

# AS NOVAS TECNOLOGIAS



**Jeroen van Merriënboer**  
**Secundino Correia**  
**João Paiva**

Prefácio de António Dias Figueiredo



Título: *As Novas Tecnologias*

Prefácio: António Dias Figueiredo

Autores: Jeroen J. G. van Merriënboer, Secundino Correia, João Paiva

Tradução: SMARTIDIOM

Revisão: Hélder Guegués

Design e paginação: Guidesign

Colecção: Questões-Chave da Educação

Edição: Fundação Francisco Manuel dos Santos

1.ª edição: Dezembro de 2012

© Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2012

Impressão: Guide Artes Gráficas, Lda.

ISBN: 978-989-8424-60-0

Depósito Legal n.º: 352274/12

FUNDAÇÃO FRANCISCO MANUEL DOS SANTOS

Rua Tierno Galvan, Torre 3, 9ºJ

1070-274 Lisboa

Telf: 21 381 84 47

ffms@ffms.pt

QUESTÕES-CHAVE  
DA EDUCAÇÃO

# AS NOVAS TECNOLOGIAS

**Jeroen van Merriënboer**

**Secundino Correia**

**João Paiva**

**Prefácio de António Dias Figueiredo**

- 7**      PREFÁCIO  
**António Dias de Figueiredo**
- 13**     MODELO DE *DESIGN* EDUCACIONAL DE QUATRO  
COMPONENTES: PRINCÍPIOS MULTIMÉDIA  
EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM COMPLEXA  
**Jeroen J. G. van Merriënboer**  
**Liesbeth Kester**
- 67**     TECNOLOGIAS PARA A INCLUSÃO  
**Secundino Correia**
- 87**     AS NOVAS TECNOLOGIAS NA ESCOLA:  
REFLEXÕES GERAIS E CONTRIBUTOS  
PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA  
**João C. Paiva**

## PREFÁCIO

António Dias de Figueiredo

Vinte e sete anos volvidos sobre a introdução das novas tecnologias da informação na educação não superior em Portugal, que mobilizou professores e escolas para uma valiosa reflexão coletiva sobre a educação, não poderia ser mais oportuno o desafio que a Fundação Francisco Manuel dos Santos nos coloca, de debatermos o tema no contexto dos três capítulos, particularmente apropriados, que nos propõe como base de reflexão. Por um lado, trazem ensinamentos que alargam os nossos horizontes e agitam ideias que tínhamos por clarificadas. Por outro lado, oferecem pequenas lacunas que nos libertam do papel de leitores passivos e nos convidam a procurar, pela reflexão e pelo debate, contribuir para completar o quebra-cabeças. Fica-me, assim, facilitada a tarefa de escrever um prefácio que, além de introduzir o tema, incite os leitores ao debate.

O capítulo “Modelo de *Design* Educacional de Quatro Componentes: Princípios Multimédia em Ambientes de Aprendizagem Complexa”, de Jeroen J. G. van Merriënboer e Liesbeth Kester, oferece, nesta perspectiva, um interessante motivo de reflexão. Originalmente concebido para a criação de ambientes de aprendizagem multimédia, fornece também linhas de orientação para a concepção de ambientes

de “aprendizagem complexa”, entendidos como ambientes que visam a integração de conhecimentos, competências e atitudes e desenvolvem capacidades de transferência para a vida real. Para a concepção destes ambientes, os autores distinguem quatro componentes – tarefas de aprendizagem, informação de apoio, informação processual e prática nas tarefas. A partir delas, e apoiando-se em estudos do domínio da psicologia, identificam o que caracterizam como uma “arquitetura cognitiva” no âmbito da qual a “aprendizagem significativa” acontece. A exploração do modelo leva à formulação de um conjunto de princípios particularmente sugestivos, aplicáveis à aprendizagem em ambientes de simulação, ambientes hipermídia, sistemas electrónicos de apoio ao desempenho e exercícios repetitivos.

Embora consolidado ao longo de uma década, o modelo proposto foi desenvolvido no início dos anos 90, alicerçando o essencial da sua argumentação na psicologia. Vinte anos (e uma passagem de século) volvidos, essa fundamentação mono-disciplinar revela hoje alguma fragilidade. Já nos fins do século passado, Edgar Morin nos alertava para o que considerava o maior desafio do século XXI: ligar os conhecimentos. Talvez por isso se justifique, à luz deste exemplo, refletirmos sobre como alguns conceitos e modelos podem envelhecer em domínios, como este, em que educação e tecnologia se cruzam. Na era das redes sociais, que o modelo proposto não tem em conta, os desafios são diferentes e a ligação dos conhecimentos tornou-se imprescindível. Por um lado, no que se refere à educação, a idade de ouro da psicologia deu lugar ao reconhecimento generalizado da importância de múltiplas dimensões adicionais, como a das dinâmicas sociais da aprendizagem. Por outro lado, no que se refere às tecnologias, a emergência da Internet alterou profundamente os cenários da aprendizagem, com consequências e evoluções que estamos ainda longe de poder descortinar.

Se o capítulo anterior nos oferecia, no âmbito de um modelo conceptual enquadrador, pequenas lacunas que facilitam a abertura do debate, o capítulo seguinte, “Tecnologias para a Inclusão”, de Secundino Correia, assume o objectivo de apontar lacunas às soluções praticadas recentemente no subsistema de ensino não-superior português em matéria de novas tecnologias na educação. Em particular, contrapõe à massificação e uniformização das soluções tecnológicas nas escolas os benefícios da diversidade, emancipação e apropriação crítica e criativa, pressupostos essenciais de uma escola inclusiva. Para ilustrar a sua argumentação, exemplifica com dois casos de conciliação entre tecnologias e inclusão: um ocorrido nos anos 80 e sustentado pelas tecnologias da época; outro recolhido recentemente numa escola rural onde as novas (agora mais novas) tecnologias foram utilizadas. Aborda de seguida as questões da acessibilidade para pessoas com capacidades diferentes e conclui, num regresso às questões de fundo, com uma reflexão em torno da literacia como capacidade para ler e escrever, não apenas textos, mas também o mundo.

No terceiro capítulo, “As Novas Tecnologias na Escola: Reflexões Gerais e Contributos para a Educação Científica”, João Paiva oferece-nos uma estimulante reflexão sobre alguns dos dilemas associados ao uso e abuso das tecnologias na educação. Nesse contexto, comenta vários estudos realizados em Portugal sobre a utilização das novas tecnologias nas escolas, reflete sobre as posições extremas que por vezes se geram nessa matéria, incluindo as que acusam as tecnologias de induzirem hábitos de superficialidade, e apresenta um diversificado conjunto de exemplos ilustrativos da boa utilização das tecnologias na educação em ciências, com destaque para a química. Nesse conjunto de exemplos inclui o uso de *software* educativo, o recurso a roteiros de exploração, a prática de *WebQuests* capazes de mobilizar conjuntamente



alunos e pais, e as potencialidades do *e-learning*. A terminar, e explorando o paralelo entre química e educação, defende que o equilíbrio só poderá ser atingido se procurarmos encontrar, pacientemente, a “dose certa”.

Além dos motivos de reflexão e debate que cada um dos capítulos representa, as suas interações recíprocas, bem como as que apontam para o mundo circundante, oferecem abundantes desafios adicionais. Como conciliar modelos cognitivos com redes sociais e telemóveis? Que referenciais, estratégias e práticas para um plano nacional? Como potenciar o que o plano anterior deixou? Como configurar ambientes de aprendizagem mais inclusivos, diversificados, emancipatórios e criativos? Estas são apenas algumas das questões para debate que, num manancial inesgotável, este livrinho nos sugere.

QUESTÕES-CHAVE  
DA EDUCAÇÃO

**MODELO DE *DESIGN*  
EDUCACIONAL  
DE QUATRO  
COMPONENTES:  
PRINCÍPIOS  
MULTIMÉDIA  
EM AMBIENTES DE  
APRENDIZAGEM  
COMPLEXA**

Jeroen J. G. van Merriënboer  
Liesbeth Kester

# MODELO DE *DESIGN* EDUCACIONAL DE QUATRO COMPONENTES: PRINCÍPIOS MULTIMÉDIA EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM COMPLEXA<sup>1</sup>

Jeroen J. G. van Merriënboer e Liesbeth Kester

## Introdução

As teorias sobre a aprendizagem multimédia podem ser colocadas a diferentes níveis. Num nível mais básico, as teorias psicológicas descrevem os sistemas da memória e os processos cognitivos que explicam como as pessoas processam diferentes tipos de informação e como aprendem em diferentes sentidos. Exemplos destas teorias são a teoria de dupla codificação de Paivio (1986; Clark e Paivio, 1991) e o modelo da memória de trabalho de Baddeley com um «executivo

---

<sup>1</sup> Uma versão deste artigo foi publicada originalmente por van Merriënboer, J. J. G. e Kester, L. (2005). The four-component instructional design model: multimedia principles in environments for complex learning. in R. E. Mayer (ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 71-93). Nova Iorque: Cambridge University Press.

central» e dois «sistemas servos», o rascunho visuo-espacial e o circuito fonológico (1992; 1997). Num nível mais elevado, as teorias de *design* de mensagens educativas identificam os princípios multimédia e estabelecem directivas para criar mensagens multimédia que consistem em, por exemplo, texto escrito e imagens, texto falado e animações ou vídeos explicativos que misturem imagens em movimento com texto falado e escrito. Exemplos destas teorias são a teoria generativa da aprendizagem multimédia de Mayer (2001) e a teoria da carga cognitiva de Sweller (2004; Sweller, van Merriënboer e Paas, 1998). Num nível ainda mais elevado, as teorias e modelos para o *design* de cursos e disciplinas prescrevem como desenvolver programas educacionais, que contêm um conjunto de meios educacionais, incluindo texto, imagens, discursos, materiais manipulativos e sistemas em rede. Um programa educacional bem concebido deve ter em conta tanto a arquitectura cognitiva humana como os princípios multimédia, para assegurar que os alunos irão trabalhar num ambiente atractivo, eficiente e eficaz em matéria de concretização de objectivos.

O objectivo principal deste texto é apresentar uma teoria que surge no terceiro nível, nomeadamente o modelo de *design* educacional de quatro componentes, doravante designado «modelo 4C/ID» (van Merriënboer, Jelsma e Paas, 1992; van Merriënboer, 1997; van Merriënboer, Clark e de Croock, 2002; van Merriënboer, Kirschner e Kester, 2003). Pretende também discutir o modo como esta teoria é utilizada para desenhar ambientes multimédia de aprendizagem complexa. Esta aprendizagem complexa tem por objectivo específico a integração de conhecimentos, competências e atitudes; a capacidade para coordenar qualitativamente diferentes competências constitutivas e a transferência do que se aprende para a vida diária ou para o local de trabalho. O modelo 4C/ID considera que as tarefas de aprendizagem baseadas

na vida real são a força motriz para aprender e, conseqüentemente, o primeiro componente de um ambiente de aprendizagem complexa bem concebido. Esta observação é partilhada por outras teorias educacionais recentes (para um resumo destas teorias, consultar Merrill, 2002). Os três componentes restantes são a informação de apoio, a informação processual e a prática nas tarefas.

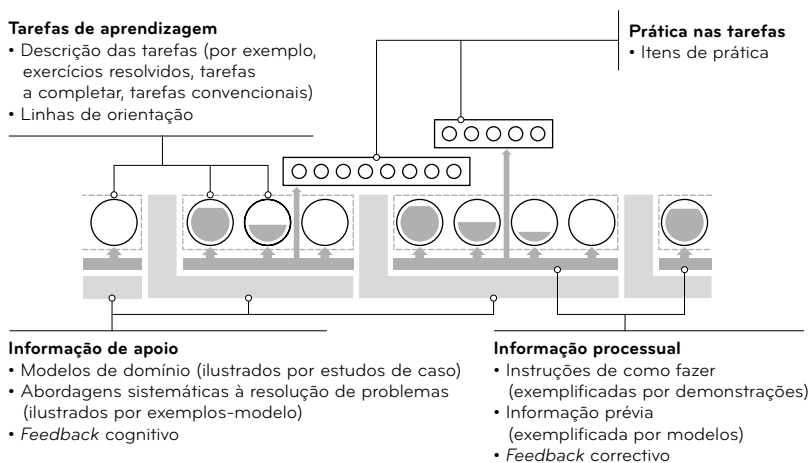
Apesar de o modelo 4C/ID não ter sido especificamente desenvolvido para o *design* de ambientes de aprendizagem multimédia, tem importantes implicações para a selecção de (um conjunto de) meios educacionais apropriados, bem como para a apresentação da informação e para a disposição da prática e do *feedback* através desses meios. Este texto irá, primeiro, apresentar uma descrição geral de como as pessoas adquirem competências complexas num ambiente construído a partir dos quatro componentes já referidos. De seguida, irá explicar a relação entre os quatro componentes e a suposta arquitectura cognitiva, centrando-se na função de uma memória de trabalho limitada e de uma memória a longo prazo quase ilimitada na construção e automatização de esquemas, pois são esses os processos que formam a base de uma aprendizagem significativa. Em terceiro lugar, irá relacionar os meios educacionais e os 14 princípios multimédia com cada um dos componentes. O capítulo termina com uma discussão que analisa a contribuição do modelo 4C/ID para a teoria cognitiva e para o *design* educacional, indica as limitações do modelo e delinea directrizes para investigação futura.

### **Como se adquirem competências complexas?**

A mensagem-base do modelo 4C/ID é que é sempre possível escrever ambientes de aprendizagem complexa bem concebidos com base em quatro componentes que se inter-relacionam.

1. *Tarefas de Aprendizagem*. Experiências significativas de prática de tarefas integrais baseadas em tarefas da vida real. Idealmente, as tarefas de aprendizagem exigem dos alunos a integração e coordenação de vários, se não todos, os aspectos do desempenho de tarefas da vida real, incluindo os aspectos relativos à resolução de problemas e ao raciocínio, que são diferentes em cada tarefa, e os aspectos de rotina, que são consistentes em todas as tarefas.
2. *Informação de Apoio*. Informação que apoia a aprendizagem e o desempenho dos aspectos relativos à resolução de problemas e ao raciocínio das tarefas de aprendizagem. Descreve o modo como o domínio das tarefas é organizado e qual a melhor forma de abordar os problemas nesse domínio. Constrói uma ponte entre aquilo que os alunos já sabem e o que poderá ser útil saberem para trabalhar produtivamente nas tarefas de aprendizagem.
3. *Informação Processual*. Informação que constitui um pré-requisito para a aprendizagem e para o desempenho de aspectos de rotina das tarefas de aprendizagem. Esta informação estabelece uma especificação algorítmica sobre como desempenhar esses aspectos de rotina. É preferível organizá-la em pequenas unidades de informação e apresentá-la no momento exacto em que os alunos necessitam dela, ao trabalharem nas tarefas de aprendizagem.
4. *Prática nas Tarefas*. São exercícios adicionais para os aspectos de rotina das tarefas de aprendizagem, que requerem um nível de automaticidade muito elevado após a instrução. A prática de tarefas por partes só é necessária quando as tarefas de aprendizagem não suscitam uma repetição suficiente para que um determinado aspecto de rotina atinja o alto nível de automaticidade pretendido.

**Figura 1.** Resumo esquemático dos quatro componentes do modelo 4C/ID e dos seus elementos principais.



A Figura 1 mostra um resumo esquemático dos quatro componentes. As tarefas de aprendizagem são representadas pelos círculos, sendo que uma sequência de tarefas é a estrutura base do curso ou disciplina. Tarefas de aprendizagem equivalentes pertencem à mesma *classe de tarefas* (na Figura 1, cada classe é um rectângulo pontilhado à volta de cada grupo de tarefas). As tarefas de aprendizagem da mesma classe de tarefas são equivalentes, no sentido em que podem ser desempenhadas com base nos mesmos conhecimentos. São, contudo, diferentes nas dimensões que também variam na vida real, tais como o contexto em que a tarefa é desempenhada, a forma como é apresentada, a importância das características que a definem, entre outros. Cada nova classe de tarefas é mais difícil do que a anterior. Os alunos recebem muito apoio e orientação ao trabalharem na primeira tarefa de aprendizagem de cada classe (na Figura 1, isto é indicado pelo preenchimento

dos círculos), mas esse apoio vai diminuindo à medida que o aluno progride e adquire mais experiência. Um tipo de apoio – orientado para o produto – surge na *descrição das tarefas*: por exemplo, os exercícios resolvidos proporcionam o máximo apoio porque apresentam tanto um problema como uma solução aceitável, que deve ser estudada ou avaliada pelos alunos. As tarefas a completar fornecem algum apoio, pois apresentam um problema e uma solução parcial que deve ser completada pelos alunos. As tarefas convencionais não proporcionam apoio algum, pois apresentam um problema que deve ser resolvido autonomamente pelos alunos. Outro tipo de apoio – orientado para o processo – consiste na *orientação*: informação sob a forma de folhas de cálculo ou linhas de orientação que guiam o aluno pelo processo de resolução do problema. Em geral, os alunos trabalham sem qualquer apoio nas últimas tarefas de aprendizagem de cada classe de tarefas. Estas tarefas convencionais sem qualquer orientação podem também ser utilizadas como testes para a avaliação do desempenho dos alunos.

A informação de apoio está ligada a estas classes, porque é relevante para todas as tarefas de aprendizagem dentro da mesma classe (apresentada, na Figura 1, pelas formas em L sombreadas a cinzento). Para cada classe de tarefas subsequente, a informação de apoio é um suplemento ou um aperfeiçoamento da informação apresentada antes, permitindo aos alunos fazerem coisas que não conseguiam fazer antes. Esta é a informação que os professores tipicamente apelidam de «teoria» e divide-se em três partes. Primeiro, descreve os *modelos de domínio*, respondendo a questões como «o que é isto?» (modelos conceptuais), «como está organizado?» (modelos estruturais) e «como funciona?» (modelos casuais). Estes modelos são habitualmente ilustrados com estudos de caso. Em segundo lugar, a informação de apoio descreve abordagens sistemáticas à resolução de problemas (*Systematic Approaches to*



*Problem solving* – SAP), que especificam as fases sucessivas do processo de resolução de um problema e as regras básicas que podem ser úteis para a conclusão com êxito de cada fase. As SAP podem ser exemplificadas por exemplos-modelo, que mostram um especialista a desempenhar uma tarefa e, simultaneamente, a justificar o que está a fazer. Em terceiro lugar, a informação de apoio relaciona-se com o *feedback cognitivo* dado relativamente à qualidade do desempenho de tarefas pelo aluno. Dado que não existe um comportamento correcto ou incorrecto para os aspectos do desempenho relativos à resolução de problemas e ao raciocínio, o *feedback* cognitivo convida muitas vezes os alunos a compararem criticamente as suas soluções com as soluções dos especialistas ou dos seus colegas.

A informação processual está representada na Figura 1 pelos retângulos cinzentos-escuros com setas a apontar para cima, indicando que as unidades de informação estão explicitamente ligadas às diferentes tarefas de aprendizagem. Esta informação é preferencialmente apresentada no momento exacto em que os alunos precisam dela para desempenharem aspectos de rotina específicos das tarefas de aprendizagem. Deste modo, elimina-se a necessidade de memorização prévia. A informação processual consiste em *instruções procedimentais*, regras que definem através de algoritmos o desempenho correcto dos aspectos de rotina das tarefas de aprendizagem. São formuladas ao nível dos alunos com menor nível de capacidades, para que todos os alunos possam desempenhá-las correctamente. Estas instruções podem ser exemplificadas por demonstrações que são dadas, preferencialmente, no contexto de uma tarefa integral e significativa. Em segundo lugar, a informação processual pode relacionar-se com a *informação prévia*, ou seja, a informação que os alunos devem saber para desempenhar correctamente as instruções procedimentais. Esta informação pode ser

demonstrada pelo que se designa de exemplos. Uma determinada instrução pode, por exemplo, indicar: «Ligue o dispositivo digital a uma das portas USB.» A informação prévia útil para a realização desta instrução pode ser a definição de porta USB, e um exemplo pode mostrar uma imagem das portas USB de um computador pessoal. Por fim, pode dar-se um *feedback correctivo* relativamente à qualidade do desempenho de aspectos de rotina. Este *feedback* indica que existe um erro, explica a razão do erro e fornece pistas que podem ajudar o aluno a corrigi-lo. Se os alunos começarem a dominar os aspectos de rotina, a apresentação da informação processual poderá diminuir rapidamente.

