



Análise do valor didático de imagens presentes em livros de Biologia para o ensino médio

An analysis of instructional value of
images in Biology textbooks

Francisco Ângelo Coutinho

Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Educação
fac01@terra.com.br

Adriana Gonçalves Soares

Instituto Educacional Gabriela Leopoldina
Prefeitura de Belo Horizonte
adrianagsoares@yahoo.com.br

Selma Ambrosina de Moura Braga

Centro Pedagógico
Universidade Federal de Minas Gerais
selmamura@uai.com.br

Andréa Carla Leite Chaves

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
andreacarlachaves@yahoo.com.br

Fernanda de Jesus Costa

Fundação Helena Antipoff – Instituto Superior de Educação
fernandinhajc@yahoo.com.br

Resumo

O artigo analisa o valor didático de imagens presentes em quatro coleções de Biologia para o Ensino Médio, com base no modelo de memória operacional e da teoria da carga cognitiva.

Inicialmente, as imagens foram classificadas de acordo com quatro categorias: “decorativa”, “representacional”, “organizacional” e “explicativa” (Mayer, 2001, p. 76-77). Após, para a análise do valor didático das imagens, foram utilizados três princípios advindos da teoria cognitiva: coerência, sinalização e contigüidade. Posteriormente, as imagens foram categorizadas como “sem valor didático”, “com carga cognitiva alta” – aquelas de difícil leitura pelo aluno – e “com carga cognitiva baixa” – aquelas de mais fácil leitura pelo aluno. Encontrou-se uma alta prevalência de imagens “sem valor didático” e “com carga cognitiva alta”, em detrimento das imagens “com carga cognitiva baixa”. Isto pode dificultar a organização e processamento das informações na memória operacional do leitor e prejudicar o processo de aprendizagem. Espera-se que os resultados dessa pesquisa orientem os professores para o estabelecimento de estratégias de leitura do livro didático, distinguindo aspectos meramente ilustrativos de informações essenciais presentes nas imagens.

Palavras-chaves

Livro didático; imagens; memória operacional; carga cognitiva.

Abstract

The article analyses the instructional value of the images in four collected works on Biology for High School. This analysis is based on the working memory model and cognitive load theory. Initially, the images were classified according to four categories: “decorative”, “representational”, “organizational” and “explanatory” (Mayer, 2001, p. 76-77). Afterwards, to analyse the instructional value of images, were employed three principles from the cognitive theory: coherence, signaling and contiguity. Subsequently, the images were categorised as “without instructional value”, “with high cognitive load” –those difficult to be read by the students- and “with low cognitive load” –those easier to be read by the students. It was established a high prevalence of images “without instructional value” and “with high cognitive load” to detriment of images with “low cognitive load”. This can hinder the organizing and processing information in working memory of the reader and undermine the learning process. It is hoped that the results of this research guide teachers in establishing strategies for reading the textbook, distinguishing aspects illustrative of essential information in the images.

Key words

Biology textbook, images, working memory, cognitive load.

Introdução

O objetivo deste artigo é analisar imagens de algumas coleções didáticas de Biologia do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) do Ministério da Educação. Muito embora reconheçamos que o livro não é o único veículo de apresentação de textos didáticos - muitos professores fazem uso, também, de textos de revistas, jornais, literários e outros, ele é, em algumas escolas, o principal “instrumento auxiliar” utilizado pelos professores e alunos como referencial de ensino/aprendizagem. Examinar a metáfora do livro didático como “instrumento” a ser utilizado na sala de aula pode significar um ponto de partida para situá-lo como mediador do ensino de conceitos científicos, da linguagem científica e de outras linguagens. A relevância dessa análise não se situa na perspectiva de criticar as imagens contidas no livro didático, mas visa a considerá-las como se apresentam tomando como referencial os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia.

De acordo com Mayer (2001) a aprendizagem multimídia envolve o uso de palavras e imagens.

O uso de imagens aliadas ao texto verbal é de significativa importância nas ciências naturais. Os cientistas utilizam imagens constantemente em seus laboratórios, apresentações e artigos (POZZER-ARDENGI e ROTH, 2005). Tais imagens incluem mapas, fotografias, diagramas, tabelas, fórmulas, simulações, etc. Segundo Pozzer-Ardenghi e Roth (2005), as imagens são singularmente importantes para a construção do conhecimento científico. Elas constituem um meio amplamente aceito no diálogo científico, tendo um potencial particular para comunicar aspectos da natureza e para indicar o conteúdo de idéias. Knorr-Cetina e Amann (1990), por exemplo, afirmam que, embora os filósofos, historiadores e sociólogos da ciência tenham considerado a escrita como a parte central da atividade científica, na verdade, o foco de muitas atividades de laboratório não é o texto, mas as imagens. Como diz Bruzzo (2004): “Conhecer a natureza também é expressar esse conhecimento em palavras e imagens criadas para este fim”.

O uso de imagens, por conseguinte, não poderia deixar de se difundir também nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. Nestes livros, as imagens têm presença destacada. Muitas vezes, as razões oferecidas para esta presença vão desde as alegações sobre o interesse da indústria editorial, ao desinteresse dos alunos pela leitura (BRUZZO, 2004). Aqui, no entanto, compartilhamos da perspectiva de que a comunicação científica tem caráter multimodal, envolvendo a articulação de linguagem verbal e a linguagem imagética (PICCININI e MARTINS, 2004). A nosso ver, as representações visuais nos livros didáticos contam entre os modos semióticos de construção de sentidos. As imagens não seriam, então, meras ilustrações com função acessória (BRUZZO, 2004). Elas possuem valor cognitivo e cumprem importantes funções mediadoras na apropriação da linguagem da ciência escolar pelo aluno, e mesmo para o professor (PICCININI e MARTINS, 2004).

