com a ideia do aprendiz como alguém com um papel activo na atribuição de um sentido a essas mesmas palavras.

Por exemplo, no caso da lição sobre relâmpagos, um segmento da apresentação multimédia contém as palavras «O ar frio e húmido desloca-se para uma superfície mais quente e é aquecido», o segmento seguinte contém as palavras «O ar quente e húmido que se encontra junto da superfície terrestre eleva-se rapidamente», e o seguinte «Quando o ar nesta corrente ascendente arrefece, o vapor de água condensa-se sob a forma de gotas de água, formando uma nuvem». Quando o aprendiz toma parte activa no processo de selecção, pode acontecer que algumas das palavras sejam representadas na memória de trabalho verbal — por exemplo, «O ar frio aquece, eleva-se, forma uma nuvem».

Seleccção das Imagens Relevantes

O segundo passo envolve uma alteração da representação do conhecimento da apresentação externa de imagens (por exemplo, um segmento animado ou uma ilustração) para uma representação sensorial de imagens visuais não analisadas e, ainda, para uma representação interna na memória de trabalho (por exemplo, uma imagem visual de parte da animação ou ilustração). O *input* deste passo é um segmento pictórico da uma mensagem multimédia retido por um breve período de tempo na memória sensorial visual. O *output* é uma base de imagens visuais (designada por *imagens* na Figura 7.2), que consiste numa representação mental das imagens seleccionadas na memória de trabalho do aprendiz.

O processo cognitivo subjacente a esta mudança — *selecção das imagens relevantes* — implica prestar atenção a uma parte da animação ou das ilustrações apresentadas na mensagem multimédia. Este processo começa no canal visual, mas é possível convertê-lo em parte para o canal auditivo

(por exemplo, narrando mentalmente a animação em curso). A necessidade de seleccionar apenas uma parte do material pictórico apresentado resulta do facto de a capacidade de processamento do sistema cognitivo ser limitada. Não é possível processar todas as partes de uma ilustração ou animação complexa e, por isso, os aprendizes têm de se centrar apenas em parte do material pictórico que é recebido. Por fim, o processo de selecção de imagens — tal como o processo de selecção de palavras — não é arbitrário porque o aprendiz tem de avaliar quais as imagens mais relevantes para perceber o sentido da apresentação multimédia.

Voltando ao exemplo da lição sobre os relâmpagos, um segmento da animação mostra setas a azul — que representam o ar frio — a deslocar-se por cima de uma superfície aquecida do solo onde se encontra uma casa e árvores; um outro segmento mostra as setas, agora a vermelho, a subirem para um plano superior ao de uma árvore; e um terceiro segmento que mostra as setas a transformarem-se numa nuvem com uma série de pontinhos no seu interior. Quando selecciona as imagens relevantes, o aprendiz pode comprimir tudo isto em imagens de uma seta azul a apontar para a direita, uma seta vermelha a apontar para cima e uma nuvem. Perdem-se, assim, pormenores como a casa e a árvore à superfície, a forma arredondada das nuvens e os pontinhos dentro da nuvem.

Organização das Palavras Seleccionadas

Depois de o aprendiz ter formado uma base de sons de palavras a partir das palavras de um segmento da mensagem multimédia, o passo seguinte é organizá-las numa representação coerente — uma estrutura que desigmo por *modelo verbal*. O *input* deste passo é a base de sons de palavras — os sons das palavras seleccionadas na mensagem verbal recebida. O *output* deste passo é um modelo verbal — uma representação coerente (ou estruturada) das palavras ou frases seleccionadas na memória de trabalho do aprendiz.

O processo cognitivo envolvido nesta mudança consiste na organização das palavras seleccionadas e nele o aprendiz estabelece ligações entre diferentes fragmentos de conhecimentos verbais. Há mais probabilidades de este processo ter lugar no canal auditivo, estando sujeito às mesmas limitações de capacidade que afectam o processo de selecção. Os aprendizes não têm uma capacidade ilimitada de construir todas as ligações possíveis, sendo por isso obrigados a centrar-se na construção de uma estrutura simples. O processo de organização não é arbitrário; pelo con-

trário, implica um esforço de perceber o sentido, assemelhando-se à construção de uma cadeia de causa e efeito.

Voltando ao exemplo da lição sobre os relâmpagos, o aprendiz pode estabelecer ligações causais entre os componentes verbais seleccionados: «Primeiro: o ar frio aquece; segundo: eleva-se; terceiro: forma uma nuvem». Ao construir mentalmente uma cadeia causal, o aprendiz está a organizar as palavras seleccionadas.