A prática de tarefas por partes está indicada na Figura 1 por uma série de círculos, que representam os *itens de prática*. Muitas vezes, as tarefas de aprendizagem proporcionam uma prática suficiente dos aspectos de rotina do desempenho para que se obtenha o nível desejado de automaticidade. Mas, para aspectos de rotina que sejam muito básicos ou críticos em termos de segurança, pode ser necessário recorrer à prática suplementar de tarefas por partes, como por exemplo a prática de escalas musicais para os músicos, o treino repetido da tabuada para crianças ou a prática do reconhecimento de situações perigosas num radar para controladores aéreos. A prática de um determinado aspecto de rotina nunca começa antes de esse aspecto ter sido introduzido numa tarefa de aprendizagem integral e significativa, para que haja um contexto cognitivo adequado. Preferencialmente, está misturada com as próprias tarefas de aprendizagem, para que haja uma prática de rotina distribuída ou espaçada. Resolver exercícios práticos repetidos relacionados com um conjunto vasto de itens de prática é um método educacional eficaz para se obter um nível muito elevado de automaticidade.

A aprendizagem complexa exige que os alunos trabalhem em tarefas de aprendizagem integrais e significativas. As tarefas podem

ter descrições diferentes (por exemplo, exercícios resolvidos, tarefas a completar, tarefas convencionais) e diferentes níveis de orientação. Para serem capazes de desempenhar os aspectos relativos à resolução de problemas e ao raciocínio dessas tarefas e para aprenderem com elas, os alunos consultam e estudam modelos de domínio e as SAP e recebem um *feedback* cognitivo quanto à qualidade do seu desempenho. Durante o desempenho de tarefas, as instruções procedimentais especificam como desempenhar os aspectos de rotina da tarefa. A informação prévia garante que os alunos possam seguir essas instruções, e o *feedback* correctivo é dado caso cometam algum erro. Por fim, a prática de tarefas por partes pode oferecer um vasto grupo de itens de prática para treino adicional dos aspectos de rotina.

Através desta descrição, deverá ficar claro que as pessoas aprendem através de palavras, imagens e outras representações (tarefas da vida real, olfacto, tacto, etc.) de diferentes formas. Por um lado, cada um dos quatro componentes pode exigir que os alunos combinem representações: as tarefas de aprendizagem podem pedir aos alunos que, simultaneamente, leiam um texto apresentado num ecrã, processem um texto narrado e operem comandos. A informação de apoio pode incluir um vídeo de um especialista a exemplificar o processo de resolução de um problema e a explicar as razões para o que está a fazer. Já a informação processual pode incluir um guia de referência rápida com instruções escritas para trabalhar com um dispositivo complexo, bem como imagens desse dispositivo, e a prática de tarefas por partes pode incluir a exploração de um programa de *software* com texto e ícones. Além disso, a informação processual é habitualmente apresentada aos alunos enquanto estão a trabalhar nas tarefas de aprendizagem ou a desempenhar tarefas por partes, submetendo-os a duas fontes de informação (a informação procedimental e a tarefa para a qual

a informação é relevante). Estas devem ser mentalmente integradas pelos alunos para que concluam a tarefa com êxito. Para cada situação, aplica-se um grupo diferente de princípios multimédia, pois há diferentes processos de aprendizagem envolvidos. Isto será explicado com mais pormenor na secção seguinte.

### **Arquitectura cognitiva e aprendizagem significativa**

O modelo 4C/ID pressupõe que todo o conhecimento humano está armazenado em esquemas cognitivos. Pressupõe ainda uma arquitectura cognitiva que é largamente reconhecida na literatura do domínio da Psicologia e para a qual existe um amplo apoio empírico. Esta arquitectura distingue uma memória de trabalho, com uma capacidade muito limitada para lidar com informações novas, e uma memória a longo prazo, efectivamente ilimitada, que contém esquemas cognitivos que variam no seu grau de riqueza (isto é, no número de elementos e interconexões entre esses elementos) e no seu nível de automaticidade. Os processos de aprendizagem estão relacionados com a construção de esquemas, incluindo a formação de novos esquemas e o aperfeiçoamento de esquemas existentes, ou com a automatização de esquemas.

### **Sistemas de Memória**

Para começar, toda a informação nova deve ser processada na memória de trabalho para construir esquemas cognitivos na memória a longo prazo. Este processamento está altamente limitado pelo facto de que apenas alguns elementos podem estar simultaneamente activos na memória de trabalho: cerca de sete elementos distintos que têm de ser armazenados ou cerca de dois a quatro componentes e as respectivas respectivas interacções, caso os elementos precisem de

estar interligados. Além disso, pressupõe-se que a memória de trabalho possa ser subdividida em canais ou processos parcialmente independentes (Baddeley, 1992). Um dos canais consiste num ciclo fonológico que lida com material verbal com base na memória de trabalho auditiva. O outro consiste num rascunho visuo-espacial que lida com informação diagramática ou pictórica com base numa memória de trabalho visual. A utilização de ambos os canais em vez de apenas um aumenta a capacidade efectiva da memória de trabalho (Penney, 1989). A memória a longo prazo altera as características da memória de trabalho, reduzindo ou até eliminando as suas limitações. A competência especializada humana é o resultado da disponibilidade de esquemas cognitivos ricos e automatizados, e *não* da capacidade de raciocinar a partir de vários elementos que ainda têm de ser organizados na memória a longo prazo. A memória de trabalho humana simplesmente não suporta este tipo de processamento de múltiplos elementos.

A competência especializada evolui através de dois processos complementares, nomeadamente a construção de esquemas e a automatização de esquemas. A construção de esquemas refere-se à formação – muitas vezes consciente e cuidadosa – de números cada vez maiores de esquemas cada vez mais complexos, combinando elementos que consistem em esquemas de nível mais baixo para formar esquemas de nível mais elevado. Estes esquemas organizam e armazenam o conhecimento, mas também reduzem significativamente a carga da memória de trabalho, pois até os esquemas altamente complexos podem ser trabalhados como *um único* elemento na memória de trabalho. Assim, aquilo que constitui para uma pessoa um vasto número de elementos pode ser um elemento singular para outra mais experiente, que já dispõe de um esquema cognitivo que incorpora os elementos. Consequentemente, a informação nova pode ser fácil de compreender por

alguém com uma experiência relevante e difícil de compreender para alguém sem esta experiência.

A automatização de esquemas ocorre se alguém, ao desempenhar uma tarefa, aplica repetidamente e com êxito um esquema cognitivo específico. Tal como no caso da construção de esquemas, a automatização pode libertar a capacidade da memória de trabalho para outras actividades, porque um esquema automatizado direcciona os aspectos de rotina do comportamento, sem precisar de os processar na memória de trabalho. Como consequência directa, o *design* educacional para a aprendizagem complexa não deve apenas encorajar a construção de esquemas de resolução de problemas e raciocínio, mas também a automatização de esquemas para os aspectos de uma competência complexa que se repetem em diferentes problemas ou tarefas. Num ambiente de aprendizagem desenvolvido de acordo com o modelo 4C/ID, os alunos trabalham em tarefas de aprendizagem e estudam a informação de apoio que os ajuda a *construir* esquemas cognitivos. A consulta da informação processual, a repetição de aspectos de rotina das tarefas de aprendizagem e as simulações e a prática de tarefas por partes ajudam-nos a *automatizar* os esquemas. Assim, a aprendizagem significativa é o resultado tanto da construção de esquemas como da automatização de esquemas.

### Processos cognitivos que resultam numa aprendizagem significativa

O modelo 4C/ID impõe uma divisão ainda maior nos processos de aprendizagem que estão directamente ligados aos quatro componentes do modelo. Relativamente à construção de esquemas, faz-se a distinção entre indução através de uma aprendizagem empírica e elaboração.

A primeira refere-se à construção de esquemas – muitas vezes de forma consciente – pela abstracção a partir de tarefas de aprendizagem concretas (componente 1), e a segunda refere-se à construção de esquemas relacionando o conhecimento já existente na memória a longo prazo e a nova informação de apoio (componente 2). A *indução* está no cerne da aprendizagem complexa e refere-se tanto à generalização como à discriminação de esquemas cognitivos (consultar Holland, Holyoak, Nisbett e Thagard, 1989). Quando os alunos generalizam ou se abstraem de tarefas de aprendizagem bem desenhadas, constroem esquemas que excluem os pormenores para que os possam aplicar numa série mais alargada de acontecimentos ou em acontecimentos que sejam menos tangíveis. A discriminação é exactamente o oposto da generalização. Pode ser construído um esquema mais específico, se estiver disponível uma série de soluções erradas para uma classe de tarefas relacionadas. Então, podem adicionar-se condições específicas ao esquema e restringir a abrangência da sua utilização. A indução é, geralmente, um processo cognitivo controlado e estratégico, que exige um processamento consciente por parte dos alunos (também designado de «abstracção consciente») (Perkins e Salomon, 1989).

A *elaboração* da nova informação de apoio refere-se às actividades cognitivas que integram a informação nova com os esquemas cognitivos já disponíveis na memória (consultar Willoughby, Wood, Desmarais, Sims e Kalra, 1997). Quando os alunos elaboram novas informações de apoio, começam por procurar na memória esquemas cognitivos universais que possam fornecer uma estrutura cognitiva para compreender a informação em termos gerais, e esquemas ou casos concretos que possam suscitar analogias úteis. Estes esquemas estão ligados à informação nova, e os elementos dos esquemas recuperados que não fazem parte da informação nova estão agora

relacionados com ela. Assim, os alunos utilizam o que já sabem sobre um assunto para estruturar e compreender a informação nova.

Relativamente à automatização de esquemas, faz-se uma distinção entre a compilação e a consolidação de conhecimentos. A primeira refere-se à automatização preliminar de esquemas com base na informação processual (componente 3), e a segunda refere-se ao desenvolvimento de níveis muito elevados de automaticidade através da prática de tarefas por partes (componente 4). A *compilação de conhecimentos* refere-se ao processo pelo qual a informação processual é implantada nos esquemas automatizados que determinam o comportamento, isto é, evocam acções específicas em determinadas condições. Podem utilizar-se esquemas adquiridos recentemente ou exemplos resolvidos para produzir uma solução inicial, e a compilação é o processo que cria esquemas altamente específicos a partir desta solução (Anderson, 1993; Anderson e Lebiere, 1998). Depois de o conhecimento estar compilado, a solução é gerada pela ligação directa das acções com as condições no esquema específico, o que acelera em muito o desempenho.

Por fim, a *consolidação* permite aos alunos desempenharem um aspecto de rotina de uma competência complexa, depois de ter sido treinado separadamente num processo de prática de tarefas por partes, com um alto nível de automaticidade. Pressupõe-se, muitas vezes, que um esquema automatizado tem um poder associado, determinando a possibilidade que tem de ser aplicável em determinadas condições, bem como a rapidez com que é aplicado. Apesar de a compilação de conhecimentos gerar esquemas altamente específicos, que se assume estarem na base de um desempenho preciso da competência, também têm fraquezas. A consolidação é um mecanismo directo de aprendizagem. Pressupõe-se simplesmente que os esquemas automatizados são consolidados de cada vez que são aplicados com êxito. A melhoria



resultante dessa consolidação exige longos períodos de «treino exaustivo» (Palmeri, 1999).

**Tabela 1** Exemplos de princípios multimédia proeminentes para cada um dos quatro componentes do modelo 4C/ID

<b>Princípio Multimédia</b>	<b>Exemplo</b>
<b>Tarefas de Aprendizagem e Aprendizagem em Ambientes de Simulação</b>	
1. Princípio da sequenciação	Para alunos de Física que estejam a aprender a resolver problemas em circuitos eléctricos, começar por circuitos com muito poucos elementos (por exemplo, uma lâmpada, uma bateria e um interruptor) e continuar com circuitos com cada vez mais elementos.
2. Princípio da fidelidade	Para alunos de Medicina que estejam a aprender a diagnosticar os doentes, começar com descrições textuais de casos, continuar com doentes simulados por computador ou interpretados pelos colegas e depois com doentes interpretados por actores e terminar com um estágio no hospital, junto de doentes reais.
3. Princípio da variabilidade	Para alunos de Direito que estejam a aprender a preparar acções judiciais, assegurar que as tarefas de aprendizagem lhes pedem para preparar alegações em diferentes áreas do Direito (civil, penal), para diferentes clientes (culpados, inocentes) e para diferentes tribunais (tribunal regional, tribunal cível, Supremo Tribunal), etc.

---

4. Princípio da individualização	Para alunos de Informática que estejam a aprender a programar <i>software</i> , avaliar continuamente as construções de programação em que têm mais dificuldade e seleccionar novas tarefas de aprendizagem que ofereçam oportunidades óptimas para que possam corrigir eventuais concepções erradas.
5. Princípio das «rodas de apoio»	Para alunos de Contabilidade que estejam a aprender a fazer orçamentos com um programa de folhas de cálculo, começar por bloquear todas as barras de ferramentas e opções de menus que não sejam estritamente necessárias ao desempenho das tarefas, e voltar a activá-las quando se tornarem necessárias à medida que os alunos progredem para tarefas orçamentais mais complexas.
6. Princípio da estratégia de conclusão	Para alunos de Arquitectura que estejam a aprender a fazer projectos de construção, deixar que comecem por avaliar as qualidades dos projectos para edifícios já existentes, depois pedir-lhes que refaçam projectos para renovação de edifícios e, finalmente, deixá-los fazer projectos para edifícios novos.

---

---

## Informação de Apoio e Aprendizagem em Hipermedia

---

7. Princípio da redundância	Para alunos de Econometria que estejam a aprender a explicar períodos de crescimento económico, começar por apresentar um modelo qualitativo (permite-lhes prever se haverá crescimento) e depois apresentar um modelo quantitativo mais abrangente (leis que podem ajudá-los a avaliar a magnitude desse crescimento) – mas <i>sem</i> repetir a informação qualitativa.
8. Princípio da auto-explicação	Para alunos de Medicina que estejam a aprender a diagnosticar danos no sistema cardiovascular humano, apresentar-lhes uma animação de como o coração funciona e fornecer indicações que os obriguem a explicar, a si próprios e aos colegas, os mecanismos subjacentes.
9. Princípio do ritmo próprio	Para alunos de Psicoterapia que estejam a aprender a conduzir entrevistas de admissão a pacientes com depressão, mostrar vídeos exemplificativos de entrevistas de admissão da vida real e dar-lhes a oportunidade de parar/reproduzir o vídeo após cada segmento, para os estudarem em pormenor.

---

---

## **Informação Processual e Sistemas Electrónicos de Apoio ao Desempenho**

---

10. Princípio da atenção dividida no tempo	Para alunos de Web Design que estejam a aprender a desenvolver páginas <i>Web</i> com recurso a <i>software</i> novo, mostrar-lhes como utilizar as diferentes funções do programa exactamente quando precisarem delas para pôr em prática aspectos específicos do <i>design</i> , em vez de discutir todas as funções disponíveis.
11. Princípio da atenção dividida no espaço	Para alunos de Ciências Sociais que estejam a aprender a conduzir análises estatísticas dos seus ficheiros de dados com SPSS, apresentar informação processual que descreva como conduzir uma análise específica também no computador, e não num manual.
12. Princípio da sinalização	Para alunos de Engenharia Automóvel que estejam a aprender a desmontar um motor, mostrar uma versão animada do processo de desmontagem e dar mais atenção às partes que vão sendo soltas e removidas.
13. Princípio da modalidade	Para alunos de Design Educacional que estejam a aprender a desenvolver projectos de formação estudando uma sequência de projectos cada vez mais pormenorizados, explicar os projectos com texto escrito ou narrado em vez de texto em suporte digital.

---

---

**Prática de Tarefas por Partes e Programas CBT com Exercícios de Repetição**

---

14. Princípio da fluência de componentes	Para alunos de Controlo de Tráfego Aéreo que estejam a aprender a dirigir os aviões que chegam, proporcionar-lhes uma prática de tarefas por partes adicional e prolongada sobre o reconhecimento imediato de situações de tráfego aéreo potencialmente perigosas a partir do radar.
--	--

---

### **Aprendizagem multimédia significativa segundo o modelo 4C/ID**

Como foi discutido na secção anterior, os quatro componentes (tarefas de aprendizagem, informação de apoio, informação processual e prática de tarefas por partes) procuram facilitar os diferentes processos de aprendizagem, com implicações claras na selecção de meios educacionais adequados e princípios multimédia relevantes. Estes meios e princípios serão discutidos nas próximas secções.

### **Tarefas de Aprendizagem e Aprendizagem em Ambientes de Simulação**

As tarefas de aprendizagem procuram, em primeiro lugar, a construção de esquemas através da aprendizagem indutiva. O meio educacional deverá permitir aos alunos trabalharem nessas tarefas e toma habitualmente a forma de um ambiente de tarefa real ou simulada. Poder-se-á pensar numa sala de projectos, num escritório simulado, num simulador físico ou num estágio numa empresa real. Na aprendizagem multimédia, o centro do ambiente de aprendizagem consiste

geralmente num ambiente simulado por computador. Para muitas competências complexas, tais como levar uma alegação a tribunal, conduzir experiências psicológicas ou resolver problemas numa fábrica de produtos químicos, a tecnologia multimédia actual ainda não oferece as possibilidades que são necessárias para simulações de alta fidelidade (isto é, falta de meios de entrada/saída, de modelos de simulação que possam correr como pano de fundo, etc.). As oportunidades serão melhores num futuro próximo graças à Realidade Virtual (RV), à tecnologia de banda larga e aos novos dispositivos de entrada e saída, como capacetes de RV ou luvas de dados. Embora a tecnologia multimédia necessária à aplicação de métodos educacionais óptimos nem sempre esteja disponível, muitas aplicações multimédia já oferecem a oportunidade de desempenhar tarefas de aprendizagem que são, em certa medida, baseadas na vida real. A Tabela 1 resume os principais princípios multimédia que devem ser tomados em conta em ambientes de simulação (1 a 6) e fornece, para cada princípio, um exemplo de como poderá ser aplicado.

*Princípio da sequenciação.* O princípio da sequenciação indica que muitas vezes é melhor sequenciar tarefas de aprendizagem ou informações complexas das mais simples para as mais complexas, em vez de as apresentar de uma vez só em toda a sua complexidade. Mayer e Moreno (2003) referem-se a isto como um efeito «pré-formação», ao reverem estudos que mostram um melhor desempenho em testes de transferência quando os alunos começam por estudar os componentes de um sistema (isto é, um modelo conceptual) e só depois estudam como o sistema funciona (isto é, um modelo casual ou funcional) (Mayer, Matthias e Wetzell, 2002). Estes resultados são consistentes com a descoberta de Pollock, Chandler e Sweller (2002) relativamente

a materiais com grande interactividade entre os elementos, defendendo a apresentação de elementos isolados e só depois dos elementos interligados, em vez de apresentar todos os elementos ao mesmo tempo. Já Clarke, Ayres e Sweller (2005) descobriram que, na aprendizagem de matemática com aplicações de folhas de cálculo, é importante apresentar e treinar competências tecnológicas que capacitem os alunos (por exemplo, utilizando folhas de cálculo) antes de treinar as competências que constituem o objectivo final da formação (por exemplo, competências matemáticas). Kester, Kirschner e Van Merriënboer (2003, 2004, 2005) estudaram o princípio da sequenciação no contexto do modelo 4C/ID. No domínio da resolução de problemas electrónicos, descobriram que a apresentação de informação de apoio com grande interactividade entre os elementos antes ou depois de uma informação processual com pouca interactividade entre os elementos conduzia a um melhor desempenho em testes de transferência. O modelo 4C/ID utiliza classes de tarefas para aplicar o princípio da sequenciação. As classes de tarefas e a respectiva informação de apoio vão de simples a complexas, enquanto as tarefas de aprendizagem da mesma classe de tarefas são igualmente difíceis. A directriz básica do modelo 4C/ID é começar por uma classe em que as tarefas de aprendizagem possam ser resolvidas com base num modelo de domínio ou em SAP simples, e continuar com classes de tarefas em que a informação de apoio pertence a modelos de domínio ou SAP cada vez mais complexos (isto é, uma progressão mental de modelos) (Van Merriënboer, Kirschner e Kester, 2003).