Esta posição alinha-se a resultados de pesquisas na área da psicologia cognitiva. Diversas pesquisas realizadas por Mayer e colaboradores (por exemplo, MAYER e GALLINI, 1990; MAYER e ANDERSON, 1991 e 1992 e MAYER, 2001) demonstram que se aprende melhor por meio de palavras e imagens do que por meio de palavras somente. No entanto, como veremos, nem toda imagem e nem toda relação texto-imagem é igualmente eficiente em promover a aprendizagem. Simplesmente adicionar palavras e imagens não garante um acesso à aprendizagem (MAYER, 2005a).

Torna-se, assim, importante compreender como se dá o uso de imagens nos livros didáticos de Biologia e sugerir modos de se incorporar imagens e texto verbal nestes livros. Ainda, uma vez compreendidos os obstáculos a uma aprendizagem eficiente promovidos pela diagramação e planejamento inadequados do livro didático, o professor pode desenvolver e utilizar estratégias que minimizem os problemas encontrados.

O ponto de partida de nossa pesquisa é a idéia de que as mensagens instrucionais, planejadas a partir dos resultados de pesquisas de como o sistema cognitivo humano funciona, têm maior possibilidade de promover uma aprendizagem eficiente (MAYER, 2005a). Buscamos, então, num primeiro momento, explicitar algumas idéias sobre a arquitetura cognitiva humana, advindas da psicologia cognitiva e da neurociência cognitiva. Na seqüência, a partir de alguns aspectos da cognição humana, extraímos alguns princípios de como se construir relações entre texto e imagem. Junto a isto apresentamos a análise de imagens de alguns livros didáticos de Biologia. Nas considerações finais, projetamos algumas recomendações para a área e para desdobramentos futuros da pesquisa.

Referências teóricas. Alguns elementos da arquitetura cognitiva humana e os fundamentos dos princípios de análise.

Nosso estudo baseia-se em três princípios teóricos sobre a aprendizagem (MAYER, 2005b): a) o sistema humano de processamento de informação inclui dois canais, um canal visual/pictórico e outro verbal/auditivo; b) devido aos limites do sistema de memória, cada canal tem uma capacidade limitada de processamento de informação; c) os seres humanos se engajam ativamente no processo de cognição durante a aprendizagem.

A concepção de canais separados para o processamento da informação está associada à teoria do código duplo (PAIVIO, 1986; CLARK e PAIVIO, 1991). De acordo com esta teoria, a cognição humana utiliza um sistema de códigos para representar a informação verbal (oral ou escrita) e outro para representar a informação visual. As imagens mentais são códigos analógicos e nossas representações mentais de palavras são realizadas em um código simbólico. Estes dois códigos organizam a informação em conhecimentos para a ação, armazenamento e recuperação posterior (STERNBERG, 2008, pp. 226-228). Assim, a percepção tanto de textos quanto de imagens se dá por meio dos olhos; porém, após a entrada pelo sistema perceptivo, textos são transferidos para o canal verbal e imagens para o canal pictórico.

Porém, os seres humanos têm uma capacidade limitada quanto ao total de informação que podem processar (MAYER, 2005a). Esta limitação é, em grande parte, devida ao funcionamento do sistema mnemônico humano. Quando um evento qualquer ativa o sistema neural, como ler uma palavra, analisar uma imagem ou ouvir um som não verbal, o primeiro processo a ocorrer é na chamada memória sensorial (LENT, 2001, pp. 599-600). Esta memória tem a característica de ser pré-consciente e ter um limite de retenção ultra-rápido (LENT, 2001, p. 600).

Após a entrada da informação e sua passagem pela memória sensorial, o próximo passo é a seleção do que poderá ser armazenado durante um tempo suficiente para orientar o raciocínio imediato, a resolução de problemas ou para a ação comportamental (LENT, 2001, p. 600). Este tipo de memória é denominado memória operacional. A memória operacional é definida como um sistema ativo de memória que é responsável, simultaneamente, pela manutenção e processamento da informação (BAYKISS et al., 2005). A memória operacional é um sistema de capacidade limitada que armazena e manipula a informação temporariamente para a execução de tarefas complexas, tais como compreensão, aprendizagem e raciocínio (BASSELEY, 2000). Deve-se ressaltar que a memória operacional não lida exclusivamente com informações provenientes da memória sensorial, utiliza também informações armazenadas na memória de longa duração (LENT, 2001, p. 600).

Segundo o modelo de Baddeley (1992 e 2000), construído a partir de evidências de experimentos fisiológicos, neurologia clínica e psicologia cognitiva, a memória operacional é constituída por um componente conhecido como executivo central e três componentes de apoio: a alça fonológica, o esboço viso-espacial e o “buffer” episódico. O componente executivo extrai informação da memória de longa duração e coordena a atividade dos demais componentes. É ele que decide qual informação processar e como fazê-lo. Um dos papéis do componente executivo é decidir como dividir a atenção entre diferentes tarefas (GOLDSTEIN, 2008, p. 156). A alça fonológica mantém por pouco tempo a informação para a compreensão verbal e para a repetição acústica. O esboço viso-espacial guarda por um tempo curto algumas imagens visuais. Finalmente, o “buffer” episódico é um sistema de capacidade limitada que conecta a informação dos sistemas subsidiários e da memória de longo prazo em uma representação episódica unitária (STERNBERG, 2008, pp. 168-169).