Organização das Imagens Seleccionadas

O processo de organização de imagens é paralelo ao da selecção de palavras. Depois de o aprendiz ter formado uma base de imagens a partir das imagens recebidas num segmento de uma mensagem multimédia, o passo seguinte é organizá-las numa representação coerente — uma estrutura de conhecimentos que desigmo por *modelo pictórico*. O *input* deste passo é a base de imagens visuais — as imagens seleccionadas na mensagem pictórica recebida. O *output* é um modelo pictórico — uma representação coerente (ou estruturada) das imagens seleccionadas na memória de trabalho do aprendiz.

Esta mudança das imagens em modelo pictórico obriga a que seja utilizado um processo cognitivo que desigmo por *organização das imagens seleccionadas*, no qual o aprendiz estabelece ligações entre diferentes partes de conhecimentos pictóricos. Este processo decorre no canal visual, que tem as mesmas limitações de capacidade que afectam o processo de selecção. Os aprendizes não têm capacidade para estabelecer todas as ligações possíveis na sua memória de trabalho, devendo por isso concentrar-se na construção de um conjunto simples de ligações. Tal como acontece no processo de organização das palavras, o processo de organização das imagens também não é arbitrário. Pelo contrário, reflecte o esforço de construir uma estrutura simples que faça sentido para o aprendiz — numa cadeia de causa e efeito.

Na lição sobre os relâmpagos, o aprendiz pode construir relações causais entre as imagens seleccionadas. A seta azul que se desloca para a direita transforma-se numa seta ascendente vermelha que, por sua vez, se transforma numa nuvem. Em resumo, o aprendiz constrói relações causais, nas quais um primeiro acontecimento leva a um segundo e assim sucessivamente.

Integração das Representações de Base Verbal e de Base Pictórica

Talvez a fase mais importante da aprendizagem multimédia seja o estabelecimento de relações entre as representações baseadas em palavras e as representações baseadas em imagens. Nesta fase há uma mudança de duas representações distintas — um modelo pictórico e um modelo verbal — para uma representação integrada na qual os elementos e relações correspondentes de cada modelo são inscritos no outro. O *input* desta fase é formado pelos modelos pictórico e verbal que o aprendiz construiu até ao momento, e o *output* é um modelo integrado, baseado na ligação das duas representações. Este modelo integrado inclui ainda as ligações com os conhecimentos já existentes.

Apelido este processo cognitivo de *integração de palavras e imagens* devido ao facto de ele envolver a construção de relações entre partes correspondentes dos modelos pictórico e verbal e também conhecimentos da memória de longo prazo. Desenrola-se na memória de trabalho visual e verbal e implica uma coordenação entre ambas. É um processo extremamente exigente que obriga a uma utilização eficiente da capacidade cognitiva. Em certa medida, é um resumo da busca de sentido uma vez que o aprendiz tem de se concentrar na estrutura subjacente às representações visuais e verbais. Para facilitar a coordenação do processo de integração, o aprendiz pode utilizar os conhecimentos já existentes, como mostra a seta entre a memória de longo prazo e a memória de trabalho.

Por exemplo, na lição sobre os relâmpagos, o aprendiz deverá ver a ligação entre a corrente verbal — «Primeiro: o ar frio aquece; segundo: eleva-se; terceiro: forma uma nuvem» — e a corrente pictórica — a seta azul, seguida pela vermelha e, depois, pela forma de uma nuvem. Além disso, podem aplicar-se os conhecimentos prévios à transição do primeiro para o segundo acontecimento, recordando que o ar quente sobe.

Os cinco processos cognitivos da aprendizagem multimédia encontram-se resumidos no Quadro 7.2. Certamente, cada um destes processos irá ocorrer muitas vezes ao longo de uma apresentação multimédia, sendo aplicados segmento a segmento e não à mensagem no seu todo. Por exemplo, ao processarem a lição sobre os relâmpagos, os aprendizes não começam por seleccionar todas as palavras e imagens relevantes de toda a mensagem, organizando-as depois em modelos verbais e pictóricos também da totalidade da mensagem e, por fim, ligando esses modelos uns com os outros. Ao invés, os aprendizes desenvolvem este processo em pequenos segmentos: seleccionam as palavras e imagens relevantes da primeira frase da narração e dos primeiros segundos da animação;