*Princípio da fidelidade.* As tarefas de aprendizagem são desempenhadas num determinado ambiente. Enquanto baseadas em tarefas da vida real, podem ser desempenhadas num ambiente muito próximo do

ambiente real das tarefas (isto é, de alta fidelidade) ou num ambiente que apenas ofereça a oportunidade de desempenhar tarefas, sem tentar reproduzir o seu ambiente real (isto é, de baixa fidelidade). O princípio da fidelidade indica que, para alunos novos, um ambiente de alta fidelidade contém muitas vezes pormenores irrelevantes que podem deteriorar a aprendizagem. Este princípio está de acordo com a descoberta de que a transferência é melhor quando se excluem de um programa de formação os materiais interessantes mas irrelevantes, tais como música de fundo e trechos de vídeo não essenciais. Os alunos têm melhor desempenho em testes de transferência depois de lhes ser apresentada uma animação narrada concisa em vez de uma animação narrada muito elaborada (Mayer, Heiser e Lonn, 2001; Moreno e Mayer, 2000). Para cursos através da Internet, Gulikers, Bastiaens e Martens (2005) descobriram que os novos alunos têm um desempenho superior num ambiente de baixa fidelidade, à base de textos, do que num ambiente de alta fidelidade em que se utilizam ferramentas multimédia para reproduzir o ambiente real das tarefas. Harp e Mayer (1998) também relatam que os «pormenores de sedução» sem relevância directa para a aprendizagem deterioram o desempenho. De acordo com o modelo 4C/ID, a formação deve começar com classes de tarefas em que as tarefas de aprendizagem sejam desempenhadas num ambiente de baixa fidelidade, representando apenas os aspectos do ambiente real necessários ao desempenho da tarefa. Existe uma elevada fidelidade *psicológica*, pois a tarefa de aprendizagem representa uma tarefa da vida real, mas existe uma correspondência física diminuta ou quase nula relativamente ao ambiente real. Só em classes de tarefas posteriores ou com alunos mais avançados é que se torna necessário desempenhar as tarefas de aprendizagem num ambiente real ou de alta fidelidade (consultar Maran e Glavin, 2003).



*Princípio da variabilidade.* O princípio da variabilidade indica que as tarefas de aprendizagem devem ser suficientemente diferentes umas das outras para permitirem a construção de esquemas universais e abstractos que possibilitem a transferência da aprendizagem. Idealmente, as tarefas de aprendizagem deveriam diferir em todas as dimensões que também variam na vida real, tais como as condições em que a tarefa é desempenhada, o modo de apresentação ou a saliência das características que a definem. Vários estudos mostraram que uma grande variabilidade em tarefas de aprendizagem produz um melhor desempenho em testes de transferência (por exemplo, Quilici e Mayer, 1996; Paas e Van Merriënboer, 1994). Van Merriënboer, Schuurman, de Croock e Paas (2002) e de Croock, van Merriënboer e Paas (1998) estudaram a interferência contextual, que é um tipo especial de variabilidade que se refere à forma como as diferenças entre tarefas se dividem em tarefas de aquisição. Suponhamos que os alunos aprendem a diagnosticar três tipos de erro: A, B e C. Pode produzir-se uma baixa interferência contextual com um esquema de prática por blocos, em que as competências necessárias para o diagnóstico de um tipo de erro são treinadas antes de se prosseguir para outro tipo de erro (por exemplo, AAA, BBB, CCC.) Pode produzir-se uma elevada interferência contextual por um esquema de prática aleatório, no qual os diferentes erros estão organizados aleatoriamente (por exemplo, CABBCABAC). Uma interferência contextual elevada impede um domínio rápido e fácil das competências que estão a ser adquiridas, mas produz desempenhos melhores em testes de transferência porque os alunos estão encorajados a construir esquemas cognitivos universais. O modelo 4C/ID toma em conta o princípio da variabilidade e sugere que, em *cada* classe de tarefas, se incluam tarefas de aprendizagem que mostrem elevadas variabilidade e interferência contextual. Estudos de investigação de Gerjets, Scheiter

e Catrambone (2004) parecem, no entanto, sugerir que a transferência ideal nem sempre requer uma elevada variabilidade das tarefas de aprendizagem em cada classe de tarefas, desde que essa variabilidade seja suficientemente elevada entre as tarefas de *todo o conjunto* de classes de tarefas (isto é, no conjunto do programa de formação).

*Princípio da individualização.* Estudos recentes mostram que os sistemas de formação adaptativos, que seleccionam dinamicamente as tarefas de aprendizagem com base nas características de cada aluno, produzem melhores resultados de transferência do que os sistemas de formação não adaptativos, que apresentam uma sequência fixa de tarefas idêntica para todos os alunos (Salden, Pass e van Merriënboer, 2004). Nestes sistemas adaptativos, a selecção dinâmica da tarefa de aprendizagem seguinte é baseada no desempenho (isto é, na exactidão e/ou velocidade), mas também pode basear-se no esforço mental investido no desempenho da(s) tarefa(s) anterior(es), numa combinação de desempenho e esforço mental (consultar, por exemplo, Camp, Paas, Rikers e van Merriënboer, 2001; Kalyuga e Sweller, 2005; Salden, Paas, Broers e van Merriënboer, 2004), ou num modelo qualitativo do aluno (por exemplo, van Merriënboer e Luursema, 1996). O princípio da individualização toma em conta as diferenças entre os alunos ao seleccionar as tarefas de aprendizagem de forma que a dificuldade da tarefa e/ou o nível de apoio disponível seja adequado ao aluno. Isto aplica-se perfeitamente ao modelo 4C/ID. Para cada tarefa de aprendizagem, o desempenho tem de ser avaliado para que os alunos recebam *feedback* cognitivo (Straetmans, Sluismans, Bolhuis e van Merriënboer, 2003). Esta informação de avaliação também pode ser utilizada para seleccionar uma nova tarefa: se o desempenho for fraco, selecciona-se uma tarefa equivalente da mesma classe de tarefas com maior apoio ou, na pior das hipóteses, uma tarefa

mais fácil de uma classe de tarefas anterior. Se o desempenho for elevado, selecciona-se uma tarefa equivalente da mesma classe com menor apoio ou, se todos os critérios de desempenho forem satisfeitos, o aluno avança para a classe de tarefas seguinte, da qual é seleccionada uma tarefa mais difícil com um nível de apoio elevado.

*Princípio das «rodas de apoio».* Mesmo o desempenho de tarefas de aprendizagem relativamente fáceis num ambiente de baixa fidelidade é difícil para alunos novos, pois continuam a ser tarefas «integrals» que requerem a coordenação de muitas competências constituintes diferentes. Uma forma de auxiliar os alunos é fornecendo-lhes exemplos que mostrem um especialista a desempenhar a tarefa (Van Gog, Paas e Van Merriënboer, 2004) ou dar-lhes fichas de trabalho que coloquem questões que os guiem passo a passo na resolução de problemas ou no processo de raciocínio (por exemplo, Nadolski, Kirschner, Van Merriënboer e Hummel, 2001). Contudo, um potencial inconveniente destes métodos é que os alunos devem dividir a sua atenção entre a tarefa e o apoio, o que pode afectar a sua aprendizagem negativamente (Van Merriënboer, Kirschner e Kester, 2003). Uma forma adicional de ajudar os alunos é *restringir* o seu desempenho, isto é, assegurar que não podem desempenhar acções que não sejam necessárias para atingir os objectivos do desempenho. Uma metáfora para estas restrições ao desempenho é a das rodas de apoio das bicicletas das crianças, que as impedem de cair (Carroll, 2000). Dufresne, Gerace, Thibodeau-Hardiman e Mestre (1992) estudaram o princípio das «rodas de apoio» numa tarefa de resolução de problemas de Física. O desempenho dos alunos foi restringido de tal forma que tiveram de reproduzir a abordagem de um especialista à resolução do problema, o que teve efeitos positivos no seu desempenho em testes de transferência. Noutro estudo,

Leutner (2000) também encontrou os efeitos positivos das «rodas de apoio» no desempenho dos testes, mas mostrou que um número demasiado elevado ou reduzido de restrições poderia causar efeitos subóptimos na aprendizagem. O modelo 4C/ID inclui o princípio das «rodas de apoio» como forma de diminuir as orientações para as tarefas de aprendizagem numa classe de tarefas. Embora as tarefas de aprendizagem na mesma classe de tarefas sejam igualmente difíceis, começam por ter fortes linhas de orientação, que vão diminuindo gradualmente à medida que as competências vão aumentando.

*Princípio da estratégia de conclusão.* Em contraste com o princípio das «rodas de apoio», que incide sobre as linhas de orientação ou o *apoio processual*, o princípio da estratégia de conclusão incide sobre o apoio implícito na descrição da tarefa. A estratégia de conclusão (Van Merriënboer, 1990; Van Merriënboer e De Croock, 1992) começa com exemplos resolvidos que têm de ser estudados pelos alunos, continua com tarefas a completar que apresentam soluções parciais que têm de ser completadas pelos alunos e termina com tarefas convencionais para as quais os alunos têm de gerar soluções integrais. Vários estudos indicam que os alunos novos aprendem mais a partir de exemplos resolvidos (para um resumo destas teorias, consultar Atkinson, Derry, Renkl e Wortham, 2000) ou do desempenho de tarefas a completar que lhes exigem a conclusão das soluções parciais apresentadas (para um resumo destas teorias, consultar Sweller, Van Merriënboer e Paas, 1998) do que a partir da resolução de problemas convencionais equivalentes. Além disso, Kalyuga, Chandler, Tuovinen e Sweller (2001) e Tuovinen e Sweller (1999) verificaram que este efeito se inverte para alunos mais experientes, sendo um exemplo do «efeito de reversão do conhecimento especializado» (Kalyuga, Ayres e Chandler, 2003). Assim, os

novos alunos beneficiam mais com o estudo de exercícios resolvidos, mas os alunos experientes beneficiam mais com a resolução de problemas convencionais equivalentes. A estratégia de conclusão integra as descobertas do efeito de reversão do conhecimento especializado e provou ser eficaz na facilitação da transferência de conhecimentos (Renkl e Atkinson, 2003; Renkl, Atkinson e Grosse, 2004). O modelo 4C/ID inclui o princípio da estratégia de conclusão como forma de diminuir o apoio para as tarefas de aprendizagem numa classe de tarefas. No início de cada classe de tarefas, pode ser fornecido um apoio elevado através de exercícios resolvidos. Depois, esse apoio diminui progressivamente através de tarefas a completar que obrigam os alunos a criar partes da solução cada vez maiores. Por fim, as tarefas convencionais não prestam apoio algum.

### Informação de Apoio e Aprendizagem em Hipermedia

A informação de apoio procura principalmente a construção de esquemas através da elaboração, ou seja, ligando a informação nova ao conhecimento que já existe na memória a longo prazo. Os meios tradicionais para a informação de apoio são os manuais, os professores e as tarefas da vida real. Os manuais contêm uma descrição da «teoria», ou seja, os modelos de domínio que caracterizam um campo de estudo e, embora muitas vezes de menor dimensão, as SAP que podem ajudar a resolver problemas e a desempenhar tarefas não triviais do domínio. Geralmente, os professores discutem os aspectos principais da teoria (aulas expositivas), demonstram ou fornecem modelos especializados de SAP e fornecem *feedback* cognitivo sobre o desempenho dos alunos. As tarefas da vida real ou descrições de entidades reais («estudos de caso») são utilizados para ilustrar a teoria. Os hipermedia

e os sistemas de hipertexto podem assumir (algumas de) estas funções. Podem apresentar modelos teóricos e casos concretos que ilustrem esses modelos de modo altamente interactivo e podem explicar abordagens à resolução de problemas e ilustrá-las através de, por exemplo, modelos especializados em vídeo. Tal como foi indicado acima, é essencial que os alunos elaborem e processem esta informação profundamente. Por um lado, os hipermedia podem ajudar a alcançar este objectivo, porque a sua estrutura reflecte a forma como o conhecimento humano está organizado em elementos (designados *nodes* – nós) e nas relações não arbitrarias entre esses elementos (*links* – ligações). Mas, por outro lado, é igualmente importante promover um processamento profundo, fazendo perguntas, estimulando a reflexão e promovendo a discussão. Os princípios 7 a 9 da Tabela 1 resumem os principais princípios multimedia que devem ser considerados nos sistemas hipermedia e fornecem ilustrações da sua aplicação.

*Princípio da redundância.* Este princípio indica que a apresentação de informação redundante tem geralmente um efeito negativo na aprendizagem (para um resumo destas teorias, consultar Sweller, van Merriënboer e Paas, 1998). É um princípio contra-intuitivo, porque a maioria das pessoas pensa que a apresentação da mesma informação, de forma ligeiramente diferente, terá um efeito neutro ou até positivo sobre a aprendizagem. Os alunos têm, contudo, de descobrir que a informação a partir de diferentes fontes é redundante, o que é um processo cognitivamente exigente que não contribui para a aprendizagem significativa. Em estudos recentes, Mayer, Heiser e Lonn (2001), Moreno e Mayer (2002) e Leahy, Chandler e Sweller (2003) apresentaram informação visual aos alunos (por exemplo, uma animação) e uma narração simultânea que explicava a informação visual. Essa narração

simultânea foi acompanhada por um texto apresentado no ecrã que, por ser redundante, teve efeitos negativos na aprendizagem. Kalyuga, Chandler e Sweller (2000) relacionaram o princípio da redundância ao efeito de reversão do conhecimento especializado. Verificaram que a informação útil aos alunos novos é prejudicial a alunos mais experientes, por ser redundante relativamente ao que eles já sabem. O modelo 4C/ID relaciona a descoberta de que a apresentação de informação redundante pode dificultar seriamente a aprendizagem com a distribuição de informação de apoio nas classes de tarefas. A informação de apoio para cada classe de tarefas nova é sempre um suplemento ou um aperfeiçoamento da informação apresentada para as classes de tarefa anteriores. Embora a relação conceptual entre a informação nova e a informação prévia possa ser mostrada aos alunos, é importante *não* repetir a informação das classes de tarefas anteriores para evitar os efeitos negativos da redundância.

*Princípio da auto-explicação.* Salomon (1998) discutiu o chamado «defeito de borboleta» no hipermédia e na aprendizagem através da Internet: «... toca, mas não toques e passa à frente para perceberes o que é.» A multimédia pode funcionar como uma possibilidade de relaxamento (por exemplo, vendo televisão) – embora, para que a aprendizagem seja significativa, esses meios devam estar associados a um processamento profundo e convidar os alunos a «auto-explicarem» a informação. Renkl (1999) introduziu o princípio da auto-explicação no contexto da aprendizagem através de exercícios resolvidos. O grau de auto-explicação dos alunos sobre os passos da solução de exemplos resolvidos é um bom indício dos resultados da aprendizagem. Pedir directamente aos alunos que elaborassem uma auto-explicação teve efeitos benéficos para a transferência. Obtiveram-se resultados mais

fortes para a facilitação da transferência através da auto-explicação num estudo com a estratégia de conclusão (Atkinson, Renkl e Merrill, 2003). Neste estudo, os pedidos feitos aos alunos serviram para os encorajar a identificar os princípios subjacentes ilustrados nos passos das soluções apresentadas, o que teve efeitos benéficos no desempenho em testes de transferência. Obtiveram-se resultados semelhantes num estudo de Mayer, Dow e Mayer (2003), que descobriram efeitos positivos sobre a aprendizagem através de pré-questões para guiar a auto-explicação. Alevén e Koedinger (2002) verificaram que a transferência melhorava com a utilização de um tutor cognitivo para guiar a auto-explicação num contexto de sala de aula. Moreno e Valdez (2005) verificaram efeitos positivos sobre a transferência em função do adiamento do *feedback*, para que os alunos avaliassem as suas próprias acções. Na apresentação da informação de apoio, o modelo 4C/ID salienta a importância dos métodos educacionais que promovem a elaboração e a construção de esquemas. Estimular a auto-explicação dos modelos de domínio e das SAP, bem como ilustrar esses modelos através de estudos de caso e exemplos-modelo, é um método educativo particularmente importante para alcançar este objectivo.

*Princípio do ritmo próprio.* O princípio do ritmo próprio indica que dar aos alunos o controlo sobre o ritmo da aprendizagem pode facilitar a elaboração e o processamento profundo de informação. A elaboração é um processo que requer esforço e tempo e, em particular, informação transitória ou contínua (vídeo, animação dinâmica, etc.) pode retirar aos alunos tempo para este tipo de processamento. Mayer e Moreno (2003) referem que o desempenho nos testes de transferência é melhor se a informação for apresentada em segmentos controlados pelos alunos e não como uma unidade contínua, o que constitui um exemplo



do princípio do ritmo próprio que designaram de «efeito de segmentação». Numa experiência realizada por Mayer e Chandler (2001), os alunos que controlaram o ritmo de uma animação com narração tiveram melhores resultados em testes de transferência do que os alunos que receberam a mesma animação com narração a uma velocidade normal sem nenhum controlo da parte deles. Tabbers (2002) obteve os mesmos resultados com diagramas acompanhados de texto visual: a apresentação dos textos educacionais a uma velocidade controlada pelos alunos originou um melhor desempenho em testes de transferência do que quando o sistema controlava os textos. No modelo 4C/ID, a informação contínua refere-se muitas vezes a estudos de caso (por exemplo, uma animação a ilustrar um modelo de domínio dinâmico específico) e a exemplos-modelo (por exemplo, um vídeo de um especialista a demonstrar um processo de resolução de problemas.) Para este tipo de apresentação de informação multimédia, é importante dar aos alunos controlo sobre o ritmo a que a informação lhes é apresentada. O princípio do ritmo próprio permite-lhes fazer uma pausa e reflectir sobre a nova informação, de modo que a associem a estruturas cognitivas já existentes.

### **Informação Processual e Sistemas Electrónicos de Apoio ao Desempenho**

O objectivo da informação processual é a automatização de esquemas através da compilação de conhecimentos. Os meios tradicionais para a informação processual são o professor e todos os tipos de recursos de apoio ao trabalho e à aprendizagem. O papel do professor é andar pela sala de aula, pelo laboratório ou pelo local de trabalho e espreitar sobre o ombro dos alunos (o professor é designado de *Aloys* – Assistant

Looking Over Your Shoulder, ou seja, o assistente que espreita sobre o seu ombro) dando, depois, orientações sobre como desempenhar os aspectos de rotina das tarefas de aprendizagem (por exemplo, «Não, é assim que deve segurar no instrumento», «Agora deve seleccionar esta opção...»). Os recursos de apoio ao trabalho podem ser cartazes com os comandos de *software* mais comuns afixados na parede de uma sala de informática, guias de referência rápida junto a uma máquina ou blocos com instruções de segurança para estagiários de uma fábrica. Em ambientes de aprendizagem multimédia, estas funções são desempenhadas principalmente pelos Sistemas Electrónicos de Apoio ao Desempenho (EPSS), tais como recursos de apoio ao trabalho e sistemas de ajuda *online*, *wizards* e agentes pedagógicos (inteligentes) (Bastiaens, Nijhof, Streumer e Abma, 1997). Estes sistemas disponibilizam informação processual a pedido dos alunos (por exemplo, ajuda *on demand*) ou por iniciativa própria (por exemplo, agente pedagógico), de preferência no momento exacto em que os alunos precisam dela para trabalharem nas tarefas de aprendizagem. A Tabela 1 resume os principais princípios multimédia que devem ser tomados em conta nos EPSS (10 a 13) e fornece para cada princípio um exemplo de como poderá ser aplicado.

*Princípio da atenção dividida no tempo.* O princípio da atenção dividida no tempo indica que a aprendizagem a partir de fontes de informação que se referem mutuamente será facilitada se as fontes não estiverem temporalmente separadas umas das outras, ou seja, se forem apresentadas simultaneamente. Mayer e Moreno (2003) referiram-se a este princípio como «efeito da contiguidade temporal» e reviram vários estudos que referem melhores desempenhos em testes de transferência quando a apresentação de imagens e texto foi simultânea do que quando foi consecutiva. O mesmo se aplica à apresentação

simultânea de animação e da respectiva narração, que tem melhores resultados de transferência do que a apresentação consecutiva (Mayer e Anderson, 1991; Mayer e Anderson, 1992; Mayer e Sims, 1994; Mayer, Moreno, Boire e Vagge, 1999). No contexto do modelo 4C/ID, o princípio da atenção dividida no tempo é importante para a apresentação de informação processual, que se refere às instruções procedimentais para desempenhar os aspectos de rotina da tarefa de aprendizagem em que o aluno está a trabalhar. Se esta informação for apresentada *no momento exacto* em que o aluno precisa dela, todos os elementos necessários à compilação de conhecimentos estarão disponíveis na memória de trabalho quando a competência estiver a ser treinada. Kester, Kirschner e van Merriënboer (2003; consultar ainda Kester, Kirschner e van Merriënboer, 2004) compararam a apresentação *no momento exacto* da informação processual com um formato de atenção dividida (isto é, primeiro apresentar a informação e depois treinar a tarefa) e verificaram que a apresentação simultânea tinha efeitos benéficos no desempenho em testes de transferência.