Além de ser um tipo de memória de curta duração, que perde seu conteúdo em torno de 20 segundos (PETERSON e PETERSON, 1959), a memória operacional é severamente limitada também quanto à quantidade de informação que pode reter. Miller (1956) demonstrou que a memória operacional é capaz de manter somente sete elementos de informação e pode processar, no sentido de combinar, contrastar ou manipular, não mais do que 2 a 4 elementos de informação.

Assim, quando um aluno se depara com uma imagem, somente partes dos detalhes podem ser retidas na memória operacional, devido à capacidade limitada desta de reter e manipular informações. O aluno, então, constrói um modelo mental a partir de alguns detalhes da imagem, e não uma cópia exata do material apresentado. O fato de não sermos capazes de fazer uma cópia exata do material apresentado, mas tão somente lidar com fragmentos da informação, vale para ler um texto, assistir a um documentário ou analisar uma simulação composta de imagens (paradas e em movimento), textos e sons. (MAYER, 2005b)

O próximo passo é a retenção da informação na memória de longo prazo. Neste processo, alguns aspectos selecionados ficam disponíveis para serem lembrados. Diferentemente da memória operacional, a memória de longo prazo tem uma capacidade muito grande e pode armazenar informações por longos períodos de tempo (STERNBERG, 2008, p. 160; MAYER, 2005b). Deste modo, os seres humanos se engajam ativamente no processo de cognição, com o objetivo de construir uma representação mental coerente da experiência. Este processo ativo envolve atenção, organização e integração da informação com outros conhecimentos (MAYER, 2005b).

Segundo Mayer (2005b), para que uma aprendizagem eficiente ocorra, quando se trata de uma aprendizagem a partir de texto e imagem, o aluno emprega cinco processos cognitivos: 1) seleção de palavras relevantes para o processamento na memória operacional verbal; 2) seleção de imagens relevantes para o processamento na memória operacional visual; 3) organização das palavras selecionadas em um modelo verbal; 4) organização das imagens selecionadas em um modelo visual; e, finalmente, 5) integração das representações verbais e visuais com um conhecimento prévio. A Figura 1 sumariza estes eventos. Deve-se marcar que estes processos não ocorrem necessariamente nesta ordem linear. É importante notar que a aprendizagem requer que o aluno coordene e monitore estes cinco processos (MAYER, 2005b).

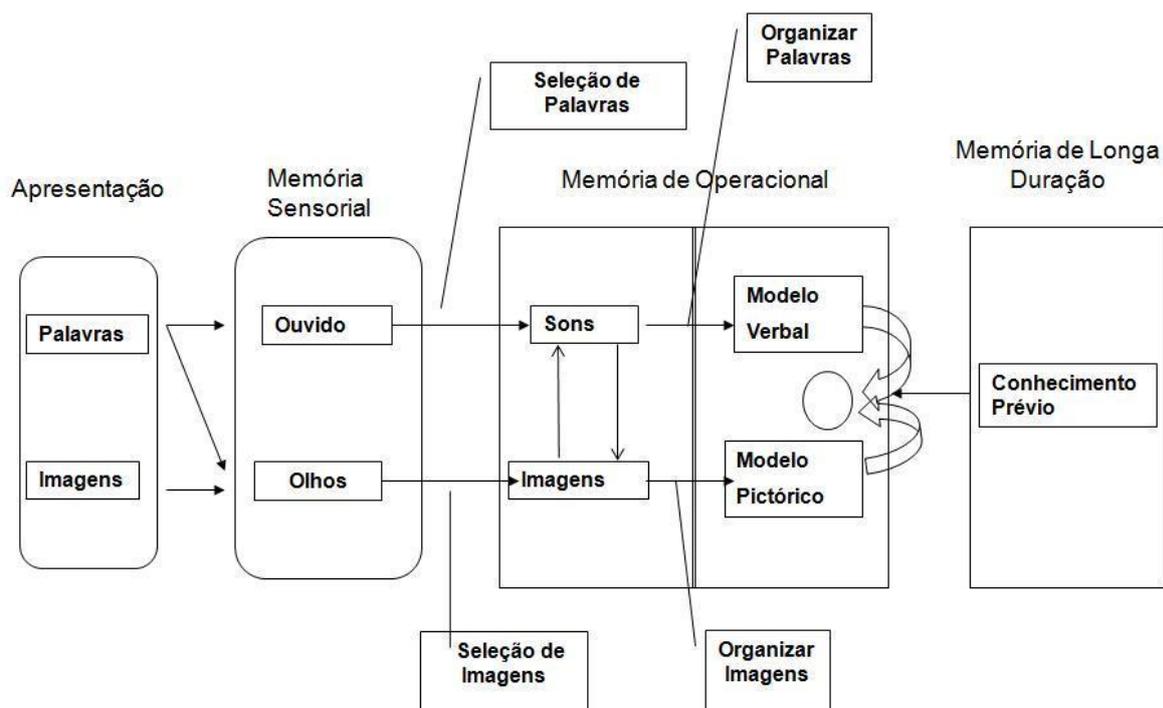


Figura 1: Teoria cognitiva da aprendizagem a partir de texto e imagem. Modificado a partir de Mayer (2005b, p. 37)