Quadro 7.2. Cinco Processos Cognitivos da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

| <i>Processo</i> | <i>Descrição</i> |
|-------------------------|--|
| Seleccção de palavras | O aprendiz presta atenção a palavras relevantes de uma mensagem multimédia para criar sons na memória de trabalho |
| Seleccção de imagens | O aprendiz presta atenção a imagens relevantes de uma mensagem multimédia para criar imagens na memória de trabalho |
| Organização de palavras | O aprendiz estabelece ligações entre as palavras seleccionadas para criar um modelo verbal coerente na memória de trabalho |
| Organização de Imagens | O aprendiz estabelece ligações entre as imagens seleccionadas para criar um modelo pictórico coerente na memória de trabalho |
| Integração | O aprendiz estabelece ligações entre os modelos verbal e pictórico e os conhecimentos pré-existentes |

depois organizam-nas e integram-nas e, por fim, este conjunto de processos é repetido no segmento seguinte, e assim sucessivamente.

CINCO FORMAS DE REPRESENTAÇÃO

Como mostra a Figura 7.2, há cinco formas de representação das palavras e das imagens, reflectindo diferentes fases do seu processamento. Começamos do lado esquerdo com as *palavras e imagens da apresentação multimédia*, ou seja, os estímulos apresentados ao aprendiz. No caso da mensagem sobre relâmpagos apresentada na Figura 7.1, as palavras são as que são ditas através das colunas do computador, e as imagens são os *frames* da animação apresentada no ecrã do computador. A seguir, quando as palavras e imagens apresentadas penetram nos ouvidos e nos olhos do aprendiz, a forma de representação que vem a seguir são as *representações acústicas (ou sons) e as representações icónicas (ou imagens) na memória sensorial*. Estas representações desaparecem rapidamente, a menos que o aprendiz lhes preste atenção. Em terceiro lugar, quando o aprendiz selecciona algumas das palavras e imagens para posterior processamento na memória de trabalho, são os *sons e imagens da*

memória de trabalho. São estas as peças com que se constrói o conhecimento — incluindo algumas frases essenciais, como «o ar quente sobe», e algumas imagens também essenciais, como as setas a vermelho a apontarem para cima. A quarta forma de representação resulta da construção pelo aprendiz de um *modelo verbal e de um modelo pictórico na memória de trabalho*. Nesta fase, o aprendiz já organizou o material em representações verbais e pictóricas coerentes e já as integrou mentalmente. Por fim, a quinta forma de representação é o *conhecimento na memória de longo prazo*, que o aprendiz utiliza como enquadramento do processo de construção do conhecimento na memória de trabalho. Sweller (1999) refere-se a este conhecimento como *esquemas*. Depois de os novos conhecimentos serem construídos na memória de trabalho, ficam armazenados na memória de longo prazo sob a forma de conhecimentos pré-existentes que serão utilizados como base de apoio para a aquisição de novos conhecimentos. Estas cinco formas de representação encontram-se resumidas no Quadro 7.3.

Quadro 7.3. Cinco Formas de Representação
na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

| <i>Tipo de conhecimento</i> | <i>Localização</i> | <i>Exemplo</i> |
|-------------------------------------|-------------------------|--|
| Palavras e imagens | Apresentação multimédia | Ondas sonoras das colunas do computador: «O ar húmido quente...» |
| Representações acústicas e icónicas | Memória sensorial | Sons recebidos pelos ouvidos do aprendiz: O ar húmido quente...» |
| Sons e imagens | Memória de trabalho | Sons seleccionados: «ar quente eleva-se» |
| Modelos verbal e pictórico | Memória de trabalho | Modelo mental da formação de nuvens |
| Conhecimentos pré-existentes | Memória de longo prazo | Esquema das diferenças de pressão atmosférica |