*Princípio da atenção dividida no espaço.* O princípio da atenção dividida no espaço, também designado por «efeito da contiguidade espacial» (Mayer e Moreno, 2003), refere-se à descoberta de melhorias no desempenho em testes de transferência quando as informações de fontes que se referem mutuamente são integradas fisicamente no espaço umas das outras. Realizaram-se amplas investigações que confirmaram os efeitos benéficos da integração de imagens com texto explicativo: o texto referente à imagem é dividido em segmentos mais pequenos para que o segmento que se refere a uma parte específica da figura possa ser associado a essa parte ou incluído na própria imagem (por exemplo, Chandler e Sweller, 1991; Chandler e Sweller, 1992; Kalyuga, Chandler

e Sweller, 1999). No contexto do modelo 4C/ID, Kester, Kirschner e van Merriënboer (2005) estudaram a integração de informação processual num ambiente de tarefa, para ficar fisicamente integrada com as tarefas de aprendizagem trabalhadas pelos alunos. Mais especificamente, integraram a informação processual em circuitos electrónicos com problemas que os alunos tiveram de resolver. Esta experiência resultou em desempenhos superiores nos testes de transferência, o que reforça a teoria de Cerpa, Chandler e Sweller (1996), que demonstrou que os alunos com acesso a uma aplicação informática aprendem melhor se todo o material for apresentado no ecrã, em vez de terem um manual e um computador no qual trabalham. A combinação de ambas as fontes evita uma divisão da atenção no espaço entre o ambiente de tarefa (isto é, o ecrã do computador) e a informação processual do manual (consultar Sweller e Chandler, 1994; Chandler e Sweller, 1996). Em geral, a informação processual deve, assim, ser apresentada de forma que optimize a sua integração com as tarefas de aprendizagem e o ambiente de tarefa.

*Princípio da sinalização.* O princípio da sinalização, ou princípio do enfoque da atenção, indica que a aprendizagem pode ser melhorada se a atenção do aluno estiver focada nos aspectos críticos da tarefa de aprendizagem ou da informação apresentada. Reduz a necessidade de pesquisa visual e, assim, liberta os recursos cognitivos que podem ser dedicados à construção e automatização de esquemas, com efeitos positivos no desempenho em testes de transferência. Jeung, Chandler e Sweller (1997) e Tabbers, Martens e van Merriënboer (2005) encontraram efeitos benéficos sobre a aprendizagem com a utilização síncrona de texto explicativo falado e de pistas em imagens complexas, ou seja, no momento em que parte da imagem complexa era explicada, essa parte aparecia realçada ou a cor. Kalyuga, Chandler e Sweller

(1999) verificaram efeitos positivos semelhantes na sinalização apenas com instruções visuais. Além disso, *Mautone e Mayer* (2001) encontraram efeitos positivos da sinalização no desempenho em testes de transferência, quando era utilizada em textos impressos ou textos falados, bem como em textos falados com a respectiva animação. No modelo 4C/ID, a sinalização é particularmente importante se a informação processual estiver relacionada com os aspectos de rotina do desempenho de tarefas. Por exemplo, se um professor ensina a um aluno a operar um equipamento, é útil que aponte os componentes que precisam de ser controlados, e se se utilizar um exemplo com base num vídeo para demonstrar certos aspectos de rotina do desempenho, é útil focar a atenção do aluno através da sinalização desses aspectos (por exemplo, fazendo a luz incidir sobre os movimentos das mãos).

*Princípio da modalidade.* O princípio da modalidade indica que as técnicas de apresentação de modalidade dupla que utilizam textos auditivos ou narrados para explicar diagramas, animações ou demonstrações visuais resultam numa melhor aprendizagem do que as apresentações de modalidade única, que utilizam apenas informação visual. *Moreno e Mayer* (1999) e *Tindall-Ford, Chandler e Sweller* (1997) apresentaram resultados que fornecem apoio empírico para o princípio da modalidade. O efeito positivo da apresentação de modalidade dupla é geralmente atribuído a uma expansão da capacidade efectiva da memória de trabalho, porque nas apresentações de modalidade dupla podem ser utilizados os subsistemas áudio e visual da memória de trabalho, em vez de apenas um deles. Esta hipótese foi confirmada por *Tabbers, Martens e Van Merriënboer* (2001), que reportaram um menor esforço mental em alunos que estudaram diagramas complexos explicados através de texto falado, relativamente a alunos que estudaram

os mesmos diagramas com texto visual. No que concerne ao modelo 4C/ID, a informação processual que especifica, *no momento exacto*, a forma de executar aspectos de rotina das tarefas de aprendizagem deve ser preferencialmente dita por um professor ou outro agente pedagógico a ser apresentada visualmente.

### Prática de Tarefas por Partes e Programas CBT com Exercícios de Repetição

Relativamente ao quarto componente, a prática de tarefas por partes procura a automatização de esquemas através da consolidação. Em particular para este componente, o computador tem sido uma mais-valia nas últimas décadas. Os programas CBT com exercícios práticos de repetição são, sem dúvida, o tipo de *software* educacional com mais êxito. O computador é, por vezes, usado em excesso para exercícios práticos, mas a maioria dos críticos parece não perceber bem qual o objectivo deste método. Fazem distinção entre os CBT com exercícios práticos de repetição e o *software* educacional que se foca em tarefas de aprendizagem ricas e autênticas. Mas, de acordo com o modelo 4C/ID, os exercícios práticos de repetição nunca irão substituir a prática significativa das tarefas integrais. Complementam apenas o trabalho dos alunos nas tarefas de aprendizagem ricas e aplicam-se *apenas* quando as tarefas de aprendizagem não fornecem prática suficiente para alcançar o nível desejado de automaticidade para os aspectos de rotina seleccionados. Se essa prática de tarefas por partes é necessária, o computador é talvez o meio mais adequado, porque pode tornar os exercícios práticos de repetição eficazes e apelativos, dando apoio processual, diminuindo o tempo simulado para permitir a realização de mais exercícios em tempo real, dando conhecimento dos resultados e

*feedback* imediato de erros e utilizando múltiplas representações, elementos de jogo, efeitos de som, etc. A Tabela 1 mostra um exemplo da aplicação do princípio da fluência de componentes (14), ou seja, o princípio multimédia mais importante em programas CBT de exercícios práticos de repetição.

*Princípio da fluência de componentes.* O princípio da fluência de componentes indica que os exercícios práticos de repetição num ou mais aspectos de rotina de uma tarefa podem ter efeitos positivos na aprendizagem e no desempenho da tarefa integral. A consolidação dos conhecimentos pode produzir um nível elevado de automaticidade para os aspectos de rotina, libertando a capacidade cognitiva, pois uma vez automatizados, já não precisam de recursos para o processamento consciente. Consequentemente, toda a capacidade cognitiva disponível pode ser dedicada a aspectos que não sejam de rotina e aos aspectos relativos à resolução de problemas e ao raciocínio do desempenho integral de tarefas. Carlson, Sullivan e Schneider (1989) e Carlson, Khoo e Elliot (1990) provaram o princípio da fluência de componente, mas *apenas* quando a prática de tarefas por partes aconteceu depois de a tarefa integral ter sido apresentada aos alunos, ou seja, quando foi fornecido um «contexto cognitivo» apropriado. Por essa razão, o modelo 4C/ID está reservado à aplicação de prática de tarefas por partes e, se realmente utilizado, sugere a introdução da prática de tarefas por partes para determinados aspectos de rotina apenas *depois* de estes aspectos terem sido apresentados aos alunos no contexto das tarefas de aprendizagem integrais. Só então os alunos estão capazes de identificar quais as actividades que requerem a integração de rotinas nas tarefas integrais.

## Discussão

O modelo 4C/ID fornece linhas de orientação para o *design* de ambientes de aprendizagem complexa, ou seja, onde interessa a integração do conhecimento, as competências e atitudes, a capacidade de coordenar qualitativamente diferentes competências constituintes e a transferência do que se aprendeu para situações da vida real. Este modelo foi elaborado para o *design* de ambientes de aprendizagem multimédia. Tais aplicações são geralmente construídas em torno de um ambiente simulado que oferece a oportunidade de desempenhar tarefas de aprendizagem (componente 1). Podem ainda conter hiper-média que permitem aos alunos estudarem activamente a informação de apoio (componente 2), EPSS com informação processual que especifica como desempenhar aspectos de rotina de tarefas complexas (componente 3) e, por fim, programas CBT com exercícios práticos de repetição que fornecem oportunidades de consolidar determinados aspectos de rotina que têm de ser desempenhados com um elevado nível de automaticidade após a formação (componente 4). Cada um destes quatro componentes está relacionado com outro conjunto de princípios multimédia proeminentes.

Relativamente ao *design* educacional e, em particular, às teorias ao nível do *design* da mensagem, as contribuições do modelo 3C/ID são mais directas. Os modelos de *design* tradicionais analisam um domínio da aprendizagem em termos de objectivos distintos da aprendizagem. Uma premissa comum é que diferentes objectivos podem ser alcançados com mais êxito através da aplicação de determinados princípios educacionais (as «condições da aprendizagem») (Gagné, 1985). Os princípios ideais são escolhidos para desenhar a «mensagem» para cada objectivo, os objectivos são ensinados um a um e o objectivo educacional geral pode ser alcançado depois de todas as mensagens terem sido



transmitidas. Nos inícios da década de 1990, alguns autores no campo do *design* educacional começaram a questionar o valor desta abordagem porque produz instruções que são fragmentadas e graduais (por exemplo, Gagné e Merrill, 1990). No que diz respeito às tarefas da vida real, há muitas interações entre os diferentes aspectos do desempenho de tarefas e os respectivos objectivos. Os objectivos integrados não devem apenas dirigir-se à capacidade de desempenhar cada aspecto de uma tarefa complexa individualmente. Devem também tomar atenção à capacidade de *coordenar* esses diferentes aspectos no desempenho de tarefas da vida real. Um contributo importante do modelo 4C/ID é o fornecimento de uma metodologia de tarefas integrais que lida com esses objectivos integrados. Ao mesmo tempo, os quatro componentes fornecem um quadro organizado de métodos educacionais, incluindo os princípios multimédia (consultar a Tabela 1). Pelo menos, o modelo 4C/ID indica aos *designers* quais as condições e quais os componentes de um ambiente de aprendizagem a ter em conta para analisar os princípios multimédia.

O quadro discutido neste capítulo tem algumas limitações. Primeiro, o modelo 4C/ID pode ser utilizado para desenhar ambientes de aprendizagem multimédia, mas se isto é desejado numa determinada situação é outra questão. São muitos os factores que determinam a selecção dos meios no *design* educacional, incluindo as *restrições* (por exemplo, mão-de-obra, equipamento, tempo, dinheiro), as *exigências das tarefas* (por exemplo, atributos necessários para desempenhar as tarefas de aprendizagem e as opções de resposta exigida aos alunos) e as *características do grupo alvo* (tamanho do grupo, conhecimentos informáticos, deficiências). O modelo 4C/ID não fornece linhas de orientação para este processo de selecção de meios. Em segundo lugar, quando colocado no modelo geral ADDIE (Análise, *Design*, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação), o modelo 4C/ID centra-se em

actividades de *design* e análise, mas não fornece linhas de orientação específicas para o desenvolvimento, produção e construção de materiais multimédia nem para a sua aplicação e avaliação. E terceiro, embora tenhamos focado a nossa discussão nos princípios multimédia mais preeminentes para cada um dos quatro componentes, isso não implica que estes princípios não possam ser importantes para outros componentes.

Por exemplo, o princípio da fidelidade é particularmente importante para sequenciar as tarefas de aprendizagem, desde trabalhar em ambientes de baixa fidelidade a trabalhar em ambientes de elevada fidelidade, mas também pode ser relevante para os outros três componentes que, afinal, também determinam aspectos do ambiente de aprendizagem. Da mesma forma, o princípio das «rodas de apoio» e o da individualização não são exclusivamente úteis para o *design* de tarefas de aprendizagem, mas podem também ser aplicados para diminuir gradualmente as restrições de aprendizagem e para controlar o progresso dos alunos durante a prática de tarefas por partes. O princípio do ritmo próprio é particularmente importante para o *design* da informação de apoio, mas pode igualmente ser útil à apresentação da informação processual (por exemplo, dar aos alunos controlo sobre o ritmo de uma demonstração, para que possam vê-la passo a passo, é mais eficaz do que apresentar as demonstrações num vídeo contínuo). Por fim, os princípios da atenção dividida, da sinalização e da modalidade são particularmente importantes para a apresentação da informação processual, por esta ser geralmente apresentada enquanto os alunos trabalham nas tarefas de aprendizagem, mas estes princípios podem ser igualmente relevantes para o *design* de segmentos complexos da informação de apoio.

Em conclusão, o conhecimento psicológico de como as pessoas aprendem com multimédia tem crescido rapidamente e muitas descobertas da teoria cognitiva têm sido integradas em teorias educacionais

que contribuem com linhas de orientação úteis para o *design* de mensagens educacionais. Sabe-se menos sobre como aplicar estas linhas de orientação em ambientes de aprendizagem complexa que tentam alcançar objectivos de aprendizagem integrada, com recurso a uma mistura de meios educacionais tradicionais e novos. A investigação futura deverá identificar as condições da vida real em que determinados princípios funcionam ou falham e deverão, essencialmente, desenvolver princípios de elevado nível que auxiliem os designers a aumentar o *design* multimédia do nível de *design* de mensagens para o nível de *design* do curso. Neste último, deverá haver ligação entre os ambientes de tarefa simulados, o hipermédia, os EPSS, os programas CBT com exercícios práticos de repetição e outros meios (tradicionais). As investigações futuras deverão também ter em consideração que os sistemas avançados de multimédia em rede permitem que as pessoas aprendam de formas que eram inconcebíveis no passado. Para que exista progresso científico na área da aprendizagem multimédia, deveremos estudar o modo como os bons princípios de aprendizagem antigos inspiram o *design* de artefactos e como os princípios implícitos do *design* em artefactos tecnológicos avançados afectam a forma de aprendizagem das pessoas.

## Referências Bibliográficas

- Aleven, V. A. W. M. M. e Koedinger, K. R. (2002). «An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based cognitive tutor», in *Cognitive Science*, 26, 147-149.
- Anderson, J. R. (1993). *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Anderson, J. R. e Lebiere, C. (1998). *The atomic components of thought*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A. e Wortham, D. (2000). «Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research», in *Review of Educational Research*, 70, 181-214.
- Atkinson, R. K., Renkl, A. e Merrill, M. M. (2003). «Transitioning from studying examples to solving problems: Effects of self-explanation prompts and fading worked-out steps», in *Journal of Educational Psychology*, 95, 774-783.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. in *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. D. (1997). *Human memory: Theory and practice* (Rev. Ed.). Hove, UK: Psychology Press.
- Bastiaens, Th., Nijhof, W. J., Streumer, J. N. e Abma, H. J. (1997). «Working and learning with electronic performance support systems: An effectiveness study», in *Training for Quality*, 5(1), 10-18.
- Camp, G., Paas, F., Rikers, R. e van Merriënboer, J. J. G. (2001). «Dynamic problem selection in air traffic control training: A comparison between performance, mental effort and mental efficiency», in *Computers in Human Behavior*, 17, 575-595.
- Carlson, R. A., Khoo, H. e Elliot, R. G. (1990). «Component practice and exposure to a problem-solving context», in *Human Factors*, 32, 267-286.
- Carlson, R. A., Sullivan, M. A. e Schneider, W. (1989). «Component fluency in a problem solving context», in *Human Factors*, 31, 489-502.
- Carroll, J. M. (2000). *Making use: Scenario-based design of human-computer interactions*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Cerpa, N., Chandler, P. e Sweller, J. (1996). «Some conditions under which integrated computer-based training software can facilitate learning», in *Journal of Educational Computing Research*, 15, 345-367.

- Chandler, P. e Sweller, J. (1991). «Cognitive load theory and the format of instruction», in *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- Chandler, P. e Sweller, J. (1992). «The split attention effect as a factor in the design of instruction», in *British Journal of Educational Psychology*, 62, 233-246.
- Chandler, P. e Sweller, J. (1996). «Cognitive load while learning to use a computer program», in *Applied Cognitive Psychology*, 10, 151-170.
- Clark, J. M. e Paivio, A. (1991). «Dual coding theory and education», in *Educational Psychology Review*, 3, 149-210.
- Clarke, T., Ayres, P. e Sweller, J. (2005). «The impact of sequencing and prior knowledge on learning mathematics through spreadsheet applications», in *Educational Technology, Research and Development*.
- De Croock, M. B. M., van Merriënboer, J. J. G. e Paas, F. (1998). «High versus low contextual interference in simulation-based training of troubleshooting skills: Effects on transfer performance and invested mental effort», in *Computers in Human Behavior*, 14, 249-267.
- Dufresne, R. J., Gerace, W. J., Thibodeau-Hardiman, P. e Mestre, J. P. (1992). «Constraining novices to perform expertlike problem analyses: Effects on schema acquisition», in *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 307-331.
- Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning* (4th Ed.). Nova Iorque: Holt, Rinehart and Winston.
- Gagné, R. M. e Merrill, M. D. (1990). «Integrative goals for instructional design», in *Educational Technology, Research and Development*, 38, 23-30.
- Gerjets, P., Scheiter, K. e Catrambone, R. (2004). «Designing instructional examples to reduce intrinsic cognitive load: Molar versus modular presentation of solution procedures», in *Instructional Science*, 32, 33-58.
- Gulikers, J. T. M., Bastiaens, Th. J. e Martens, R. L. (2005). «The surplus value of an authentic learning environment», in *Computers in Human Behavior*.
- Harp, S. F. e Mayer, R. E. (1998). «How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning», in *Journal of Educational Psychology*, 90, 414-434.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E. e Thagard, P. R. (Eds.) (1989). *Induction: Processes of inference, learning, and discovery*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Jeung, H., Chandler, P. e Sweller, J. (1997). «The role of visual indicators in dual sensory mode instruction», in *Educational Psychology*, 17, 329-343.
- Kalyuga, S. e Sweller, J. (2005). «Rapid dynamic assessment of expertise to improve the efficiency of adaptive e-learning», in *Educational Technology, Research and Development*.
- Kalyuga, S., Ayres, P. e Chandler, P. (2003). «The expertise reversal effect», in *Educational Psychologist*, 38, 23-31.
- Kalyuga, S., Chandler, P. e Sweller, J. (1999). «Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction», in *Applied Cognitive Psychology*, 13, 351-371.
- Kalyuga, S., Chandler, P. e Sweller, J. (2000). «Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction.» in *Journal of Educational Psychology*, 92, 126-136.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J. e Sweller, J. (2001). «When problem solving is superior to studying worked examples», in *Journal of Educational Psychology*, 93, 579-588.
- Kester, L., Kirschner, P. A. e van Merriënboer, J. J. G. (2003). «Information presentation and troubleshooting in electrical circuits», in *International Journal of Science Education*, 26, 239-256.
- Kester, L., Kirschner, P. A. e van Merriënboer, J. J. G. (a 2004). «Timing of information presentation in learning statistics», in *Instructional Science*.
- Kester, L., Kirschner, P. A. e van Merriënboer, J. J. G. (a 2005). «The management of cognitive load during complex cognitive skill acquisition by means of computer simulated problem solving», in *British Journal of Educational Psychology*.
- Leahy, W., Chandler, P. e Sweller, J. (2003). «When auditory presentations should and should not be a component of multimedia instruction», in *Applied Cognitive Psychology*, 17, 401-418.
- Leutner, D. (2000). «Double-fading support – a training approach to complex software systems», in *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, 347-357.
- Maran, N. J. e Glavin, R. J. (2003). «Low to high fidelity simulation: A continuum of medical education?», in *Medical Education*, 37(1), 22-28.
- Mautone, P. D. e Mayer, R. E. (2001). «Signaling as a cognitive guide in multimedia learning», in *Journal of Educational Psychology*, 93, 377-389.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Nova Iorque: Cambridge University Press.