Segundo este modelo, portanto, o material didático que faz uso de imagens e texto escrito será tanto mais efetivo quanto mais seu planejamento estiver alinhado à arquitetura cognitiva humana. Este pressuposto assenta-se sobre a idéia de que uma carga cognitiva supérflua ocorrerá quando o material didático desconsiderar alguns princípios básicos de construção (SWELLER, 1988 e 2005). A carga cognitiva é o resultado das demandas sobre a memória operacional e resulta do esforço imposto pela informação que deve ser mantida na memória operacional mais a informação que deve ser processada. Por exemplo, somar 3 e 5 é relativamente fácil, pois impõem pouca carga sobre a memória operacional. No entanto, multiplicar 725 por 93 de cabeça, impõe um grande esforço, pois deve-se reter simultaneamente os produtos intermediários do cálculo na memória operacional enquanto se realiza os demais passos da operação (CLARK e LYONS, 2004, p. 106). Existem três categorias de carga cognitiva: supérflua, intrínseca e efetiva.

A carga cognitiva supérflua é causada por planejamento didático inapropriado, que ignora ou não respeita os limites da memória operacional (SWELLER, 2005). Por exemplo, quando um texto verbal possui passagens interessantes, mas desnecessárias para compreensão do tópico de ensino ou quando a imagem possui elementos estranhos ou desnecessários. Neste caso, exige-se do aluno um processamento supérfluo, que é definido como aquele requerido quando uma mensagem didática contém muitos detalhes, adornos, informação gratuita, ou quando o *layout* do material é confuso (MAYER, 2005a, p. 198)

A carga cognitiva intrínseca é devida à complexidade natural da informação que deve ser processada. Ela é determinada pelo nível de interatividade dos elementos. Por exemplo, na aprendizagem de uma fórmula de reação, a simplificação ou exclusão de qualquer informação inerente a reação pode prejudicar a compreensão do processo. Assim, o conteúdo complexo da informação não pode ser alterado sem prejuízos da aprendizagem (SWELLER, 1988 e 2005).

Finalmente, a carga cognitiva efetiva é aquela resultante do esforço em se adquirir conhecimentos. É a carga relacionada com os processos que contribuem para a construção e

automatização de esquemas na memória operacional (SWELLER, 1988 e 2005). Por exemplo, fornecer ao aluno uma série de exercícios pode aumentar a carga cognitiva efetiva, mas é provável que facilite a memorização ou a aprendizagem.

Portanto, um dos maiores desafios dos planejadores e produtores de materiais didáticos é criar mensagens instrucionais que são sensíveis ou alinhadas às características do sistema cognitivo humano, de tal modo que o total do processamento requerido não exceda os limites médios em cada canal da memória operacional do aluno (MAYER, 2005c). Alcançar um processamento cognitivo toma tempo e requer esforço por parte do aluno e estes recursos são limitados. Se for requerido do aluno que ele se dedique a um processamento de informação desnecessária, ele pode não ser capaz de dar sentido ao material essencial e, portanto, a aprendizagem estará comprometida.

Entre os princípios de planejamento de material multimídia, que faz uso de imagens e texto escrito, como já anunciado, escolhemos três: a) coerência; b) sinalização; e, c) contigüidade espacial. Segundo o princípio de coerência, o aluno aprende melhor quando o material supérfluo ou irrelevante, mesmo que interessante, é suprimido. Segundo Mayer (2001, p. 113), o material irrelevante compete por fontes cognitivas na memória operacional e pode desviar a atenção dos componentes relevantes da lição, dificultar a organização do conhecimento ou levar o aluno a organizar os componentes em torno de um tema inapropriado.

O princípio de sinalização afirma que o aluno aprende melhor quando a mensagem multimídia inclui guias tipográficos ou lingüísticos e técnicas de *layout* que organizam o foco do leitor para o material relevante. Direcionar a atenção do aluno leva-o a focar os elementos importantes para os objetivos da lição e facilita a seleção e organização na memória operacional (CLARCK e LYONS, 2004, p. 71; MAYER, 2005a).

Finalmente, o princípio de contigüidade espacial assevera que o aluno aprende melhor quando as palavras e imagens correspondentes são apresentadas o mais próximo uma da outra na página. Neste caso, o leitor não tem que usar seus recursos cognitivos para uma busca visual na página ou em páginas distantes, facilitando o armazenamento de informações na memória operacional (MAYER, 2001, p 81).

Resumindo, temos o que segue. O princípio de coerência depura o material irrelevante, disponibilizando as capacidades cognitivas do aluno para o processamento do material relevante da mensagem. A sinalização dirige a atenção do aluno para o material relevante, disponibilizando para ele formas de ignorar o material supérfluo ou irrelevante, possibilitando o uso de suas capacidades cognitivas para processar o material relevante. Finalmente, a contigüidade espacial reduz o esforço requerido na exploração visual, evitando o processo de ir e vir entre o texto verbal e a imagem correspondente. Assim, o princípio de coerência elimina o material desnecessário e as técnicas de sinalização e contigüidade espacial fornecem guias que direcionam a atenção do aluno para o material relevante da lição (MAYER, 2005b).