EXEMPLOS DE COMO OS TRÊS TIPOS DE MATERIAIS APRESENTADOS SÃO PROCESSADOS

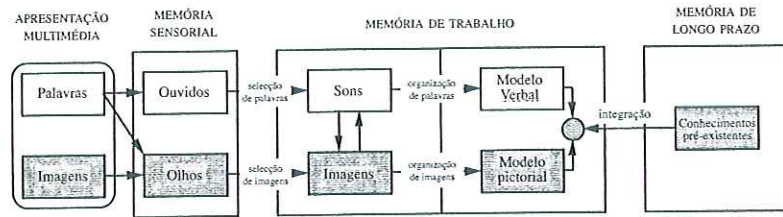
Analisemos mais detalhadamente a forma como os três tipos de materiais apresentados são processados do princípio até ao fim, segundo o modelo de aprendizagem multimédia resumido na Figura 7.2: imagens, palavras ditas e palavras impressas. Suponhamos, por exemplo, que um estudante clica na entrada «relâmpago» numa enciclopédia multimédia e lhe é apresentada uma imagem estática de relâmpagos com um parágrafo de texto no ecrã sobre o número anual de pessoas feridas e mortas por relâmpagos. Suponhamos ainda que o mesmo estudante clica na entrada «relâmpago» numa outra enciclopédia multimédia e que, desta vez, lhe é apresentada uma pequena animação acompanhada de uma narração que descreve os diferentes passos na formação de um relâmpago. Nestes exemplos, a primeira apresentação contém imagens estáticas e palavras impressas, ao passo que a segunda contém imagens dinâmicas e palavras ditas.

Processamento de Imagens

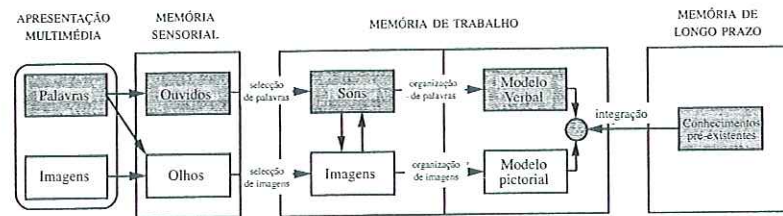
A parte superior da Figura 7.3 mostra o percurso do processamento de imagens — indicado por setas a negrito e caixas sombreadas. O primeiro acontecimento — representado pela caixa «imagens» por baixo de «apresentação multimédia» no lado esquerdo da Figura 7.3 — é a apresentação da fotografia do relâmpago na primeira enciclopédia (ou seja, uma imagem estática) ou da animação sobre relâmpagos na segunda enciclopédia (imagem dinâmica). O segundo acontecimento — representado pela caixa «olhos» por baixo de «memória sensorial» — é a fixação das imagens nos olhos, originando uma breve imagem sensorial — ou seja, por um breve período de tempo, o olho do estudante fixa a fotografia ou os *frames* da animação.

Estes dois primeiros acontecimentos ocorrem sem grande esforço por parte do aprendiz mas, a seguir, tem o início o processamento cognitivo activo, tendo o aprendiz já algum controlo consciente sobre esse processamento. Se o estudante prestar atenção às imagens fugazes vindas dos olhos, partes dessas imagens ficarão representadas na memória de trabalho. Este processo de atenção corresponde à seta com a etiqueta «selecção das imagens», e a representação mental daí resultante aparece como «imagens» por baixo da «memória de trabalho». Quando esta fica cheia

Processamento de imagens



Processamento de palavras ditas



Processamento de palavras impressas

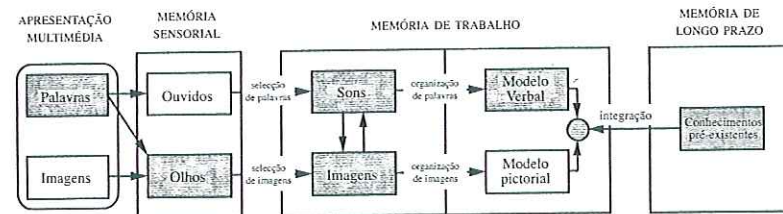


Figura 7.3. Processamento de imagens, palavras ditas e palavras impressas

de pedaços de imagens, o processamento cognitivo activo que se segue consiste na organização desses pedaços numa estrutura coerente — processo este indicado pela seta «organização das imagens». A representação do conhecimento daí resultante é um *modelo pictórico*, ou seja, o estudante constrói uma representação visual organizada dos principais componentes dum relâmpago (a partir da primeira enciclopédia) ou um conjunto organizado de imagens representativas da sequência de causa e efeito na formação dos relâmpagos (com base na segunda enciclopédia).

Por fim, o processamento cognitivo activo tem de ligar a nova representação a outros conhecimentos. Este processo é indicado pela seta «integração». O estudante pode, por exemplo, utilizar conhecimentos anteriores sobre electricidade e incluir a deslocação de cargas positivas e

negativas na representação mental do relâmpago. Poderá também utilizar esses conhecimentos para explicar por que razão as cargas negativa e positiva se atraem mutuamente. Além disso, se os aprendizes tiverem produzido também um modelo verbal, podem tentar ligá-lo ao modelo pictórico — por exemplo, procurando a correspondência entre uma frase do texto e uma parte da imagem. Este processamento dá origem a uma aprendizagem integrada, indicada pelo círculo que se encontra por baixo de «memória de trabalho».