- Mayer, R. E. e Anderson, R. B. (1991). «Animations need narrations: an experimental test of a dual-coding hypothesis», in *Journal of Educational Psychology*, 83, 484-490.
- Mayer, R. E. e Anderson, R. B. (1992). «The instructive animation: helping students build connections between words and pictures in multimedia learning», in *Journal of Educational Psychology*, 84, 444-452.
- Mayer, R. E. e Chandler, P. (2001). «When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages?», in *Journal of Experimental Psychology*, 93, 390-397.
- Mayer, R. E. e Moreno, R. (2003). «Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning», in *Educational Psychologist*, 38, 43-52.
- Mayer, R. E. e Sims, V. K. (1994). «For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning», in *Journal of Educational Psychology*, 86, 389-401.
- Mayer, R. E., Dow, G. T. e Mayer, S. (2003). «Multimedia learning in an interactive self-explaining environment: What works in the design of agent-based micro-worlds?», in *Journal of Educational Psychology*, 95, 806-812.
- Mayer, R. E., Heiser, J. e Lonn, S. (2001). «Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding», in *Journal of Experimental Psychology*, 93, 187-198.
- Mayer, R. E., Matthias, A. e Wetzell, K. (2002). «Fostering understanding of multimedia messages through pre-training: Evidence for a two-stage theory of mental model construction», in *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8, 147-154.
- Mayer, R. E., Moreno, R., Boire, M. e Vagge, S. (1999). «Maximizing constructivist learning from multimedia communications by minimizing cognitive load», in *Journal of Educational Psychology*, 91, 638-643.
- Merrill, M. D. (2002). «First principles of instruction», in *Educational Technology, Research and Development*, 50, 43-59.
- Moreno, R. e Mayer, R. E. (1999). «Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity», in *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368.
- Moreno, R. e Mayer, R. E. (2000). «A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages», in *Journal of Experimental Psychology*, 94, 117-125.

- Moreno, R. e Mayer, R. E. (2002). «Verbal redundancy in multimedia learning: When reading helps listening», in *Journal of Educational Psychology*, 94, 156-163.
- Moreno, R. e Valdez, F. (2005). «Cognitive load and learning effects of having students organize pictures and words in multimedia environments: The role of student interactivity and feedback», in *Educational Technology, Research and Development*.
- Nadolski, R. J., Kirschner, P. A., van Merriënboer, J. J. G. e Hummel (2001). «A model for optimizing step size of learning tasks in competency-based multimedia practicals», in *Educational Technology, Research & Development*, 49, 87-103.
- Paas, F. e van Merriënboer, J. J. G. (1994). «Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach», in *Journal of Educational Psychology*, 86, 122-133.
- Paivio, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. Nova Iorque: Oxford University Press.
- Palmeri, T. J. (1999). «Theories of automaticity and the power law of practice», in *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 543-551.
- Penney, C. (1989). «Modality effects and the structure of short-term working memory», in *Memory and Cognition*, 17, 398-422.
- Perkins, D. N. e Salomon, G. (1989). «Are cognitive skills context-bound?», in *Educational Researcher*, 18, 16-25.
- Pollock, E., Chandler, P. e Sweller, J. (2002). «Assimilating complex information», in *Learning and Instruction*, 12, 61-86.
- Quilici, J. L. e Mayer, R. E. (1996). «Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems», in *Journal of Educational Psychology*, 88, 144-161.
- Renkl, A. (1999). «Learning mathematics from worked-out examples: Analyzing and fostering self-explanations», in *European Journal of Psychology of Education*, 14, 477-488.
- Renkl, A. e Atkinson, R. K. (2003). «Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective», in *Educational Psychologist*, 38, 15-22.
- Renkl, A., Atkinson, R. K. e Grosse, C. S. (2004). «How fading worked solution steps works – A cognitive load perspective», in *Instructional Science*, 32, 59-82.



- Salden, R. J. C. M., Paas, F. e van Merriënboer, J. J. G. (2006). «A comparison of approaches to learning task selection in the training of complex cognitive skills», in *Computers in Human Behavior*.
- Salden, R. J. C. M., Paas, F., Broers, N. J. e van Merriënboer, J. J. G. (2004). «Mental effort and performance as determinants for the dynamic selection of learning tasks in air traffic control training», in *Instructional Science*, 32, 153-172.
- Salomon, G. (1998). «Novel constructivist learning environments and novel technologies: Some issues to be concerned with», in *Research Dialogue in Learning and Instruction*, 1(1), 3-12.
- Straetmans, G., Sluijsmans, D. M. A., Bolhuis, B. e van Merriënboer, J. J. G. (2003). «Integratie van instructie en assessment in competentiegericht onderwijs [Integration of instruction and assessment in competence based education]», in *Tijdschrift voor Hoger Onderwijs*, 21, 171-197.
- Sweller, J. (2004). «Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture», in *Instructional Science*, 32, 9-31.
- Sweller, J. e Chandler, P. (1994). «Why some material is difficult to learn.» in *Cognition and Instruction*, 12, 185-233.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. e Paas, F. (1998). «Cognitive architecture and instructional design.» in *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Tabbers, H. K. (2002). *The modality of text in multimedia instructions. Refining the design guidelines*. Tese de doutoramento não publicada, Universidade Aberta da Holanda, Heerlen, The Netherlands.
- Tabbers, H. K., Martens, R. L. e van Merriënboer, J. J. G. (2001). «The modality effect in multimedia instructions», in J. D. Moore e K. Stenning (Eds.), *Proceedings of the twenty-third annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1024-1029). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Tabbers, H. K., Martens, R. L. e van Merriënboer, J. J. G. (2005). «Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing», in *British Journal of Educational Psychology*.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P. e Sweller, J. (1997). «When two sensory modes are better than one», in *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 257-287.

- Tuovinen, J. e Sweller, J. (1999). «A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples», in *Journal of Educational Psychology*, 91, 334-341.
- Van Gog, T., Paas, F. e van Merriënboer, J. J. G. (2004). «Process-oriented worked examples: Improving transfer performance through enhanced understanding», in *Instructional Science*, 32, 83-98.
- Van Merriënboer, J. J. G. (1990). «Strategies for programming instruction in high school: Program completion vs. program generation.» in *Journal of Educational Computing Research*, 6, 265-285.
- Van Merriënboer, J. J. G. (1997). *Training complex cognitive skills*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Van Merriënboer, J. J. G. e de Croock, M. B. M. (1992). «Strategies for computer-based programming instruction: Program completion vs. program generation», in *Journal of Educational Computing Research*, 8, 365-394.
- Van Merriënboer, J. J. G. e Luursema, J. J. (1996). «Implementing instructional models in computer-based learning environments: A case study in problem selection», in T. T. Liao (Ed.), *Advanced educational technology: Research issues and future potential* (pp. 184-206). Berlin, Germany: Springer Verlag.
- Van Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E. e de Croock, M. B. M. (2002). «Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model», in *Educational Technology, Research and Development*, 50, 39-64.
- Van Merriënboer, J. J. G., Jelsma, O. e Paas, F. (1992). «Training for reflective expertise: A four-component instructional design model for complex cognitive skills», in *Educational Technology, Research & Development*, 40, 23-43.
- Van Merriënboer, J. J. G., Schuurman, J. G., de Croock, M. B. M. e Paas, F. (2002). «Redirecting learners' attention during training: Effects on cognitive load, transfer test performance and training efficiency», in *Learning and Instruction*, 12, 11-37.
- Van Merriënboer, J. J. G., Kirschner, P. A. e Kester, L. (2003). «Taking the load of a learners' mind: Instructional design for complex learning», in *Educational Psychologist*, 38, 5-13.
- Willoughby, T., Wood, E., Desmarais, S., Sims, S. e Kalra, M. (1997). Mechanisms that facilitate the effectiveness of elaboration strategies. in *Journal of Educational Psychology*, 89, 682-685.

## Glossário

*Compilação de conhecimentos.* Categoria de processos de aprendizagem pela qual os alunos integram a informação nova em esquemas de domínios altamente específicos que direccionam o comportamento. É uma forma de automatização de esquemas, particularmente importante para a recolha de informação processual de, por exemplo, Sistemas Electrónicos de Apoio ao Desempenho (EPSS).

*Consolidação.* Categoria de processos de aprendizagem responsável pela acumulação de poder dos esquemas de domínio específicos, de cada vez que são aplicados com êxito. É uma forma de automatização de esquemas avançada particularmente importante para a aprendizagem baseada na prática de tarefas por partes com, por exemplo, a formação por computador com exercícios práticos de repetição.

*Elaboração.* Categoria de processos de aprendizagem pela qual os alunos ligam a informação nova ao conhecimento que já tinham na memória. É uma forma de construção de esquemas, particularmente importante para a aprendizagem da informação de apoio, com recurso, por exemplo, ao hipermédia.

*Indução.* Categoria de processos de aprendizagem, incluindo a generalização e a discriminação, pela qual os alunos se abstraem conscientemente das suas experiências concretas. É uma forma de construção de esquemas, particularmente importante para as tarefas de aprendizagem em ambientes de tarefa reais ou simulados.

*Informação de Apoio.* Informação relevante para aprender a resolver problemas e a raciocinar os aspectos de rotina das tarefas de aprendizagem, através da elaboração e da compreensão. Esta informação é, geralmente, apresentada antes de os alunos começarem a trabalhar nas tarefas de aprendizagem, através de um conjunto de hipermédia que realce as ligações entre segmentos de conhecimento.

*Informação Processual.* Informação relevante para aprender os aspectos de rotina das tarefas de aprendizagem através da compilação de conhecimentos. Esta informação é, geralmente, apresentada durante o desempenho de tarefas através dos Sistemas Electrónicos de Apoio ao Desempenho (EPSS).

*Prática de Tarefas por Partes.* Exercícios adicionais para treinar um aspecto de rotina específico até alcançar um nível muito elevado de automatização através da consolidação. A formação por computador com exercícios de repetição é uma forma adequada de prática de tarefas por partes.

*Princípio da atenção dividida no espaço.* Substituir as fontes de informação múltiplas (muitas vezes imagens acompanhadas por texto) por uma fonte de informação única e integrada tem efeitos positivos na compilação de conhecimentos e na transferência.

*Princípio da atenção dividida no tempo.* Apresentar fontes de informação múltiplas (por exemplo, imagens e texto que se complementam), em simultâneo e não separadamente, tem efeitos positivos na compilação de conhecimentos e na transferência.

*Princípio da auto-explicação.* Exigir aos alunos que auto-expliquem a informação nova, pedindo-lhes, por exemplo, que identifiquem os princípios subjacentes, tem efeitos positivos na aprendizagem elaborativa e na transferência.

*Princípio da estratégia de conclusão.* Sequenciar as tarefas de aprendizagem desde exercícios resolvidos que os alunos devem estudar, passando por tarefas a completar com soluções parciais que devem ser completadas, até problemas convencionais que devem ser resolvidos, tem efeitos positivos na aprendizagem indutiva e na transferência.

*Princípio da fidelidade.* Sequenciar as tarefas de aprendizagem para, em primeiro lugar, serem desempenhadas num ambiente que não pretende reproduzir um ambiente de tarefa real (isto é, de baixa fidelidade) e depois, serem desempenhadas em ambientes que se parecem cada vez mais com o ambiente real (isto é, de alta fidelidade). Tem efeitos positivos na aprendizagem indutiva e na transferência.

*Princípio da fluência de componentes.* Treinar os aspectos de rotina ou os componentes consistentes de uma tarefa até atingir um nível elevado de automaticidade, como suplemento de treinar a tarefa integral, tem efeitos positivos na aprendizagem (em particular, a consolidação) e na transferência da tarefa integral.

*Princípio da individualização.* Adaptar a dificuldade e a quantidade de apoio disponível das tarefas de aprendizagem ao nível de competência de alunos individuais tem efeitos positivos na aprendizagem indutiva e na transferência.

*Princípio da modalidade.* Substituir textos explicativos escritos e outra fonte de informação visual, tal como um diagrama (modalidade única) por textos explicativos falados e uma fonte de informação visual (modalidade múltipla) tem efeitos positivos na compilação de conhecimentos e na transferência.

*Princípio da redundância.* Substituir as múltiplas fontes de informação que são auto-suficientes (isto é, podem ser compreendidas separadamente) por uma única fonte de informação tem efeitos positivos na aprendizagem elaborativa e na transferência.

*Princípio da sequenciação.* Sequenciar as tarefas de aprendizagem de simples a complexas, em vez de as apresentar em toda a sua complexidade de uma só vez, tem efeitos positivos na aprendizagem indutiva e na transferência.

*Princípio da sinalização.* Focar a atenção dos alunos nos aspectos críticos das tarefas de aprendizagem ou na informação apresentada reduz a procura visual e tem efeitos positivos na compilação de conhecimentos e na transferência.

*Princípio da variabilidade.* Organizar as tarefas de aprendizagem de forma que difiram umas das outras nas dimensões que também diferem na vida real tem efeitos positivos na aprendizagem indutiva e na transferência.

*Princípio das «rodas de apoio».* Sequenciar as tarefas de aprendizagem para que o desempenho dos alunos seja, primeiramente, restringido (isto é, as ações não produtivas são bloqueadas) e depois perca essas restrições lentamente até não haver nenhuma tem efeitos positivos na aprendizagem indutiva e na transferência.

*Princípio do ritmo próprio.* Dar aos alunos controlo sobre o ritmo da instrução, que pode tomar a forma de informação transitória (por exemplo, animação, vídeo), tem efeitos positivos na aprendizagem elaborativa e na transferência.

*Tarefa de Aprendizagem.* Uma experiência de tarefas integrais significativa geralmente baseada em tarefas da vida real e que promove a aprendizagem indutiva. As tarefas de aprendizagem são desempenhadas em ambientes de tarefa reais ou simulados.

**Jeroen van Merriënboer** tem formação de base em psicologia experimental na Universidade VU de Amsterdão e é doutorado em Ciências da Educação pela Universidade de Twente (1990). Em 2009 juntou-se à Faculdade de Saúde, Medicina e Ciências da Vida da Universidade de Maastricht, onde rege a disciplina de Aprendizagem e Instrução. É presentemente director da Investigação em Educação (Research in Education-RiE), um programa de doutoramento e investigação na School of Health Professions Education. A sua área de especialização é a aprendizagem e instrução, particularmente o *design* da instrução e o uso de novos *media* em ambientes de aprendizagem inovadores.

QUESTÕES-CHAVE  
DA EDUCAÇÃO

# TECNOLOGIAS PARA A INCLUSÃO

Secundino Correia

# TECNOLOGIAS PARA A INCLUSÃO

Secundino Correia

Como é que estes conceitos de tecnologia e de inclusão se relacionam e se concretizam em práticas pedagógicas? Estando as escolas portuguesas «inundadas» de tecnologias, importa saber como é que elas estão efetivamente a ser utilizadas, de que forma contribuem para a melhoria do sistema de ensino e se, efetivamente, a escola é inclusiva. Os casos de sucesso do passado e do presente ajudam a entender o uso da tecnologia em contextos educativos. O envolvimento de alunos, professores, pais e decisores revela-se crucial para esse sucesso.

Quando se fala de tecnologia, fala-se de acesso e de acessibilidade, mas também de controlo (*empowerment*), apropriação e utilização crítica e criativa. São diversos os tipos de acessibilidade e imensos os recursos e avanços tecnológicos. Todos temos algum tipo de desajustamento em relação à norma, do ponto de vista social, motor, tipo de inteligência dominante, estilos preferenciais de aprendizagem, capacidades preponderantes. Uma sociedade inclusiva aposta na diversidade, valoriza as diferenças e as potencialidades de cada um. Ao conceber qualquer produto (um telemóvel, uma cadeira, um peça de *software*, uma metodologia de trabalho), deve-se pensar em todos e não apenas num padrão ou na maioria. Só desta forma surgirão produtos melhores dos quais todos seremos beneficiários.



## Contextualização

O conceito de novas tecnologias pode ser ambíguo. Mais tecnologia na escola, por si só, não significa absolutamente nada. E como convivem as novas e as antigas tecnologias? A maioria dos alunos tem no bolso tecnologias de ponta: telemóveis capazes de trocar mensagens, captar e enviar fotos e vídeos. E o que faz a escola com essas tecnologias, que estão ali à mão de semear e não lhe custaram nada? Na maior parte dos casos, proíbe o seu uso na sala de aula.

O Plano Tecnológico da Educação (PTE) conseguiu, sem dúvida, catapultar Portugal para os *rankings* mundiais mais no *hardware* por metro quadrado, no rácio alunos/*hardware* e nas infraestruturas tecnológicas que equipam as escolas. No entanto, a pergunta que importa é se o PTE contribuiu para uma escola onde se aprende mais e melhor, onde os professores utilizam estratégias adequadas, eficientes e eficazes, onde os alunos trabalham com mais afinco e onde todos se sentem parte de um projeto empolgante de que depende o futuro. Importa ainda perguntar se contribuiu para uma escola mais inclusiva, no acesso aos *media*, na sua compreensão e apropriação e na sua utilização para comunicar e produzir sentidos.

A resolução do Conselho de Ministros n.º 137/2007 afirma uma decisão firme de «colocar Portugal entre os cinco países europeus mais avançados na modernização tecnológica do ensino em 2010». Também lá está escrito: «A escola será assim o centro de uma rede de projetos direcionados para o que realmente importa: aprender e ensinar mais e melhor, os professores e os alunos.» Mas, quando percorremos o Anexo I, encontramos como objetivos: rácio de dois alunos por computador, um videoprojetor por sala, um quadro interativo por cada três salas, etc.

O PTE foi um plano centralizado. Pode argumentar-se que desta forma o Orçamento do Estado economizou milhões. Terá sido? Se o

mesmo dinheiro tivesse sido atribuído a cada agrupamento de escolas para que estas, dentro de orientações flexíveis, pudessem criar os seus próprios projetos pedagógicos de utilização das tecnologias, planificando os seus investimentos em consonância com eles, certamente que o retorno final do investimento teria sido superior. Um plano centralizado tem dificuldade em se adaptar às especificidades de cada escola. Talvez uma preferisse investir mais em *software*, ou em formação, e menos ou mesmo nada em videovigilância; talvez outra optasse por dispositivos ultraportáteis e soluções baseadas na Internet. Teríamos experiências muito diversificadas. Os professores sentir-se-iam valorizados e envolvidos num projeto com as cores da própria escola. O Estado tem o dever de financiar as iniciativas das escolas e não limitar-se a lançar planos diretores, tocando a marchar. Do ponto de vista económico, uma tal abordagem iria, naturalmente favorecer o empreendedorismo local e as pequenas e médias empresas, em vez de favorecer um pequeno grupo.

A este propósito, convém estar atentos aos resultados do estudo «Navegando com o Magalhães»<sup>2</sup>, em fase final na Universidade do Minho, sobre a iniciativa «e-Escolinha», que distribuiu pelas crianças do 1.º ciclo cerca de 400 000 computadores *Intel ClassMate*. Que impacto teve esta distribuição maciça na literacia digital das famílias; que impacto teve nas aprendizagens das crianças e nas práticas pedagógicas em sala de aula?

### **Regresso ao futuro – anos 80: uma escola inclusiva**

Nas escolas Anexas ao Magistério Primário de Coimbra decorreu, nos anos 80, uma experiência denominada «Ensino em equipa com microcomputadores». Uma sala com seis microcomputadores, primeiro

---

2 [http://www.lasics.uminho.pt/navmag/?page\\_id=2&lang=pt](http://www.lasics.uminho.pt/navmag/?page_id=2&lang=pt)

*Spectrum*, depois *Olivetti* e *Amstrad*; impressoras, primeiro térmicas, depois de agulhas; máquina fotográfica para fazer diapositivos, projetor de diapositivos, projetor de opacos, imprensa de Freinet, duas máquinas de escrever, lápis de cor e tintas de qualidade, cavalete, marcadores, escantilhões, réguas, esquadros, compassos, carimbos, flautas e instrumentos de percussão, jogos de xadrez, barro e plasticina, mesas de vários tamanhos e feitios, tapetes e almofadas. Não havia manuais. Os pais não tinham de comprar qualquer material escolar, livros, cadernos, lápis, canetas. Contribuíam antes para um fundo escolar que comprava o material da melhor qualidade para todos. Em vez de 25 manuais, iguais era possível comprar 25 livros diferentes para a biblioteca da sala.