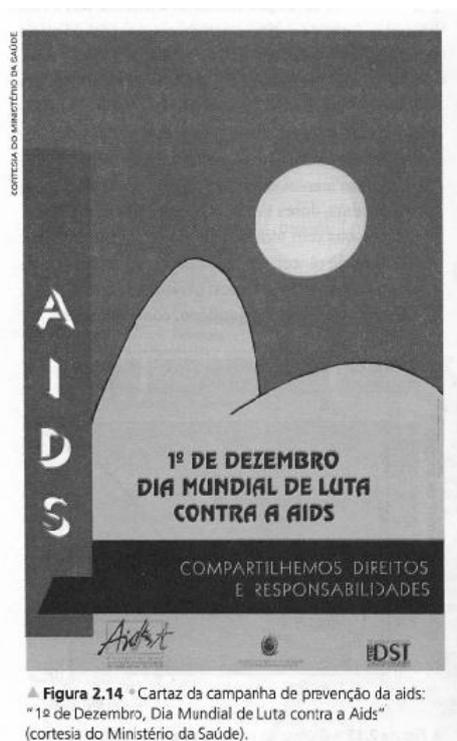
Indicações metodológicas

Como já dito, não foi objetivo desta análise comparar livros didáticos ou avaliá-los. A metodologia aqui proposta visa um estudo exploratório sobre a forma como tais livros são planejados, conforme o conteúdo de suas imagens e das relações destas com o texto verbal, segundo alguns princípios advindos do modelo de memória operacional e da teoria da carga cognitiva.

Foram analisadas 4 coleções de livros didáticos de Biologia que, entre outros, foram avaliadas no PNLEM/MEC e constam do Guia do Livro Didático do Ensino Médio. As coleções analisadas foram as de Linhares e Gewandsznajder (2005), de César e Sezar (2005), de Amabis e Martho (2004) e de Paulino (2005). A determinação dos capítulos analisados foi feita por sorteio. Assim, da coleção de Linhares e Gewandsznajder (2005), foram sorteados 3 capítulos do volume 1, 4 capítulos do volume 2 e 3 capítulos do volume 3. Das demais coleções, foram sorteados 3 capítulos de cada um dos três volumes. Ao todo, foram analisados 37 capítulos, perfazendo um total de 13,12% de todos os capítulos das três coleções. Foram analisadas 676 imagens. Consideramos imagem tudo que não era texto, ou seja, esquemas, desenhos, fotos, diagramas, etc.

O primeiro passo da pesquisa foi identificar as imagens com e sem valor didático presentes nos livros analisados. Para tanto, inicialmente classificamos as imagens de acordo com as quatro categorias propostas por Mayer (2001, pp. 76-77). Segundo Mayer, as imagens de livros didáticos podem ser categorizadas da seguinte forma:

a) decorativas – ilustrações presentes para interessar ou entreter o leitor, mas que não acrescentam informação ao trecho em questão. Por exemplo, o cartaz informativo sobre o dia mundial de luta contra a Aids (Figura 2).



▲ Figura 2.14 - Cartaz da campanha de prevenção da aids: "1º de Dezembro, Dia Mundial de Luta contra a Aids" (cortesia do Ministério da Saúde).

Figura 2: Exemplo de imagem decorativa. (Amabis e Martho, 2004, v.2 , p.42).

b) representacionais – ilustrações que representam um único elemento, tal como a foto do nematóide *Ascaris lumbricoides* (Figura 3).

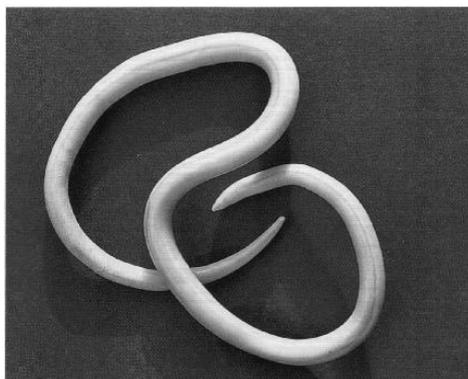


Figura 11.15 - O nematelminto *Ascaris lumbricoides*, a lombriga, fotografado aproximadamente em tamanho natural.

Figura 3: Exemplo de imagem representacional. (Amabis e Martho, 2004, v.2 p. 326).

c) organizacionais – ilustrações que representam relações entre elementos. Por exemplo, uma imagem esquemática de partes do sistema digestório humano (Figura 4).

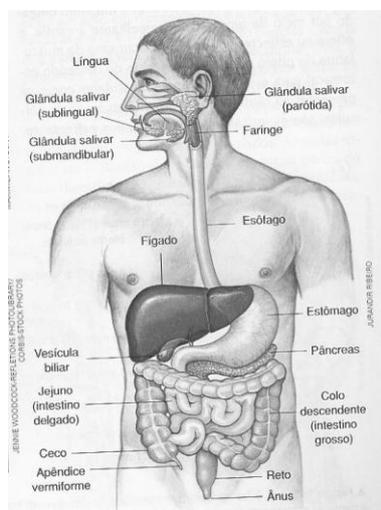


Figura 16.2 - Componentes do sistema digestório humano.

Figura 4: Exemplo de imagem organizacional. (Amabis e Martho, 2004, v.2 p. 473).

d) explicativas – ilustrações que explicam como um sistema funciona, tais como a imagem que mostra as etapas da clonagem (Figura 5).