Processamento de Palavras Ditas

A secção do meio da Figura 7.3 mostra o percurso do processamento de palavras ditas — indicado por setas a negrito e caixas sombreadas. Quando o computador produz uma narração (indicada pela caixa «palavras» por baixo de «apresentação multimédia»), os sons são captados pelos ouvidos do estudante (ilustrado pela caixa «ouvidos» por baixo de «memória sensorial»). Por exemplo, quando o computador diz «As partículas com carga negativa descem para a parte de baixo da nuvem, e a maior parte das partículas com carga positiva sobe para a parte de cima», estas palavras são escutadas pelos ouvidos do estudante e ficam temporariamente retidas na memória sensorial auditiva. Pode, então, iniciar-se o processamento cognitivo activo. Se o estudante prestar atenção aos sons que lhe chegam aos ouvidos (como mostra a seta com a inscrição «selecção das palavras», alguns dos sons recebidos serão seleccionados para serem incluídos na base de sons de palavras (indicada pela caixa «sons» por baixo de «memória de trabalho»). Dessa recolha pode resultar, por exemplo, um conjunto de palavras na memória de trabalho como «positivo para cima, negativo para baixo». As palavras constantes da base de palavras são fragmentos desorganizados, pelo que o passo seguinte — indicado pela seta «organização das palavras» — consiste na sua transformação numa estrutura mental coerente — indicada pela caixa «modelo verbal». Neste processo, as palavras deixam de estar representadas com base no seu som, passando a estar representadas com base no seu significado. O resultado pode ser uma corrente de causa e efeito nas diferentes fases de formação dos relâmpagos. Por fim, o estudante pode utilizar os seus conhecimentos prévios para ajudar a explicar a transição de um passo para outro e pode também ligar as palavras a imagens — por exemplo, ligar «positivo para cima, negativo para baixo» a uma imagem das partículas positivas na parte de cima da nuvem e das partículas nega-

tivas na parte de baixo. Este processo é designado por «integração», e a aprendizagem integrada daí resultante é representada pelo círculo que se encontra por baixo de «memória de trabalho».

Processamento de Palavras Impressas

Até agora, o processamento cognitivo das imagens decorre sobretudo no canal inferior da Figura 7.2 — isto é, no canal visual/pictórico — ao passo que o processamento cognitivo das palavras ditas decorre sobretudo no canal superior — o canal auditivo/verbal. No entanto, a seta que liga «imagens» a «sons» na memória de trabalho indica que o aprendiz pode criar mentalmente sons correspondentes à imagem visual — como, por exemplo, pensar na palavra *vento* ao ver as setas onduladas na animação. Do mesmo modo, a seta entre «sons» e «imagens» na memória de trabalho indica que o aprendiz pode criar mentalmente imagens correspondentes às palavras — por exemplo, visualizar um sinal de mais (+) no trecho da narração «partículas com carga positiva».

A apresentação de texto impresso em mensagens multimédia constitui um desafio para o sistema de canal duplo apresentado na Figura 7.2, em termos de processamento da informação. Consideremos, por exemplo, o caso de um estudante que tem de ler um texto e ver uma ilustração. As palavras são apresentadas visualmente e, por isso, têm de começar por ser processadas através dos olhos — como mostra a seta entre «palavras» e «olhos». Depois, o estudante poderá prestar atenção a algumas das palavras recebidas (esta fase é indicada pela seta «selecção das imagens») e levá-las para a memória de trabalho como parte integrante das imagens. Depois, ao pronunciar mentalmente as imagens das palavras impressas, o estudante pode transportar as palavras para o canal auditivo/verbal — como mostra a seta entre imagens e sons. Depois de as palavras estarem representadas no canal auditivo/verbal, são processadas como palavras ditas, pelo método anteriormente descrito. Este percurso é apresentado na parte de baixo da Figura 7.3. Como se pode ver, quando os recursos verbais são obrigados a entrar pelo canal visual, as palavras têm de fazer um percurso complexo através do sistema e também disputar a atenção com a ilustração que o estudante está também a processar pelo canal visual.