Os manuais iam sendo feitos por alunos e professores e ficavam prontos no fim do ano, juntamente com outros registos: livros de histórias, o jornal da sala, o livro do passeio, o livro das plantas, quadros, cartazes, diaporamas, encenações teatrais, registos os mais variados, nos mais variados suportes.

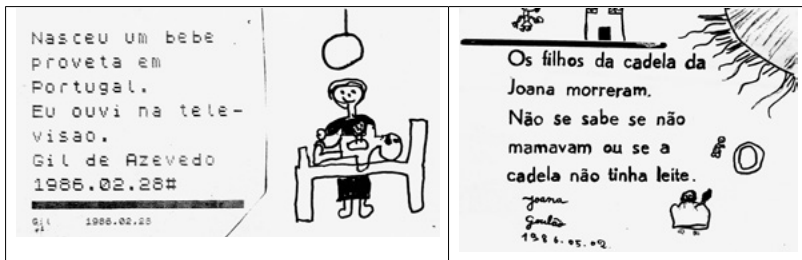
Quebrou-se a regra sagrada: uma turma, um professor. Aqui era uma turma, dois professores, duas salas + um espaço de trabalho. A turma oscilou ao longo dos anos entre os 25 e os 38 alunos. Uma das salas era a sala dos computadores e a minibiblioteca, enquanto a outra sala era mais convencional; havia ainda outro espaço para trabalhos de grupo e pinturas. Na sala dos computadores, as crianças realizavam as seguintes atividades:

1. Elaboração de textos com o processador de textos TASWORD, na versão para a língua portuguesa da Infornova. Estes textos eram normalmente relatos de vivências, notícias, histórias, etc.
2. Trabalho com os programas «A Brincar Aprendo» e «O Cenoura e o Batinha», criados no Clube de Informática.

3. Trabalhos em linguagem Logo.
4. Leitura na minibiblioteca.
5. Trabalho com a imprensa de Freinet.

Cada criança trabalhava em média duas a três horas por semana com o computador. À quinta-feira, as crianças trabalhavam apenas com um dos professores, enquanto o outro apoiava os sócios (professores e estudantes dos vários graus de ensino) do Clube de Informática e se dedicava à programação em Logo e BASIC.

**Figura 1.** Excertos do jornal «A Bolinha Verde», n.º 2 e n.º 4. À esquerda texto escrito no computador *Spectrum* e impresso em impressora térmica; à direita texto escrito na imprensa de Freinet, por alunos do 2.º ano



Desta experiência, destaco como mais relevantes os seguintes aspectos, que continuam válidos e desafiantes:

1. Trabalho de equipa a nível de professores (dos meus alunos aos nossos alunos).
2. Atividades diversificadas com interesse genuíno para os alunos.
3. Reinvenção criativa do espaço físico e dos tempos escolares.

4. Trabalho planeado e integrado. O trabalho nos computadores ou na imprensa de Freinet, ou ainda na elaboração de cartazes e pinturas, bebia todo da mesma fonte e concorria para os mesmos objetivos. Não são trabalhos paralelos, desconectados, mas concorrentes. Não são um prêmio ou um entretenimento, mas um estímulo para todos, numa situação de permanente interação e ligação à vida real de cada um e ao mundo circundante.

Neste espaço, conviveram alunos da elite de Coimbra, alunos carenciados de Coimbra, alunos sobredotados, alunos com dificuldades de aprendizagem e com necessidades educativas especiais. Estava disponível uma série notável de tecnologias novas e antigas. No entanto, o valor deste trabalho pioneiro residiu, na minha opinião, não nas tecnologias disponíveis, mas nas formas de organização da aprendizagem que permitiram criar um espaço inclusivo de aprendizagem com sucesso para todos, independentemente das capacidades de cada um; um espaço onde dava gosto trabalhar; um espaço onde tecnologias novas e velhas concorriam igualmente para o sucesso e a inclusão.

Finalizaria este apontamento do passado referenciando algumas dicas para inventar o futuro que nos vêm do Futurelab, mais concretamente do projeto «Beyond Corrent Horizons»<sup>3</sup>, do departamento «Children, schools and families»:

1. E se as turmas tivessem alunos de várias faixas etárias (pré-escola, ensino básico, ensino secundário, ensino superior, incluindo mestrandos e doutorandos)?
2. E se houvesse vários professores em cada sala de aula?
3. E se educássemos as crianças atendendo às suas reais necessidades em vez de as prepararmos para os hipotéticos empregos do futuro?

---

3 <http://www.visionmapper.org.uk/ideas/spaceworkshopcards.php?section=0>

4. E se reinventássemos o desenho das escolas equilibrando a aprendizagem de competências e conteúdos?

### Porquê um quadro interativo?

**Figura 2.** Escola do 1.º ciclo do Ensino Básico, do concelho de Abrantes



As salas de aulas da Escola Básica do 1.º ciclo (EB1) de São Facundo<sup>4</sup>, uma escola rural do concelho de Abrantes, dispõem, desde 2004/2005, de uma estrutura informática baseada em computadores portáteis permanentemente disponíveis na sala, com Internet sem fios, ambiente de trabalho uniforme (que facilita as rotinas) e uma coleção de ferramentas de produtividade Imagina que potenciam os *Magalhães*, como instrumento na sala de aulas no âmbito do Projeto Mocho XXI<sup>5</sup>.

4 <http://osgafanhotos.blogspot.pt/>

5 O programa Mocho XXI foi lançado por iniciativa do Município de Abrantes, como projeto-piloto no ano letivo de 2004/2005. A ideia base consistiu na informatização dos ambientes de aprendizagem no 1.º Ciclo com o claro objetivo de contribuir para um aumento do rendimento e qualidade das aprendizagens através de recursos de informação e comunicação.

Perante tal nível de equipamentos, seríamos levados a pensar que a emergência de um quadro interativo sairia relativizada e pouco mais acrescentaria como recurso tecnológico. Mas assim não é, de facto.

As razões não residem na inevitável comparação com o tradicional quadro de escrita, nem parece razoável a hipótese de troca de um dispositivo pelo outro. É evidente que um quadro interativo poderá em determinadas circunstâncias substituir o quadro de giz, mas essa não é a sua principal vantagem. Reduzi-lo a essa função seria tão redutor como resumir um computador pessoal a uma simples máquina de escrever.

A instalação deste equipamento na sala de aulas provoca realmente uma mudança de fundo nas estratégias habituais de trabalho. Qualquer tipo de trabalho torna-se mais estimulante e os alunos tendem a reagir melhor perante a utilização de documentos interativos, como é o caso das versões digitais dos seus manuais escolares. Cada exercício torna-se instantaneamente num jogo com cores e características que eles podem configurar. A interatividade das apresentações estimula alunos de todos os níveis de ensino. Cada sessão de trabalho é inevitavelmente seguida por todos os anos de escolaridade com evidentes vantagens na consolidação e aquisição de conceitos.

A sala de aulas passou a ser um espaço muito mais funcional que rapidamente se reconfigura para os mais diversos tipos de atividades. A instalação de um computador dedicado e de um sistema áudio rapidamente transformou a projeção e manipulação de imagem num ato habitual, seja em horário letivo, no recreio ou atividade de enriquecimento curricular.

O segredo de tal eficácia não reside na complexidade do equipamento ou na sofisticação do *software* dedicado. Na verdade, os recursos mais básicos (arrastar, riscar, apagar, abrir e guardar documentos...) são os mais utilizados e a apropriação destas novas estratégias é intuitiva para professor e alunos, mesmo sem *software* específico. É a

riqueza da imagem, da cor, do movimento que evidencia os conceitos e as relações. A sua utilização criativa está apenas limitada pela imaginação de professores e alunos.

Na nova sala de aula a aprendizagem é mais fácil. Alunos com capacidades ou níveis de atenção limitados encontram novas formas de representação do conhecimento, que cativam e ampliam os tempos de concentração. A interligação com outros periféricos – leitor de CD/DVD, *scanner*, máquina fotográfica... – permite transformar qualquer documento, imagem ou apresentação em objeto de estudo coletivo. Por exemplo, a simples correção de textos manuscritos e digitalizados para projeção transforma o ato de melhoramento do texto num precioso momento de aprendizagem para toda a turma.

O Plano Tecnológico da Educação tornou cada vez mais frequente a referência ao quadro interativo como um recurso essencial. É já instrumento indispensável em todas as áreas curriculares. Também no 1.º ciclo este recurso é cada vez mais um instrumento essencial que, com algumas adaptações, adequa o ambiente de ensino e aprendizagem às exigências dos alunos atuais e a novos paradigmas de aprendizagem.

### **Tecnologias de apoio para pessoas com capacidades diferentes**

Ao criarmos oportunidades de aprendizagem para todos, é preciso atender às diferentes capacidades e situações, desenvolvendo ao máximo o potencial de cada um e a sua inclusão no grupo. As tecnologias de apoio, entendidas como instrumentos de promoção desta igualdade de oportunidades, devem ser desenhadas de forma que garantam a sua função na realidade complexa e tantas vezes contraditória onde se movem as instituições de formação e se criam os contextos de aprendizagem.



Conceber, adaptar ou aplicar uma qualquer solução de tecnologia de apoio deve implicar e responsabilizar o formando, os formadores, os técnicos de apoio, os amigos ou familiares, não esquecendo que o objetivo é contribuir para explorar o potencial da pessoa, sem segregações explícitas ou ocultas.

Para aqueles cuja autonomia é condicionada por inúmeras barreiras arquitetónicas, dificuldades em utilizar meios de transporte público ou privado e manifestas desvantagens no acesso à informação, a utilização de um computador e o acesso à Internet podem significar uma liberdade até aí apenas sonhada (acessibilidade espaciotemporal). As tecnologias de informação e comunicação (TIC) oferecem alternativas para um grande número de pessoas com paralisias, amputações, dificuldades de controlo dos movimentos, cegueira e surdez, para aprendizagem, acesso à informação, ao lazer e ao exercício de uma atividade (acessibilidade ao *software*).

As deficiências motoras podem ser provocadas por artrites, tendinites, enfartes, paralisias cerebrais, esclerose múltipla e paralisia ou perda de membros ou dedos, entre outros motivos. Estes utilizadores recorrem a vários sistemas específicos que ampliam ou eliminam a utilização do teclado e do rato (acessibilidade motora).

Tanto na área clínica como na área escolar, muitas pessoas com deficiência têm também comprometida a comunicação, nomeadamente a linguagem oral, tornando mais complexo o tipo de intervenção a realizar com estas pessoas. Este é um enorme desafio para a escola inclusiva, pois todo o sistema, designadamente a avaliação, assenta na linguagem oral e escrita e na linguagem como um todo. E, quando o desenvolvimento da linguagem oral está comprometido, também a leitura e a escrita sofrem atrasos, impedindo o curso adequado da aprendizagem.

Nestes casos, é necessário utilizar sistemas de comunicação aumentativa e/ou alternativas tecnológicas que permitam à pessoa com

atraso de linguagem a possibilidade de expressar as suas ações e emoções. Está disponível *software* inclusivo que, além de responder às deficiências específicas de um vasto leque de utilizadores, pode também ser utilizado com vantagem por pessoas que não têm essas deficiências.

*Comunicar com Símbolos* é um exemplo de *software* inclusivo para comunicação aumentativa e alternativa e para a aprendizagem que contribui para o desenvolvimento da autonomia comunicativa, especialmente do ponto de vista da expressão e compreensão, facilitando também a aquisição de competências básicas de leitura e escrita. Incorpora um sintetizador de voz em português (europeu ou do Brasil), permitindo ao utilizador aceder à informação também pela via auditiva. Este *software* associa automaticamente símbolos à palavra escrita e permite a construção de quadros de comunicação interativos, totalmente adaptados a cada utilizador, possibilitando o seu acesso através do rato ou através de varrimento e comutadores.

*Aventuras 2* é outro exemplo de *software* inclusivo. Funciona como um laboratório para a aprendizagem da leitura e da escrita, permitindo trabalhar frases, expressões, palavras e sílabas, com base num caderno digital interativo, onde o utilizador experimenta e guarda de forma automática as evidências do seu progresso. Permite simultaneamente a utilização de síntese de voz e a gravação da própria voz, como alternativa ou complemento ao sintetizador. Integrado na Educação Especial, é particularmente indicado no trabalho reeducativo da dislexia e aconselhado para o desenvolvimento da linguagem para alunos portadores de deficiência mental. Além do caderno digital este *software* permite que o terapeuta ou o professor crie atividades temáticas que respondam a necessidades específicas.

Muitos alunos com algum tipo de atraso na aprendizagem ou deficiência não conseguem realizar bem atividades de escrita, o que acaba por reduzir a motivação, já que o próprio aluno verifica o seu fracasso. Com uma ferramenta como o Aventuras 2, o aluno pode utilizar o teclado ou teclado virtual, além de ferramentas de *hardware* como teclado adaptado, máscara para teclado e auxiliar de digitação, ratos adaptados, entre outros, para garantir o desempenho na atividade, além dos recursos de configuração do *software* às capacidades de cada um.

Nos atendimentos psicopedagógicos, *software* como este possibilita ainda o registo e o acompanhamento da evolução do aluno, além de ser um poderoso instrumento para avaliação inicial qualitativa.

### **Acesso às TIC e inclusão**

O *hardware* e o *software* são muitas vezes concebidos esquecendo a diversidade de possibilidades de acesso que os vários utilizadores apresentam. De facto, muitas pessoas apresentam dificuldades de utilização do teclado, do rato, do ecrã, por causa de tetraplegia, problemas no controlo efetivo das mãos, perda dos membros superiores, paralisia cerebral, cegueira ou baixa visão.

Assim, ao desenhar sistemas de informação, deverão prever-se uma série de possibilidades alternativas de acesso (no *hardware* e no *software*), contemplando a acessibilidade motora, a acessibilidade auditiva, a acessibilidade visual e a acessibilidade cognitiva. Muitas soluções inclusivas deveriam ser implementadas logo no sistema operativo. Embora ainda haja um longo caminho a percorrer nesta área, os sistemas operativos já oferecem alguns recursos de acessibilidade que muitos desconhecem e que, em muitos casos, poderão resolver ou, pelo menos, atenuar as dificuldades no uso do computador.

## **Acessibilidade motora**

Sempre que as formas de acesso tradicional ao computador através do teclado e do rato não sejam as mais adequadas, é possível utilizar periféricos alternativos muito diversificados.

A tecnologia dos *emuladores de rato* tem sido uma daquelas em que maiores avanços tecnológicos se têm registado. Desde os capacetes com apontador, passando pelos ratos de cabeça até às microcâmaras capazes de seguir os movimentos da cabeça, ou mesmo da íris, já se fez um percurso enorme. Os emuladores de rato atuais são completamente inclusivos, existindo mesmo jogos que funcionam utilizando a mesma tecnologia, em vez do rato tradicional.

Os *teclados virtuais e os quadros (ou grelhas) de comunicação* associados a técnicas de varrimento possibilitam o controlo total de um computador através de um simples comutador, manípulo ou interruptor. Quando aliados a um preditor/accelerador de palavras, a tarefa de escrever torna-se fácil, mesmo utilizando um único comutador. Um *preditor de palavras* pode ser uma ferramenta indispensável para uma pessoa com graves limitações motoras para utilizar um teclado, mas qualquer um o pode utilizar para aumentar a velocidade de escrita ou ultrapassar uma tendinite passageira.

## **Acessibilidade auditiva**

No que respeita à acessibilidade auditiva, há ainda um longo caminho a percorrer e as tecnologias emergentes precisam ainda de se estabilizar e democratizar. Campos promissores são a conversão automática de texto em língua gestual. Esta tecnologia utiliza avatares 2D ou 3D para traduzir, de forma automática, qualquer texto em língua gestual. Não se trata de soletrar as palavras através de gestos, o que é relativamente simples, mas sim de traduzir, por exemplo, um texto escrito

em português para língua gestual portuguesa ou para língua brasileira de sinais (LIBRAS). Esta tarefa depara-se com os mesmos problemas que qualquer outro sistema de tradução automática, designadamente a compreensão do contexto. Apesar de tudo, neste domínio têm sido feitos avanços significativos. Esta tecnologia, aliada ao reconhecimento da fala, permite à comunidade de surdos uma acessibilidade muito ampla a documentos scripto-audio-visuais muito diversificados, possibilitando a legendagem automática de documentos vídeo e a tradução de documentos texto e/ou áudio em língua gestual. A legendagem automática em tempo real é já uma realidade nalguns programas da RTP.

*Softwares* de tradução automática de texto em símbolos podem também ser úteis para uma compreensão mais aprofundada de diversos tipos de textos.

### **Acessibilidade visual**

Existem uma série de normas de acessibilidade que visam atender à forma peculiar como as pessoas com baixa visão ou mesmo invisuais acedem à informação digital.

Algumas soluções tentam minimizar problemas de acesso como sejam ecrãs maiores e *softwares* de ampliação de ecrã; outras são específicas para invisuais, como sejam linhas braille na base do teclado que permitem ler o que se encontra no ecrã. Outras ainda são inclusivas, sendo utilizadas com vantagem por invisuais ou não, como sejam, por exemplo, os leitores de ecrã que usam síntese de voz.

A síntese de voz, aliada ao reconhecimento de caracteres (vulgo OCR), permite já hoje ler de forma automatizada qualquer texto impresso. As editoras devem ser incentivadas a disponibilizar versões digitais dos seus livros impressos, o que facilitará ainda mais a sua leitura por

síntese de voz. Existem várias vozes sintéticas de boa qualidade que falam português europeu e português do Brasil.

### **Acessibilidade cognitiva**

Por vezes, as barreiras que impedem o acesso à informação e dificultam a comunicação são de natureza cognitiva. Quando falamos ou escrevemos, as nossas palavras atuam como símbolos do que queremos dizer, mas as pessoas impossibilitadas de utilizar palavras da forma tradicional precisam de utilizar outros sistemas de símbolos que lhes sejam acessíveis, para que possam passar as suas mensagens aos demais.

Existem diversos sistemas de símbolos que ajudam as pessoas a comunicar. Concebidos sobretudo para pessoas com dificuldades de comunicação e/ou aprendizagem, podem ajudar a superar problemas ligados à compreensão e produção de mensagens. Os Símbolos para a Literacia da Widgit constituem um dos sistemas de símbolos mais versátil, completo e estruturado do mercado. Adaptam-se igualmente bem a crianças e adultos, constituindo-se como sistema alternativo para pessoas com dificuldades de comunicação e beneficiando também muitas outras pessoas em situações de aprendizagem, comunicação, acesso, compreensão e produção de informação.

### **Superar barreiras**

São ainda muitas as barreiras que impedem uma acessibilidade universal. Estas barreiras podem ser físicas, sensoriais e organizacionais, impedindo o acesso ao espaço onde decorre a formação, à leitura de um texto com autonomia, às tecnologias digitais, e ao direito a um currículo adaptado.

## O que faço aqui?

Fala-se hoje em literacia digital, em literacia dos *media* ou em literacia informática. Pessoalmente, penso que estes termos não acrescentam nada de novo ao conceito de «saber ler e escrever». O que é isso de saber ler e escrever?

Ler é um processo ativo através do qual um leitor tenta compreender (dar forma) à in-formação (aquilo que está informe) contida num texto. Ao tentar construir o significado, o leitor não parte apenas dos estímulos (visuais, auditivos, cinestésicos) que consegue captar no texto, mas também e talvez principalmente da ideia geral que pensa ir encontrar no texto.

O leitor procede então a uma seleção de indícios, a partir do que conhece do contexto, a partir das suas experiências anteriores e do seu conhecimento do código em que o texto está escrito. A leitura resulta desta interação entre o estímulo que o texto provoca e uma série de processos, não apenas cognitivos, com vista à reconstrução da in-formação do texto.

Uma leitura nunca esgota o texto já que uma outra leitura é sempre possível. A diferentes leitores correspondem leituras diferentes no sentido, no ritmo, na compreensão do contexto. A possibilidade de uma multiplicidade de leituras é função do texto. Podemos daqui já antever que quanto mais in-formado for o texto, maior diversidade e riqueza de leituras permitirá, e vice-versa. Ler é pois uma tarefa complexa. Implica a presença simultânea de vários elementos: um texto, um contexto, um leitor, uma intenção de ler, um conjunto de estratégias de decifração e reconstrução da informação do texto.