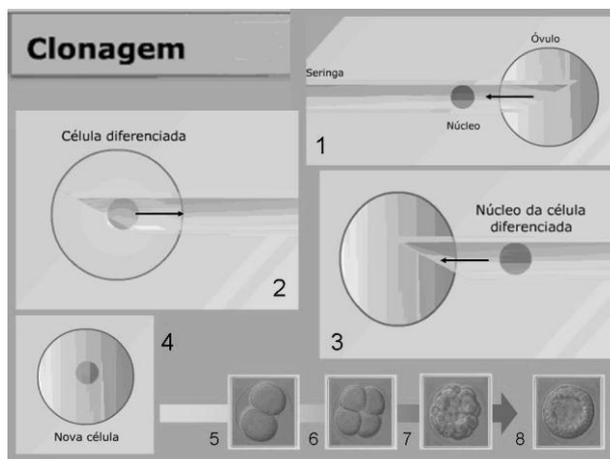


Figura 5: Exemplo de imagem explicativa. (Brasil, 2011).

Ainda segundo Mayer, as imagens decorativas e representacionais não servem a propósitos instrucionais importantes e as imagens organizacionais e explicativas possuem valor didático. Assim, classificamos as imagens das três coleções analisadas em imagens com valor didático (organizacionais e explicativas) e sem valor didático (decorativas e representacionais).

Em seguida, analisamos as imagens com valor didático de acordo com os três princípios de carga cognitiva descritos acima. Para o princípio de coerência, consideramos como não satisfazendo o critério aquelas imagens com elementos desnecessários, antropomorfizações de estruturas ou processos, estruturas e componentes que não faziam parte do tópico em questão e imagens altamente complexas. Algumas destas imagens envolvem aquelas que são combinações híbridas de aspectos esquemáticos, pictóricos e verbais. Este tipo de imagem possui *layout* tão confuso que foi denominado “alucinação conceitual” por Mishar (2004).

As figuras 6 e 7 mostram exemplos de imagens que não satisfazem o princípio de coerência. A imagem presente na figura 6 apresenta um alto grau de complexidade, dificultando seu entendimento.

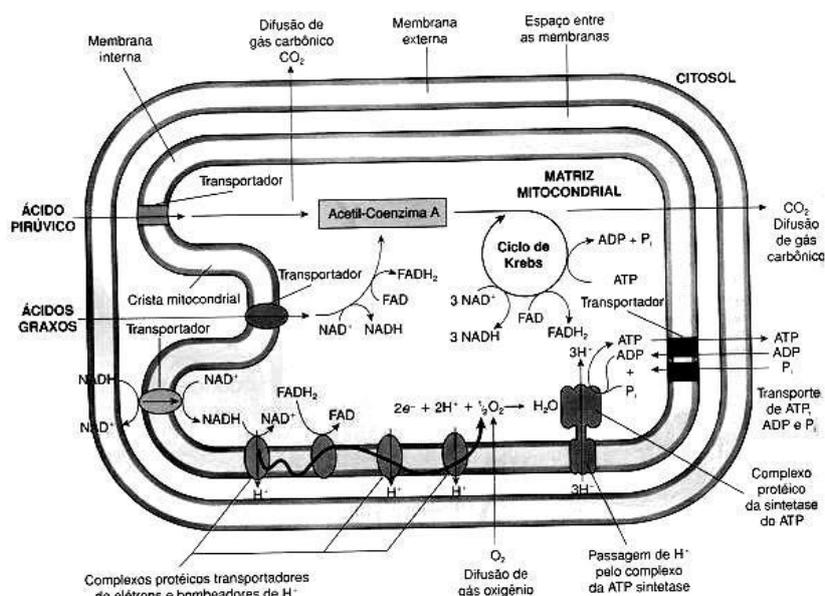


Figura 9.12 - Representação das reações que ocorrem no interior da mitocôndria. Note que ácido pirúvico e ácidos graxos que penetram na mitocôndria (à esquerda) transformam-se em acetil-Coenzima A, o ponto de partida das reações intramitocondriais, dando início ao ciclo de Krebs. Na membrana mitocondrial interna ocorrem as reações da cadeia respiratória e da produção de ATP.

Figura 6: Exemplo de imagem que não satisfaz o princípio de coerência devido à alta complexidade. (AMABIS e MARTHO, 2004, v. 1, p. 214).

A figura 7 não satisfaz ao princípio de coerência por apresentar um erro conceitual. Observando-se a situação B, percebe-se que o nível do líquido no recipiente não se altera, mesmo que ele tenha subido no tubo. O correto seria que, ao subir pelo tubo, o nível do líquido no recipiente abaixasse, comparando-se a situação A com a situação B.

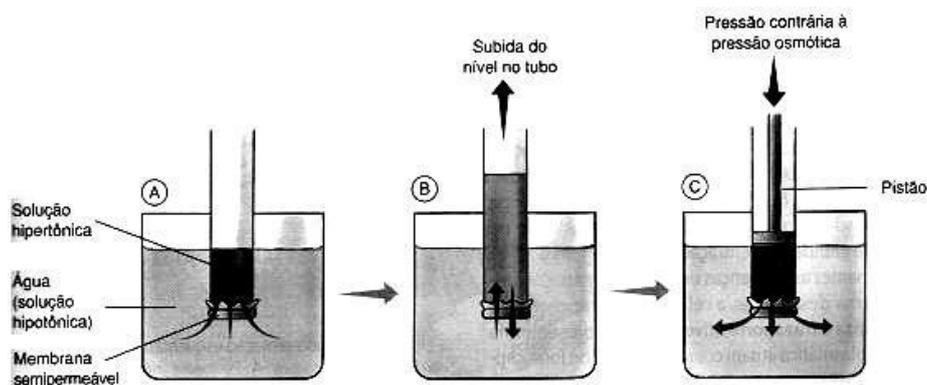


Figura 5.6 - Esquema de um sistema físico para demonstrar a osmose; as setas azuis indicam o fluxo de água. A. Um tubo, tendo na base uma membrana semipermeável, é preenchido parcialmente com uma solução hipotônica e mergulhado em um recipiente com água pura, até que os níveis dos líquidos fiquem na mesma altura. B. A água entra por osmose, elevando o nível do líquido no tubo. C. Um pistão é colocado no tubo e forçado para baixo até que o nível do líquido retorne à posição inicial. A pressão aplicada ao pistão equivale à pressão osmótica da solução contida no tubo.