CONCLUSÃO

Resenha Histórica

A teoria cognitiva da aprendizagem multimédia tem vindo a ser desenvolvida ao longo dos últimos quinze anos no âmbito dos trabalhos de investigação levados a cabo por mim e pelos meus colegas na Universidade da Califórnia, em Santa Barbara (UCSB). Embora a sua designação se tenha alterado ao longo do tempo, os elementos subjacentes à teoria — a saber, canal duplo, capacidade limitada e processamento activo — mantiveram-se constantes. Algumas das designações anteriormente utilizadas neste programa de investigação — como, por exemplo, «modelo de aprendizagem significativa» (Mayer, 1989) e «condições cognitivas para ilustrações efectivas» (Mayer & Gallini, 1990) — punham em destaque o elemento de processamento activo. Outras designações utilizadas posteriormente — como «modelo de dupla codificação» (Mayer & Anderson, 1991, 1992) e «modelo de duplo processamento da aprendizagem multimédia» (Mayer & Moreno, 1998; Mayer, Moreno, Boire & Vagge, 1999) — salientaram o elemento do canal duplo. Houve ainda outras designações — como «teoria generativa» (Mayer, Steinhoff, Bower & Mars, 1995) e «teoria generativa da aprendizagem multimédia» (Mayer, 1997; Plass, Chun, Mayer & Leutner, 1998) — que salientaram os três elementos. A designação actual, «teoria cognitiva da aprendizagem multimédia», foi utilizada por Mayer, Bove, Bryman, Mars e Tapangco (1996), Moreno e Mayer (2000), e Mayer, Heiser e Lonn (2001), tendo sido adoptada nas principais revisões da literatura (Mayer, 2001, 2002, 2003a; Mayer & Moreno, 2003).

Um dos primeiros antecessores do gráfico apresentado na Figura 7.2 deste capítulo foi um modelo de dupla codificação apresentado em Mayer e Sims (1994, Figura 1), que continha os mesmos dois canais e três dos mesmos cinco processos cognitivos (sem dois processos cognitivos e sem a memória sensorial). Mayer, Steinhoff, Bower e Mars (1995, Figura 1) e Mayer (1997, Figura 3) apresentaram uma versão intermédia quase idêntica do modelo reproduzido na Figura 7.2, mas sem a memória de longo prazo e a memória sensorial. Por fim, a versão actual do modelo foi publicada em Mayer, Heiser e Lonn (2001) e reproduzida em posteriores revisões (Mayer, 2001, Figura 2; Mayer, 2002, Figura 7; Mayer, 2003a, Figura 2; Mayer & Moreno, 2003, Figura 1). O modelo desenvolveu-se, assim, adicionando componentes — quer processos cognitivos, quer representações mentais — e clarificando os respectivos pa-

péis. O resultado é a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, representada na Figura 7.2 do presente capítulo.

Comparação com Teorias Relacionadas

A Figura 7.2 mostra que a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia envolve (a) dois canais (visual e verbal), (b) uma capacidade de processamento limitada, (c) três tipos de memória, (d) cinco processos cognitivos (selecção de palavras, selecção de imagens, organização de palavras, organização de imagens e integração) e (e) cinco tipos de representações (palavras e imagens apresentadas; sons e imagens na memória sensorial; sons e imagens seleccionados na memória de trabalho; modelos verbais e pictóricos na memória de trabalho; e conhecimentos existentes na memória de longo prazo). Esta teoria incorpora elementos dos modelos clássicos de processamento da informação, como os *dois canais* da teoria da dupla codificação de Paivio (1986), a capacidade de *processamento limitada* do modelo da memória de trabalho de Baddeley (1986, 1999) e um gráfico que mostra os *tipos de memória* e os *processos cognitivos* de Atkinson e Shiffrin (1968).

Os principais componentes da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia são consistentes com outras teorias de *design* multimédia, como a teoria da carga cognitiva de Sweller (1999, 2003) e o modelo integrado de compreensão de texto e imagem de Schotz e Bannert (2003).