Entendemos aqui leitura e texto na aceção mais lata possível. Um vídeo, uma peça musical, uma obra de arte, a expressão de um rosto, um *post* num blogue, uma página de um sítio, uma história adaptada

codificada num sistema de símbolos. Talvez o homem não seja um animal racional, mas antes um construtor/reconstrutor da informação do mundo. Animal com linguagem (*Zoon logon*), o leitor é, por excelência, aquele que dá palavra à informação do mundo.

Importa, pois repensar o conceito de literacia, na senda do caminho desbravado por Paulo Freire. O alfabeto ganhou novas dimensões e contornos. Novos alfabetos surgiram com a invasão do silício encurralando a admirável tecnologia do papel e da escrita. A escola tem de, não só abrir-se aos novos alfabetos, como também aprender a descodificá-los, reaprendendo a ler e a escrever. Sejam quais forem os alfabetos, não pode a escola, no entanto, esquecer, que o seu papel não é só alfabetizar, mas sobretudo criar espaços e tempos onde as crianças e os jovens possam livre, criativa e criticamente aprender a ler e a escrever, transformando o caos informativo em cosmos organizado com sentido.



**Figura 3.** Novas e velhas tecnologias podem e devem conviver



## Sítios e blogues com informação útil

### Blogues:

<http://bica.imagina.pt>

<http://miryampelosi.blogspot.com/>

<http://idabrandao.edublogs.org/>

<http://www.historiasdaluciana.blogspot.com/>

### Sítios

<http://www.acessibilidade.net>

<http://www.acessobrasil.org.br>

<http://pdi.cnotinfor.pt/>

<http://www.cnotinfor.pt/inclusiva/>

<http://redeinclusao.web.ua.pt>

<http://www.ppl.com.pt/pt/prj/karibu>

### Secundino Correia

É director de inovação da CNOTINFOR – Centro de Novas Tecnologias da Informação, Lda. e investigador em projectos europeus FP7. Publicou vários artigos sobre “TIC na educação”, é autor, co-autor e tradutor de *software* educativo e fez dezenas de conferências, palestras, apresentações, seminários e cursos, em Congressos, Universidades e outras instituições, em Portugal e no estrangeiro, sobre a problemática das “TIC na educação”. Interessa-se por temas como o *software* inclusivo e desenho universal; re-Engenharia dos Sistemas Educativos; formação à distância e aprendizagem móvel; Internet of Things and Cloud Computing; Serious Funny Learning Games & Virtual companions.

QUESTÕES-CHAVE  
DA EDUCAÇÃO

# AS NOVAS TECNOLOGIAS NA ESCOLA: REFLEXÕES GERAIS E CONTRIBUTOS PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

João C. Paiva

# AS NOVAS TECNOLOGIAS NA ESCOLA: REFLEXÕES GERAIS E CONTRIBUTOS PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

João C. Paiva<sup>6</sup>

## Resumo

Reflete-se sobre alguns dilemas cruciais trazidos pelos usos e abusos das tecnologias de informação e comunicação (TIC) nos nossos dias. Neste contexto, aborda-se a complexa teia sócio-educativa-tecnológica.

Apresentam-se também alguns exemplos de recursos digitais na área das ciências, principalmente no domínio da química. Refere-se o quadro da sua aplicação, descrevendo instrumentos que podem potenciar o uso das TIC nas escolas.

São ainda indicados estudos de impacto educativo das TIC, uns mais generalistas e outros mais específicos, para uma ou outra ferramenta digital. Por fim, faz-se uma síntese, tão entusiasta quanto prudente, no sentido de promover uma utilização sustentada e sustentável das TIC na educação.

---

6 O autor escreve segundo o novo acordo ortográfico.

## 1. Introdução

Torna-se quase prescindível sublinhar a importância da tecnologia na ciência e na sociedade atual e, portanto, obviamente, no ensino científico (Arora, 2010). E não há dúvida de que as tecnologias de informação e comunicação (TIC) têm um relevo particular nos nossos tempos. A formação de professores de ciências deve ter uma significativa componente de tecnologia digital e das suas relações com a pedagogia, a ciência e a sociedade (Papert, 1994). Os horizontes que, por via das TIC, se rasgaram entre nós há mais de uma década (Figueiredo, 1995) e se abrem à educação estão constantemente a ser atualizados, embora estejam longe de uma plena concretização no terreno (Paiva e Morais, 2012). As TIC trazem à educação desafios complexos e encontrar o modo mais acertado de as usar nesse ambiente é uma procura tão necessária e urgente como intrinsecamente inacabada.

Houve suspeitas de diminuição da “capacidade meditativa” do homem quando apareceu o livro impresso. Semelhantes suspeitas de certo esmagamento informacional se agudizam na era da digitalização, como refere Carr (2012):

O desenvolvimento de uma mente equilibrada exige tanto a capacidade para encontrar e rapidamente analisar uma vasta gama de informação como a capacidade para reflexão ilimitada. É necessário que exista tempo para uma eficiente recolha de dados e tempo para contemplação ineficiente, tempo para operar a máquina e tempo para sentar ociosamente no jardim. Temos de trabalhar no ‘mundo dos números’ da Google, mas também precisamos de ser capazes de nos retirarmos para Sleepy Hollow. O problema, hoje, é que estamos a perder a nossa

capacidade de estabelecer um equilíbrio entre esses dois estados da mente muito diferentes.<sup>7</sup>

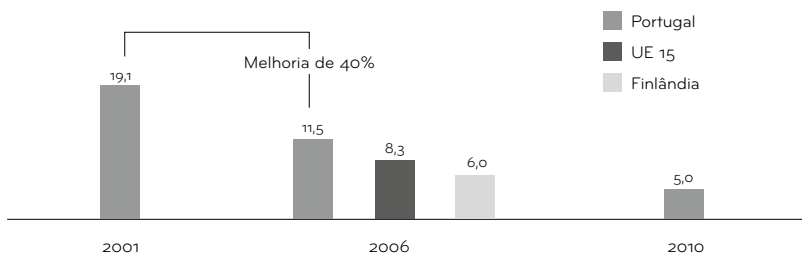
## 2. Generalidades sobre as TIC na educação

### 2.1. Alguns dados sobre a informatização das escolas

Apresentamos abaixo alguns dados sobre estudos relacionados com as TIC na educação nacional. Uma vez que os números falam por si, não comentaremos muito os dados apresentados, deixando ao leitor a respetiva leitura.

Nas escolas, tem sido impressionante o aumento de equipamento informático à disposição da comunidade (Fig. 1).

**Fig. 1** Número de alunos por computador. Fonte: GEPE/ME. (2008).

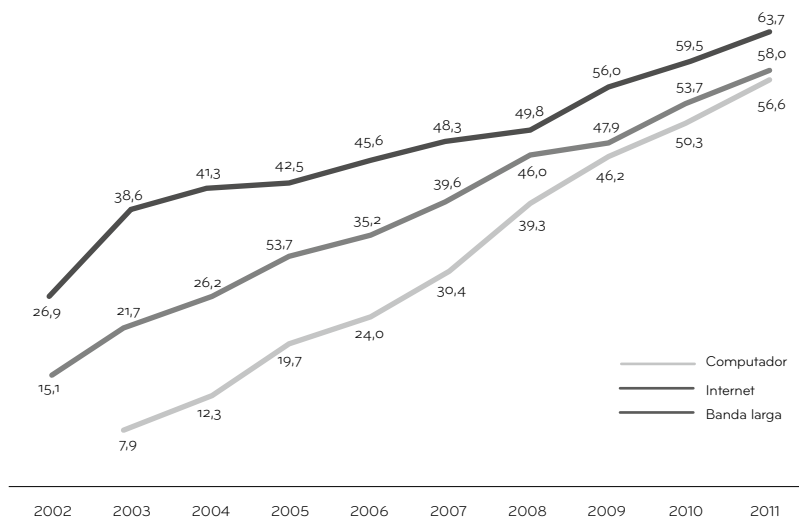


Do ponto de vista do equipamento disponível, assinala-se a evolução do apetrechamento tecnológico das famílias portuguesas (Fig. 2). Uma perspectiva pessimista poderá sublinhar a insuficiência, *per si*,

7 O livro de Carr saiu recentemente em tradução portuguesa, com supervisão científica nossa, na editora Gradiva.

da panóplia informática (que, muitas vezes, é mal usada), mas um olhar mais otimista, que subscrevemos, ampara positivamente as suas potencialidades educativas no nosso país.

**Fig. 2** Evolução dos equipamentos informáticos nos lares portugueses ao longo dos anos (INE, 2011).



O problema reside na forma como essa tecnologia é implementada (ou não) nos processos educativos. A formação de professores, em particular, constitui um fator crítico.

## 2.2 Estudo recente sobre o impacto das TIC na escola

No âmbito de um estudo recente, num consórcio entre a Intel e a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, avaliou-se, de

forma qualitativa, o impacto do computador *Magalhães* nas escolas do 1.º ciclo (Paiva *et al.*, 2012). Entre 2008 e 2011, o Governo português criou uma oportunidade institucional para a integração pedagógica das tecnologias de informação e comunicação no 1.º Ciclo, integrada no Plano Tecnológico. Através do projeto *Magalhães*, praticamente todos os alunos desse ciclo receberam ou adquiriram um computador portátil.

Esta investigação, enquadrada num projeto que estuda a transformação dos cenários educativos a nível global, oferece um panorama do impacto da integração das TIC. A recolha de dados decorreu em seis agrupamentos de escolas nacionais. Foram entrevistados um coordenador TIC, sete elementos das Direções Regionais de Educação, oito diretores de agrupamentos de escola (N=8), 29 professores do 1.º ciclo, 37 pais (N=37) e 76 alunos. Realizou-se uma análise qualitativa dos dados, com recurso ao software NVivo 9.2.

Os resultados indicam diferentes representações, atitudes e práticas, que sugerem diferentes níveis e configurações de integração pedagógica e social das TIC. Os estudantes e as famílias valorizam a posse do computador e a facilidade de acesso à informação. No entanto, o uso recreativo do computador, bem como algumas das potencialidades do aparelho, é causa de conflito ou apreensão. Os professores revelam uma atitude ambivalente, reconhecendo a importância da literacia digital, mas expressando opiniões divergentes acerca do melhor modo de a promover. A falta de formação específica é vista pelos professores como a maior falha da iniciativa. As conceções pedagógicas e os desafios dentro da sala de aula também parecem relacionar-se com a qualidade das práticas de integração. No futuro, a iniciativa deve capacitar os professores para definirem melhor o seu papel e planearem melhor as suas práticas.

### 2.3 Dos reativos às TIC aos promotores de *overdose*

Há pessoas excessivamente reativas às TIC. Diante dos reais “perigos” do seu abuso, muitos desconfiam do potencial educativo das tecnologias. Muitos pais desesperam com o tempo que os seus filhos despendem (prejudicialmente?) diante do computador e moderam o tempo de utilização ou proíbem mesmo a sua utilização.

Alguns professores, por seu lado, assustados, por exemplo, com a proliferação do *copy/paste* desonesto, postulam práticas do tipo: “Vão fazer este trabalho, mas não podem usar o computador e a Internet.” Apesar de a sugestão de moderar o uso do computador ser razoável e até urgente, afirmar liminarmente que não se deve usar o computador pode ser tão excessivo como o seria há uns tempos dizer: “Façam este trabalho, mas não podem usar livros.”

A questão fundamental não é, pois, “não usar o computador e a Internet”, mas sim usá-los bem. No caso concreto dos trabalhos dos alunos e dos perigos do *copy/paste*, trata-se de encorajar uma prática de pesquisa séria e consciente (o aluno tem de compreender o que escrever), ética (o aluno deve citar as fontes que utiliza no trabalho) e crítica (o aluno deve estar consciente de que nem tudo o que está na Web tem o mesmo valor e, assim, certificar-se da validade das fontes).

É razoável ter sérias desconfianças sobre a forma como as TIC estão a ser usadas na escola ou em casa pelos alunos. Curiosamente (talvez dramaticamente), são as famílias socioculturalmente mais favorecidas que se mostram mais atentas ao inevitável trabalho de moderação do uso das TIC.

Depois de ficar claro que o problema não está na existência das TIC e nas potencialidades que nos oferecem, mas no seu eventual abuso, sobra pouco espaço a dar aos reativos mais fundamentalistas. Tirar o



computador das escolas, das casas, da vida de todos os dias não será nada recomendável. Seria como abolir o livro, perante os comentários de Barnaby Rich, ainda no século XVI: “Uma das grandes doenças desta era é o grande número de livros, que sobrecarregam tanto o mundo que ele não é capaz de digerir a abundância de matéria inútil que todos os dias eclode e é trazida para o mundo” (*apud* Durant e Durant, 1961).

Há reflexões e consequências a tirar a respeito dos efeitos que a utilização das TIC está a operar nas nossas mentes e nas nossas relações. Particularmente inspirados pela obra de Carr (2012), *O que a Internet está a fazer com os nossos cérebros: os superficiais*, recentemente publicada em Portugal, ilustramos alguns dos problemas associados aos processos intelectuais, afetivos, sociais e cognitivos da relação do homem com a máquina. O subtítulo deste livro – *os superficiais* – é um tanto dramático, mas bem sugestivo: alguma da aceleração do processamento de informação precipitado pelas TIC gera uma certa superficialidade na forma de estar e ser. Esta ausência de tempo e a falta de qualidade no aprofundamento da reflexão pode, de facto, ser um drama da era digital.

Parece inegável que algum ritmo (alucinado) de receber (ou ser esmagado por...) informação pode alterar alguns padrões relevantes da nossa memória. Há vários tipos de memória, mas a memória sustentada precisa de tempo de maturação, o que a circulação continuada de *bits* pode não permitir. Faltarão algo, o que nos poderá tornar mais superficiais:

O fluxo de entrada de mensagens em competição, que recebemos sempre que estamos *online*, não sobrecarrega apenas a nossa memória de trabalho; torna muito mais difícil aos nossos lobos frontais concentrar a nossa atenção numa única coisa. O processo de consolidação da

memória nem sequer pode começar. E, graças, mais uma vez, à plasticidade dos nossos caminhos neuronais, quanto mais utilizamos a Internet, mais treinamos o nosso cérebro para ser distraído – para processar informação muito rapidamente e muito eficientemente mas sem atenção continuada. Isso ajuda a explicar porque é que muitos de nós acham difícil concentrarmo-nos mesmo quando estamos longe dos nossos computadores. Os nossos cérebros tornam-se peritos a esquecer, incompetentes a lembrar. A nossa dependência crescente da informação armazenada na Internet pode, de facto, ser o produto de um ciclo que se perpetua a si próprio, autoamplificando-se. Como a nossa utilização da Internet faz com que seja mais difícil para nós guardar informação na nossa memória biológica, somos forçados a depender mais e mais da espaçosa e facilmente pesquisável memória artificial da Rede, mesmo que isso nos torne pensadores mais superficiais. (Carr, 2012)

Como diz Weizenbaum (1976), o que nos faz mais humanos é o que é menos computável: as ligações entre a nossa mente e o nosso corpo, as experiências que dão forma à nossa memória e ao nosso pensamento, a nossa capacidade para a emoção e a empatia. O grande perigo que enfrentamos, ao ficarmos mais envolvidos com os nossos computadores – ao passarmos mais pelas nossas vidas através de símbolos incorpóreos a piscar nos nossos ecrãs —, é que começaremos a perder a nossa natureza humana e a sacrificar as próprias qualidades que nos separam das máquinas. O único modo de escaparmos a essa fatalidade é termos a consciência e a coragem de recusar delegar nos computadores as mais humanas das nossas atividades.

Todas as escolhas têm perdas e ganhos, e tem de se comprar o “pacote inteiro”: “Quando um trabalhador, para abrir uma vala, troca a sua pá por uma retroescavadora, os músculos dos seus braços ficam

mais fracos, apesar de a sua eficiência aumentar. Uma troca semelhante pode muito bem ter lugar quando automatizamos o trabalho da mente.” (Carr, 2012)

Pode dizer-se, numa versão otimista a respeito da nossa emergente adaptabilidade às multitarefas tecnológicas, que “o nosso déficit de atenção induzido pela tecnologia” pode ser um problema a curto prazo, resultante da nossa dependência de “hábitos cognitivos desenvolvidos e aperfeiçoados numa era de reduzido fluxo de informação”. Desenvolver novos hábitos cognitivos é “a única abordagem viável para navegar na era da conectividade constante” (Cascio, 2009). Mas devemos ser prudentes e ter cuidados redobrados para que o frenesim informacional não oblitere excessivamente o humanismo da nossa educação nem a poesia da nossa vida.

### **3. Potencialidades das TIC: exemplos em ciência**

#### **3.1 Software educativo**

Era hábito no passado, quando se falava em *software* educativo, catalogá-lo, com uma certa rigidez, em “simulações”, “tutoriais”, “páginas Web”, etc. Cada vez mais, este paradigma classificativo é considerado demasiado rígido. É hoje consensual que existe uma certa flexibilidade no que se refere à sistematização do *software* educativo: praticamente todos os recursos digitais educativos tangem os vários elementos da matriz multimédia (imagens, textos, som, etc.) e várias “famílias” de aplicações, como simulações, realidade virtual ou *quizzes*, por exemplo. Todos estes elementos, incluindo a possibilidade de professores e alunos poderem comunicar pela Internet, síncrona e assincronamente, estão muito ligados.

Já existem inúmeros estudos sobre aplicações de *software* educativo com os alunos, muitos deles no âmbito de dissertações de mestrado e teses de doutoramento. Neles se evidenciam os pontos fortes e fracos das suas aplicações. De uma maneira geral, de forma mais qualitativa ou mais quantitativa, tais estudos têm mostrado a utilidade do *software* educativo em ciências, em particular em físicoquímica. As conclusões têm apontado não para uma “utilidade fundamentalista”, mas sim uma “utilidade complementar” destes recursos digitais, face a outras estratégias de ensino-aprendizagem menos apoiadas tecnologicamente (Paiva, 2005). Eis alguns exemplos:

#### *Constantes de acidez*

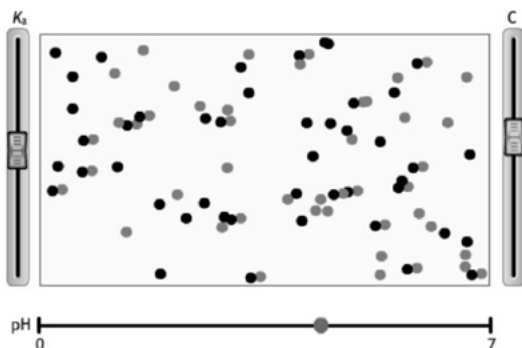
O módulo sobre acidez permite manipular virtualmente as constante de acidez e a concentração de uma solução em função do pH (Fig. 3). A observação corpuscular ajuda à interiorização de conceitos.

No domínio da ótica, servindo a física mas também a química (porque esta ciência, para conhecer a matéria, usa muito a radiação), a simulação seguinte permite, de forma interativa e motivante, a abordagem de noções simples relacionadas com defeitos de visão (Fig. 4).

No domínio das soluções aquosas, como aproximação à atividade laboratorial em química (sem veleidades de substituir as experiências de “mão na massa”), apresenta-se uma simulação sobre soluções aquosas (Fig. 5), disponível na Casa das Ciências.

Os jogos constituem, sem dúvida, um desafio e uma motivação adicional para os alunos, e estes poderão aprender de forma mais estimulante, motivada e, muitas vezes, esclarecida. Na Figura 6, apresentamos um exemplo de jogo virtual relacionado com a entropia e, na Figura 7, o tradicional Jogo da Glória numa versão digital, alimentado com questões de química, mas, por manipulação do *backoffice*, extrapolável para todas as áreas disciplinares.

**Fig. 3** Módulo sobre acidez que permite manipular virtualmente as constante de acidez e a concentração de uma solução em função do pH (Paiva *et al.*, 2008).