Figura 7: Exemplo de imagem que não satisfaz o princípio de coerência devido a um erro conceitual. (AMABIS e MARTHO, 2004, v. 1, p. 113).

Quanto ao princípio de sinalização, consideramos como não satisfazendo o critério aquelas imagens que não possuam destaques nítidos para as estruturas ou processos objetos da lição, seja por meio de cores ou nomeando os elementos relevantes de modo destacado. Como este princípio também diz respeito, no nosso entender, às relações entre as imagens e o texto verbal do livro, consideramos não satisfazendo o critério direcionamentos restritos às indicações comumente encontradas, tal como “Figura X”. Consideramos como satisfazendo o critério, pelo menos, quando havia a expressão “Veja a Figura X”. Caso o texto verbal do livro destacasse os elementos no texto e tais elementos estivessem igualmente destacados na imagem, por exemplo, com o uso de cores, no nosso entender, satisfaria o critério.

A figura 8 reúne alguns aspectos que a caracterizam como não sinalizada, pois: 1) não há destaque de nenhum de seus elementos, é demonstrado etapas da fotossíntese sem indicação numérica de início; 2) não existe uma relação direta entre suas informações e o texto que a precede (a imagem demonstra a fase clara e escura da fotossíntese, enquanto o texto aborda sobre ciclo das pentoses) 3) no texto verifica-se apenas indicação da fase escura (página anterior) sem abordar a fase clara que também está representada.

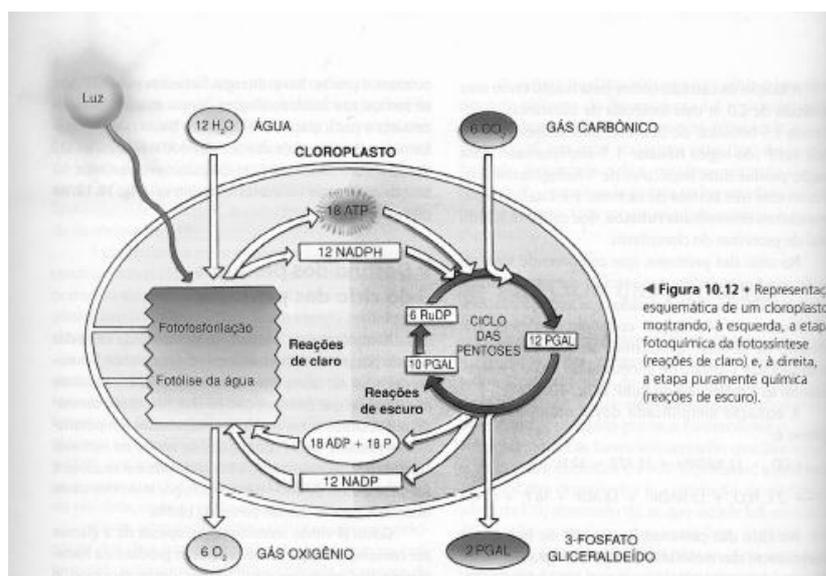


Figura 8: Exemplo de imagem não sinalizada. (AMABIS e MARTHO, 2004, v. 1, p. 238)

Finalmente, quanto ao princípio de contigüidade espacial, dividimos a página em quadrantes e consideramos como satisfazendo o critério quando imagem e o texto principal ocupavam o mesmo quadrante. No entanto, quando a imagem e o texto verbal estavam lado a lado, muito próximos, mesmo que em quadrantes diferentes, também consideramos como satisfazendo o princípio de contigüidade espacial.

Seguindo estes critérios passamos à tabulação dos dados. Percebemos que as imagens presentes nos livros analisados poderiam ser classificadas conforme três categorias. A primeira categoria foi denominada “sem valor didático”. São exemplos desta categoria as imagens decorativas e representacionais, pelos motivos expostos anteriormente. Em seguida, analisamos as imagens com valor didático (organizacionais e explicativas). Quando um determinado princípio não era satisfeito, atribuímos o valor 0. Por outro lado, quando o princípio era satisfeito, atribuímos o valor 1. Como foram analisados três princípios e a cada princípio poderiam ser designados estes valores, o valor máximo que uma imagem poderia receber seria 3, ao satisfazer a todos os três critérios. A imagem poderia não satisfazer a nenhum dos critérios e, neste caso, teria valor 0. Também poderiam aparecer aquelas imagens com valor 2, por satisfazerem a 2 critérios, e com valor 1, por satisfazer à apenas um critério. Assim, concordamos que as imagens com valor didático seriam categorizadas como “com carga cognitiva baixa”, quanto a elas fossem atribuídos 3 ou 2. Tais imagens estariam, então, alinhadas aos recursos cognitivos do aluno. Por outro lado, as imagens a que fossem atribuídos os valores 1 ou 0 não estariam alinhadas aos recursos cognitivos do aluno e, neste caso, as categorizamos com “com carga cognitiva alta”. No que segue, apresentamos os resultados e as discussões.