Consideremos, em primeiro lugar, a teoria da carga cognitiva de Sweller (1999, 2003). À semelhança da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, a teoria da carga cognitiva de Sweller (1999) reconhece a existência de canais distintos para recursos auditivos e visuais (pág. 138), salientando que «só é possível reter um pequeno número de elementos na memória de trabalho» (pág. 4). Tal como na teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, a arquitectura humana para processamento de informação permite diversos tipos de representações: elementos do material apresentado que correspondem a palavras e imagens da apresentação multimédia, elementos da memória de trabalho que correspondem a modelos verbais e pictóricos dessa mesma memória, e esquemas da memória de longo prazo que correspondem aos conhecimentos nela existentes. A teoria da carga cognitiva parte das implicações da capacidade limitada da memória de trabalho para o desenho das instruções, centrando-se na forma como estas impõem uma carga cognitiva aos aprendizes. Não aborda, contudo, os tipos de processos de informação envolvidos na aprendizagem multimédia.

Consideremos, seguidamente, o modelo integrado de compreensão de texto e imagem de Schnotz e Bannert, resumido na Figura 3.2 de Schnotz e Bannert (2003). Tal como acontece com a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, o modelo de Schnotz e Bannert salienta a existência de dois canais mas, ao contrário daquela, não põe em destaque a sua capacidade limitada. Os cinco processos cognitivos são representados, se bem que com algumas diferenças a nível de conceitos: o processamento sub-semântico corresponde à selecção das palavras, a percepção corresponde à selecção de imagens, o processamento semântico corresponde à organização de palavras e a construção/inspecção de modelos corresponde à integração. O modelo inclui quatro das cinco representações, mas também com algumas diferenças de conceptualização: texto e imagem/diagrama correspondem a palavras e imagens na apresentação multimédia; a representação superficial do texto e a imagem visual correspondem aos sons e imagens na memória de trabalho; a representação proposicional e o modelo mental correspondem ao modelo verbal e ao modelo pictórico; e a organização conceptual corresponde aos conhecimentos existentes na memória de longo prazo.

Em resumo, a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia é compatível e até algo semelhante a outras teorias de *design* multimédia. A teoria da carga cognitiva de Sweller (1999, 2003) aprofunda mais o papel da capacidade limitada no desenho de instruções para a aprendizagem multimédia, e a teoria de Schnotz e Bannert (2003) incide mais sobre a natureza das representações mentais na aprendizagem multimédia.

Caminhos Futuros

Embora a criação da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia tenha representado um progresso, há ainda um longo caminho a percorrer, particularmente (a) na análise pormenorizada dos mecanismos subjacentes aos cinco processos cognitivos e às cinco formas de representação, (b) na integração das diferentes teorias de aprendizagem multimédia e (c) na construção de uma base de pesquisas credíveis. Em primeiro lugar, é necessário compreender e avaliar melhor as noções básicas da teoria da aprendizagem multimédia, nomeadamente determinar a forma de medir a carga cognitiva durante a aprendizagem, determinar a quantidade óptima de informação apresentada ou determinar a forma como um modelo mental é representado na memória do aprendiz. Em segundo lugar, é necessário obter consensos entre os teóricos, como por exemplo ajustan-

do a teoria da carga cognitiva à teoria cognitiva da aprendizagem multimédia (neste capítulo), ao modelo de compreensão de texto e imagem, ao modelo de desenho educacional de quatro componentes (Merriënboer & Kester, capítulo 9) e a outras teorias relacionadas. Em terceiro lugar, temos uma necessidade permanente de gerar previsões passíveis de serem testadas a partir das teorias da aprendizagem multimédia e de testar essas previsões em experiências científicas rigorosas. A melhor forma de garantir a utilidade das teorias da aprendizagem multimédia é ter um corpo coerente de literatura de investigação no qual possam basear-se.

Resumo

Em resumo, a aprendizagem multimédia ocorre no sistema de informação do aprendiz — um sistema que contém canais distintos para o processamento visual e verbal, um sistema com acentuadas limitações de capacidade em cada um dos canais e, também, um sistema que obriga à coordenação do processamento cognitivo em cada um dos canais para que haja uma aprendizagem activa. A aprendizagem multimédia é um processo exigente que implica a selecção de palavras e imagens relevantes, a sua organização em representações verbais e pictóricas coerentes; e a integração das representações verbais e pictóricas entre si e com os conhecimentos pré-existentes. No processo de aprendizagem multimédia, os recursos são representados de cinco formas diferentes: como palavras e imagens numa apresentação multimédia; como representações acústicas e icónicas na memória sensorial; como sons e imagens na memória de trabalho; como modelos verbais e pictóricos na memória de trabalho; e como conhecimentos na memória de longo prazo. O tema deste capítulo é a ideia de que as mensagens multimédia deveriam ser desenhadas de forma a facilitar os processos de aprendizagem multimédia. As mensagens multimédia concebidas de acordo com a forma como a mente humana funciona têm mais probabilidades de conduzir a uma aprendizagem significativa do que as que não o são. Este postulado é testado empiricamente nos capítulos do presente manual.