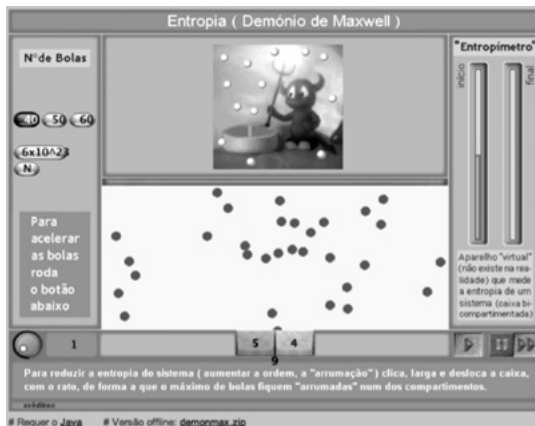
**Fig. 4** Defeitos de visão: uma simulação computacional (Fiolhais *et al.*, 2008)



**Fig. 5** Simulação sobre soluções aquosas (Alves *et al.*, 2012)



**Fig. 6** Jogo sobre o conceito de entropia (<http://nautilus.fis.uc.pt/molecuarium/pt/entropia/index.html>)



**Fig. 7** Versão digital do Jogo da Glória. Perguntas em desafio de jogo, neste caso, de química (<http://nautilus.fis.uc.pt/cec/jogodagloria/>)



Os recursos digitais não são autossuficientes, pelo que a utilização dos computadores não vai subtrair trabalho aos professores. O protagonismo do professor, o seu espírito crítico e discernimento são absolutamente fundamentais. É, no entanto, conveniente encontrar e selecionar na Internet mais – e melhores – recursos e conteúdos, para estarem disponíveis para professores e alunos. O docente é o verdadeiro fulcro do incentivo ao uso das TIC em contexto educativo.

As disciplinas de ciências e, em particular, as ciências físico-químicas, prestam-se muito bem a esta inovação (Paiva, 2005).

### 3.2 Contextos e instrumentos de potenciação de *software* educativo

#### 3.2.1 Roteiros de exploração

Os roteiros de exploração resultam da necessidade, sentida por quem utiliza computadores com os seus alunos, de promover uma aprendizagem mais significativa. Podemos dizer que os roteiros de exploração podem potenciar a eficácia das ferramentas digitais, convidando os alunos a “mastigar” o *software* (em vez de o “engolir”) (Paiva e Costa, 2005). Os roteiros de exploração interligam dicas para operacionalizar passos da simulação/aplicação com perguntas que obrigam a refletir e a tirar verdadeiro proveito pedagógico do *software*. Em jeito de síntese, apresentamos algumas das características que estes roteiros devem apresentar:

- a) conseguir o justo equilíbrio entre a atitude libertária e a indispensável orientação;
- b) misturar dicas de natureza operacional com outras reflexivas;
- c) incluir, principalmente para alunos mais novos, *print-screens* que ajudem na transição *software* educativo–roteiro de exploração;
- d) encorajar a discussão;
- e) ter complexidade crescente;
- f) ser em papel ou em formato digital;
- g) ser flexíveis, adaptando-se a vários perfis de alunos (ter várias perguntas opcionais e instruções “de salto”, por exemplo);
- h) sugerir que os alunos acompanhem a exploração com registos pessoais, em papel ou no computador.

Os roteiros de exploração são, pois, importantes materiais de apoio à exploração de peças de *software* educativo. Perante uma multiplicidade de opções possíveis, é fundamental fornecer ao aluno pistas e indicações para que o caminho a percorrer, embora construído pelo próprio, gere aprendizagens efectivas.

### 3.2.2. Um estudo-piloto sobre o impacto de roteiros de exploração

O roteiro de exploração de uma simulação de equilíbrio químico, o programa *Le Chat II – Simulações em Equilíbrio Químico*, que ilustra em computador do fenómeno do equilíbrio químico (programa acessível no portal “Mocho”) foi alvo de um estudopiloto (Paiva e Costa, 2010). A amostra foi formada por 54 alunos de uma escola do ensino secundário da Póvoa de Varzim, Portugal. O objetivo do estudo era determinar o impacto no processo de ensinoaprendizagem de alunos do 10.º ano, da utilização de *software* educativo, acompanhado de roteiros de exploração, durante a abordagem do tema “Equilíbrio Químico”.

A amostra, com uma média de idades situada nos 15, foi dividida aleatoriamente em três grupos: alunos que não usaram o *Le Chat* (grupo de controlo, GC); alunos que usaram o *Le Chat* com roteiros de exploração (grupo experimental 1, GE1); alunos que usaram o *Le Chat* sem roteiros de exploração (grupo experimental 2, GE2). A amostra incluiu um grupo de alunos que não utilizou, de todo, o *software* e que explorou o tema de modo tradicional (GC), por todos os alunos terem reduzida experiência como utilizadores de *software* em sala de aula e, por isso, ser essencial controlar a sua provável dificuldade face à nova abordagem (usando, ou não, os roteiros). Os alunos foram observados durante as sessões e as observações foram registadas. Após o



ensino da unidade “Equilíbrio Químico”, foi aplicado um pós-teste aos 54 alunos.

As observações confirmaram os nossos receios. Grande parte dos sujeitos dos grupos experimentais (GE1 e GE2) mostraram pouco à vontade com o computador e foi necessário ajudá-los a iniciar o programa. Todos os sujeitos dos grupos experimentais (GE1 e GE2) mostraram dificuldade em usar o programa. Os resultados médios alcançados no pós-teste confirmam estas observações: os alunos que abordaram o tema de modo tradicional alcançaram resultados superiores (49%) aos alcançados pelos alunos que usaram o *software* pela primeira vez (39%) (Tabela 1).

Mas as observações também mostraram que a maioria dos alunos que usaram o *software* com roteiros de exploração (GE1) foi capaz de seguir a sequência proposta e de tirar conclusões válidas, enquanto a maior parte dos alunos que não usaram roteiros de exploração (GE2) não conseguiu estabelecer estratégias de manipulação das variáveis que permitissem chegar a conclusões válidas. Estas observações foram igualmente confirmadas pelos resultados alcançados no pós-teste. Os alunos que usaram roteiros de exploração alcançaram resultados médios consideravelmente superiores (47%) aos dos alunos que usaram o *software* sem qualquer apoio (30%) (Tabela 1).

**Tabela 1** O estudopiloto

<b>Grupo</b>	<b>GC</b>	<b>GE</b>	<b>GE1</b>	<b>GE2</b>
<b>N.º de alunos</b>	28	26	14	12
<b>Classificações médias</b>	49%	39%	47%	30%

A baixa classificação do pós-teste por toda a amostra resulta da elaboração de um pós-teste intencionalmente difícil, para possibilitar uma avaliação precisa do conhecimento dos alunos sobre o tema.

Em conclusão, apesar de as classificações médias alcançadas terem sido globalmente baixas, verificou-se que a utilização dos roteiros de exploração influenciou positivamente os resultados dos alunos que usaram o *software*.

É curioso verificar que o uso de simulações computacionais não implica, segundo este estudo, melhores desempenhos imediatos na aprendizagem (vejam-se os resultados do grupo de controlo). Este dado sublinha que, muitas vezes, pelo menos no imediato, a utilização de recursos digitais não se traduz em melhores *performances* em avaliações sumativas. Espera-se, contudo, que algumas aprendizagens com base em simulações possam ser mais sustentadas para os alunos e produzir resultados no longo prazo da aprendizagem, não necessariamente traduzidos em testes e exames, no imediato.

### 3.2.3 *WebQuest*

Não obstante a possibilidade de a Internet permitir o acesso a uma vasta panóplia de informações e recursos, a rede das redes traz também, na maior parte das vezes, alguns constrangimentos no que diz respeito à seleção da informação disponível. Para fins educativos, uma das estratégias mais interessantes que se têm vindo a desenhar para ajudar os alunos a tirar partido da riqueza de informação disponível na Web são as *WebQuests*. São recursos potenciadores de pesquisa de informação na Web, baseados na resolução de problemas. O objetivo é dinamizar experiências de aprendizagem que estimulem o pensamento crítico, o desenvolvimento de capacidades de uso e tratamento

de informação, permitindo, deste modo, analisar, sintetizar, avaliar e formular conclusões (Paiva e Morais, 2010). Para ilustrar as potencialidades educativas desta estratégia, apresentamos abaixo um exemplo de uma *WebQuest* em química. Nesta proposta para o ensino da química, os alunos são convidados a potenciar a produção industrial de amoníaco.

**Fig. 9** Imagem com exemplo de uma *WebQuest* sobre produção industrial de amoníaco (Morais e Paiva, 2007)



### 3.2.4 Atividades com os pais no computador

Este tipo de atividades insere-se no contexto da complexa e dinâmica encruzilhada pais-filhos-tecnologia (Paiva, 2010). Os pais “lutam” com os filhos por causa do computador talvez porque a maioria deles, muitas vezes com razão, entendem que as atividades dos filhos no computador subtraem tempo e qualidade ao estudo. Por outro lado, é verdade que o computador é uma ferramentachave da sociedade de informação em que vivemos e é parte integrante da atual “geração zap” (Veen, 2001).

A chave deste dilema está na conciliação entre os pais, o computador e os filhos. E quem pode incentivar e protagonizar, muito em

particular, esta conciliação? A escola. Mais concretamente, os professores, propondo atividades que tirem proveito da máquina e potencializem uma aprendizagem substantiva, moderna e agradável, fomentando, ao mesmo tempo, que pais e filhos se liguem e descubram, à volta destas atividades, claros pretextos para se aproximarem, cognitivamente e afetivamente.

Entre outros exemplos, pode ver-se em Reis (2011) um exemplo de uma atividade com os pais no computador sobre a estrutura atômica, para alunos do 8.º ano de escolaridade.

### ***E-learning*: algumas notas sintéticas**

Uma reflexão generalista sobre as TIC no ensino das ciências ficaria incompleta sem uma referência, ainda que sumária, às potencialidades do *e-learning* e, em particular, aos aspetos de comunicação síncrona e assíncrona entre os vários agentes educativos.

Embora as práticas de *e-learning* em ciências físico-químicas sejam mais comuns no ensino superior, há experiências bem conseguidas no ensino básico e secundário, se não de *e-learning* puro (talvez desinteressante na nossa área), pelo menos de *blended learning*, ou *b-learning*, que significa uma combinação entre o ensino presencial e o ensino por via digital, a distância. De forma sintética, apresentamos algumas vantagens e constrangimentos do *e-learning* (Paiva *et al.*, 2004).

#### *Vantagens do e-learning:*

- Flexibilidade: os conteúdos estão permanentemente disponíveis e acessíveis a partir de qualquer parte do mundo.
- Acessibilidade: o aluno, imóvel ou em movimento (fala-se já do *mobile-learning* ou *m-learning*), pode aceder a vários tipos de informação.

- Centralidade no aluno: o ambiente de aprendizagem centra-se no aluno, rentabilizando e potenciando as aprendizagens de acordo com o seu próprio estilo.
- Convergência com as necessidades dos alunos: o ensino orienta-se para as necessidades do aluno.
- Racionalização de recursos: há redução e racionalização dos recursos, nomeadamente redução de custos em relação aos sistemas presenciais.
- Melhor integração de alunos com dificuldades: ao ser mais aberto e universal, o *elearning* consegue integrar mais cabalmente alunos com dificuldades de aprendizagem, de locomoção, etc.
- Interatividade: a interatividade está assegurada, existindo distribuição rápida e boa acessibilidade a conteúdos.

*Constrangimentos do e-learning:*

- Falta de contacto humano
- Problemas técnicos
- Falta de “informação” de professores e alunos
- Custos e tempo exigidos ao professor
- Otimização das plataformas
- Certificação e *standards*
- Avaliação e confidencialidade: uma das principais questões que se levantam no quadro da certificação da formação a distância é a da avaliação, se esta não for presencial.

Uma referência deverá ser feita à realidade da Web 2.0, ou seja, a Internet participada, em que o utilizador não é só um cliente, mas também – e principalmente – um fornecedor de informação e, mais relevante ainda, um elemento na colaboratividade horizontal, aspectos particularmente queridos numa aprendizagem mais construtiva

e partilhada (Carvalho, 2008). Em todos os casos, o *e-learning* e os contributos particulares dos ambientes da Web 2.0, como fóruns, *chats*, *wikis*, etc., permitem uma dinâmica educativa mais flexível, mais rasgada, mais sinérgica e mais diversificada.

### **5. Na dose certa...**

A comunidade escolar não pode virar as costas ao desafio das TIC. O futuro “forçará” os docentes a incrementar a quantidade e a qualidade das iniciativas pedagógicas através do recurso às TIC, até porque “um computador não substitui um professor, mas um professor que saiba de computadores pode substituir outro que não saiba”. Quem ficar de fora desta corrida perderá algumas oportunidades. Em todo o caso, é bom que vença sempre a atitude não fundamentalista a respeito das tecnologias e até, através delas, o recentramento da pessoa: as TIC no ensino das ciências, sim, mas ao serviço dos alunos, da comunidade, da humanidade (Paiva, 2005).

É difícil procurar um justo equilíbrio no uso das tecnologias (porque há abusos), na implementação (porque, por vezes, é melhor não implementar) e no alcance das potencialidades (porque as TIC não são uma panaceia). Este equilíbrio, esta “dose certa” (Paiva, 2012), é um desafio que temos de enfrentar.

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos os alunos dos ensinos básico, secundário e superior que, direta e indiretamente, participaram nas construções e avaliações do *software* apresentado. Uma palavra especial para os alunos de pós-graduação envolvidos nas conceções e estudos relatados e para a minha colega Carla Morais, particular entusiasta e participante em muitas das dinâmicas relatadas.

Agradeço à Fundação Francisco Manuel dos Santos, na pessoa do respetivo coordenador para as áreas da educação e ciência, Carlos Fiolhais.

## Bibliografia

- Alves, C., Dores, M., Paiva, J. C., e Morais, C. (2012). Strong Electrolyte Aqueous Solutions: Solute Concentration. Computer Simulation Development. 5.º Encontro de Investigação Jovem da Universidade do Porto (IJUP), Universidade do Porto, Porto, Portugal, 22 a 24 de fevereiro de 2012.
- Arora, P. (2010). Hope-in-the-Wall? A digital promise for free learning. *British Journal of Educational Technology*, 41, 689-702.
- Carmo, H., e Ferreira, M. M. (1998). *Metodologia da investigação: guia para a autoaprendizagem*, Lisboa, Universidade Aberta.
- Carr, N. (2012). *O que a Internet está a fazer aos nossos cérebros – os superficiais*, Lisboa, Gradiva (no prelo).
- Carvalho, A. (org.) (2008). *Manual de ferramentas da Web 2.0 para professores*. Lisboa, DGIDC, Ministério da Educação. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/8286> [consultado em fevereiro de 2011].
- Cascio, J. (2009), Get Smarter, *Atlantic*, julho/agosto de 2009. Disponível em: <http://www.theatlantic.com/magazine/archive/2009/07/get-smarter/307548/>
- Durant, W., e Durant, A. (1961). *The age of reason begins*, Nova Iorque, Simon & Schuster.
- Figueiredo, A. D. (1995). *O futuro da educação perante as novas tecnologias*. Disponível em: <http://eden.dei.uc.pt/~adf/Forest95.htm> [consultado em fevereiro de 2011].
- Fiolhais, C., Fiolhais, M., Paiva, J. C., Gil, V., Morais, C., e Costa, S. (2008). 9 CFQ – *Viver melhor na Terra – Ciências Físico-Químicas 9.º ano, Manual Multimédia*, Lisboa, Texto Editores.
- GEPE/ME. (2008). *Modernização tecnológica do ensino em Portugal. Estudo de Diagnóstico*. Lisboa: Ministério da Educação.
- INE (2011). Instituto Nacional de Estatística. *Inquérito à utilização de tecnologias da informação e da comunicação pelas famílias*.
- Morais, C., e Paiva, J. C. (2006). Roteiros de exploração – usando o programa sobre equilíbrio químico “Le Chat”. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 100, 87-89 e destacável. Disponível online em: [http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ\\_100\\_999\\_23.pdf](http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ_100_999_23.pdf)



- Morais, C., e Paiva, J. C. (2007). WebQuest improvement of the chemical equilibrium study, The Sixth IASTED International Conference on Web-based Education (WBE 2007), Le Majestic Centre De Congrès, Chamonix, France, 14 a 16 de março. Disponível em: <http://www.WebQuests.ptdeveloper.net/wqeq/>
- J. C. Paiva, C. Figueira, C. Brás, R. Sá (2004). e-learning: o estado da arte, Sociedade Portuguesa de Física – Softciências.
- Paiva, J. C. (2005). As TIC no ensino das ciências físico-químicas. Sessão Plenária. Encontro de Educação em Física: O Ensino da Física no século XXI, Braga, 27-33.
- Paiva, J. C. (2010). Atividades com os pais no computador (APC). *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 118, 57-60. Disponível online em: [http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ\\_118\\_057\\_27.pdf](http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ_118_057_27.pdf)
- Paiva, J. C. (2012). *Quase poesia quase química* [e-book]. ISBN: 978-989-97667-1-6, Disponível em: <http://www.spq.pt/publicacoes/poesia>
- Paiva, J. C., e Costa, L. A. (2005). Roteiros de exploração-valorização pedagógica de software educativo de Química. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 96, 64-66.
- Paiva, J. C., e Costa, L. A. (2010). Exploration guides: improving the use of educational software, *Journal of Chemical Education*, 87 (6), 589-591.
- Paiva, J. C., e Morais, C. (2010). WebQuests: incremento pedagógico da Internet no ensino da Química. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 119, 55-59.
- Paiva, J. C., e Morais, C. (2012) Multimédia no ensino da Química: alicerces de *e-learning* no desenho de estratégias de eficácia pedagógica e de formação de promotores de literacia científica. Workshop de *e-learning* da Universidade do Porto, Faculdade de Medicina Dentária, Porto, Portugal, 11 de janeiro de 2012.
- Paiva, J. C., Ferreira, A., Fiolhais, C., Fiolhais, M., e Ventura, G. (2008). *11Q – Química 11.º ano, Manual Multimédia*, Lisboa, Texto Editores.
- Paiva, J., Moreira, L., Teixeira, A., Mouta, A., Paulino, A., Ascensão, M., e Gonzaga, P. (2012). Information and communication technologies integration in primary school in Portugal: from technological to educational empowerment – a comprehensive overview of the 4 year Magalhães Project. In Tilmanis, L. (Org.) *Analyzing education technology integration and impact on education transformation in large countrywide schools systems: the cases of Argentina, Malaysia, Macedonia and Portugal*. 2012 WERA Focal Meeting.

- Papert, S. (1994). *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre, Brasil, Artes Médicas.
- Reis, E. A. C. F. (2011). Estudo da evolução do conceito de átomo através de uma Atividade com os Pais no Computador (APC), *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 120, 57-60. Disponível em: [http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ\\_120\\_057\\_27.pdf](http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ_120_057_27.pdf)
- Veen, W. (2001). Teaching Homo Zappiens. New approaches for new generations [online]. Disponível em: <http://www.pb.edu.jonkoping.se/homozappiens/Jonkoping2001-filer/frame.htm>.
- Weizenbaum, J. (1976). *Computer Power and Human Reason: From Judgment to Calculation*, Nova Iorque, Freeman.

### **João C. Paiva**

João Carlos de Matos Paiva é Professor Auxiliar no Departamento de Química (Secção de Educação), da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. É doutorado em Química pela Universidade de Aveiro e agregado em Didática pela mesma Universidade. O seu principal interesse profissional situa-se nas aplicações pedagógicas das Tecnologias de Informação e Comunicação, particularmente no domínio da Química.

“Um programa educacional bem concebido deve ter em conta tanto a arquitectura cognitiva humana como os princípios multimédia, para assegurar que os alunos irão trabalhar num ambiente atractivo, eficiente e eficaz em matéria de concretização de objectivos”

**Jeroen van Merriënboer**

“Os recursos digitais não são autossuficientes (...).  
O protagonismo do professor, o seu espírito crítico e discernimento são absolutamente fundamentais.”

**João Paiva**

“Quando se fala de tecnologia, fala-se de acesso e de acessibilidade, mas também de controlo (*empowerment*), apropriação e utilização crítica e criativa.”

**Secundino Correia**

Outros títulos da coleção “Questões-chave da Educação”

Em 2010

- O valor de educar, o valor de instruir
- Fazer contas ajuda a pensar?
- Como se aprende a ler?

Em 2011

- Em causa: aprender a aprender
- Aprender uma segunda língua
- O valor do ensino experimental

Em 2012

- A Avaliação dos alunos
- As Novas Escolas

Uma edição:

  
**FUNDAÇÃO**  
FRANCISCO MANUEL DOS SANTOS

Com o apoio:

 **Porto  
Editora**

ISBN 978-989-8424-60-0



9 789898 424600