GLOSSÁRIO

Memória de longo prazo: Memória que retém grandes quantidades de conhecimentos durante longos períodos de tempo.

Memória de trabalho: Memória com capacidade limitada, que retém e manipula sons e imagens na consciência activa.

Memória sensorial: Memória que retém, por um breve período de tempo, imagens e texto impresso recebidos pelos olhos sob a forma de imagens visuais exactas e palavras ditas e outros sons recebidos pelos ouvidos sob a forma de imagens auditivas exactas.

Mensagem educacional multimédia: Comunicação que contém palavras e imagens destinadas a promover a aprendizagem.

Princípio multimédia: As pessoas aprendem mais com palavras e imagens do que apenas com palavras.

Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia: Teoria sobre a forma como as pessoas aprendem a partir de palavras e imagens, assente na ideia de que as pessoas têm canais distintos para processar recursos verbais e visuais (pressuposto do canal duplo), de que cada um dos canais só consegue processar uma pequena quantidade de dados de cada vez (pressuposto da capacidade limitada) e, ainda, na ideia de que a aprendizagem significativa obriga à execução de um processamento cognitivo adequado durante a aprendizagem (pressuposto do processamento activo).

NOTA

Este capítulo baseia-se no capítulo 3, «Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia», da obra *Multimedia Learning* (Mayer, 2001). Agradeço os comentários úteis feitos por Jeroen van Merriënboer, Wolfgang Schotz e John Sweller.

REFERÊNCIAS

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 89-195). New York: Academic Press.

- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1999). *Human memory*. Boston: Allyn & Bacon.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (1999). *How people learn*. Washington, DC: National Academy Press.
- Chambliss, M. J., & Calfee, R. C. (1998). *Textbooks for learning*. Oxford, England: Blackwell.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- Clark, R. E., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149-210.
- Cook, L. K., & Mayer, R. E. (1988). Teaching readers about the structure of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 80, 448-456.
- Lambert, N. M., & McCombs, B. L. (1998). *How students learn*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Mayer, R. E. (1989). Systematic thinking fostered by illustrations in scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 81, 240-246.
- Mayer, R. E. (1996). Learning strategies for making sense out of expository text: The SOI model for guiding three cognitive processes in knowledge construction. *Educational Psychology Review*, 8, 357-371.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32, 1-19.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2002). *Multimedia learning*. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Volume 41* (pp. 85-139). San Diego, CA: Academic Press.
- Mayer, R. E. (2003a). The promise of multimedia learning : Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 12, 125-141.
- Mayer, R. E. (2003b). *Learning and Instruction*. Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1991). Animations need narrations: An experimental test of the dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83, 484-490.
- Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1992). The instructive animation: Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 84, 444-452.
- Mayer, R. E., Bove, W., Bryman, A., Mars, R., & Tapangco, L. (1996). When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbooks lessons. *Journal of Educational Psychology*, 88, 64-73.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82, 715-726.

- Mayer, R. E., Heiser, J., & Lonn, S. (2001). Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding. *Journal of Educational Psychology*, 93, 187-198.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90, 312-320.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychology*, 38, 43-52.
- Mayer, R. E., Moreno, R., Boire, M., & Vagge, S. (1999). Maximizing constructivism learning from multimedia communications by minimizing cognitive load. *Journal of Educational Psychology*, 91, 638-643.
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86, 389-401.
- Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G., & Mars, R. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text. *Educational Technology Research & Development*, 43, 31-43.
- Miller, G. A. (1956). The magic number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Miyake, A., & Shah, P. (Eds.). (1999). *Models of working memory*. New York: Cambridge University Press.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2000). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages. *Journal of Educational Psychology*, 92, 117-125.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Plass, J. L., Chun, D. M., Mayer, R. E., & Leutner, D. (1998). Supporting visual and verbal learning preferences in a second-language multimedia learning environment. *Journal of Educational Psychology*, 90, 25-36.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141-156.
- Simon, H. A. (1974). How big is a chunk? *Science*, 183, 482-488.
- Sternberg, R. J. (1990). *Metaphors of mind: Conceptions of the nature of intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell, Australia: ACER Press.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 43, pp. 215-216). San Diego, CA: Academic Press.
- Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24, 345-376.