Resultados e discussão

Quanto ao tipo de imagem decorativa, encontrou-se que a coleção de Linhares e Gewandsznajder não apresentou este tipo de imagem, a de César e Sezar apresentou 16,2%, a de Amabis e Martho, 6,9% e a de Paulino, 1,2%. Quanto às imagens representacionais, a coleção de Linhares e Gewandsznajder apresentou 18,6%, a de César e Sezar apresentou 40,8%, a de Amabis e Martho, 36,8% e a de Paulino, 55,1%. Já as imagens organizacionais perfazem 42,7% das imagens da coleção de Linhares e Gewandsznajder, 25,4% da coleção de

César e Sezar, 34,5% da coleção de Amabis e Martho e 35,3% da coleção de Paulino. Finalmente, as imagens explicativas totalizam 38,7% das imagens presentes Linhares e Gewandsznajder, 17,6% das imagens presentes em César e Sezar, 21,8% das imagens de Amabis e Martho e 8,4% das imagens da coleção de Paulino. A Tabela 1 resume estes dados.

<i>Tipo</i>	<i>Decorativas</i>	<i>Representacionais</i>	<i>Organizacionais</i>	<i>Explicativas</i>
<i>Coleção</i>				
Linhares e Gewandsznajder	0,0%	18,6%	42,7%	38,7%
César e Sezar	16,2%	40,8%	25,4%	17,6%
Amabis e Martho	6,9%	36,8%	34,5%	21,8%
Paulino	1,2%	55,1%	35,3%	8,4%

Tabela1: Porcentagem dos tipos de imagens presentes em cada coleção.

Com os dados da Tabela 1, construímos um gráfico que representa o índice de imagens sem valor didático presentes em cada coleção (Gráfico 1). Como dissemos, tal índice é dado pela soma das porcentagens das imagens decorativas e representacionais. A coleção de Linhares e Gewandsznajder foi a que apresentou a menor porcentagem de imagens sem valor didático (18,6%) e a de César e Sezar a que apresentou o maior índice (57%). A coleção de Amabis e Martho apresentou 43,7% e a de Paulino 56,3% de imagens sem valor didático.

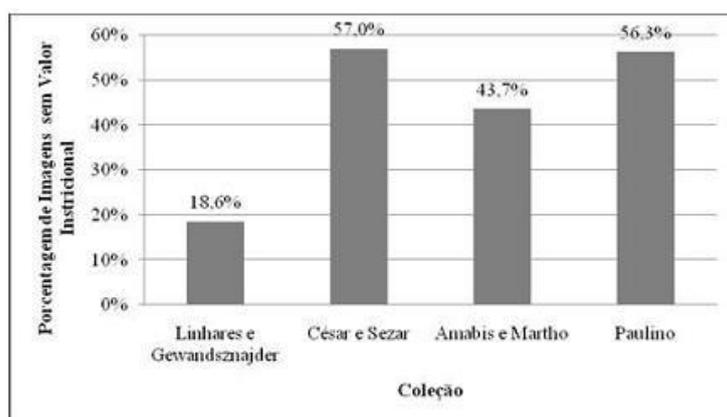


Gráfico 1: Porcentagem de imagens sem valor didático em cada coleção.

A análise das imagens com valor didático (organizacionais e explicativas) quanto aos critérios de coerência, sinalização e contigüidade permitiu a identificação dos seguintes problemas:

- Quanto à coerência: imagens com informações que podem levar a erros de interpretação do conteúdo; aumentos sem escala; imagens com informações em excesso e/ou desnecessárias; imagens com conteúdo sem relação com nenhuma parte do texto.
- Quanto à sinalização: falta de sinalização na imagem e no texto; sinalização no lugar inadequado; sinalização sem destaque ou com pouca clareza.
- Quanto à contigüidade: imagens em quadrantes e até mesmo em páginas diferentes do assunto tratado;

Esses problemas dificultam o entendimento das imagens e a sua localização na página. A Tabela 2 mostra as porcentagens de violação de cada critério (coerência, sinalização e contigüidade) nas quatro coleções analisadas.

Critério violado	Coerência	Sinalização	Contigüidade
Coleção Linhares e Gewandsznajder	58,8%	78,4%	73,2%
César e Sesar	76,8%	92,9%	30,2%
Amabis e Martho	16,3%	38,8%	54,4%
Paulino	13,7%	58,9%	42,5%

Tabela 2: Porcentagem de violação de cada critério, considerando-se o total de imagens com valor didático de cada coleção.

Ao compararmos os resultados das quatro coleções na Tabela 2, percebemos que a ocorrência de imagens que não satisfazem aos critérios varia bastante de uma coleção para outra. A coleção escrita por Linhares e Gewandsznajder apresenta alta incidência de violação dos três critérios. Na coleção de César e Sesar ocorrem as maiores taxas de violação da coerência e da sinalização das imagens. Taxas de violação da coerência e da sinalização foram relativamente baixas na coleção de Amabis e Martho, onde predominou a ocorrência de violação do princípio de contigüidade. A menor taxa de violação do princípio de coerência foi encontrada na coleção de Paulino, que apresenta taxa média de violação dos princípios de sinalização e contigüidade.

O Gráfico 2 apresenta as porcentagens de violação dos critérios (coerência, sinalização e contigüidade) nas imagens com valor didático, considerando-se o conjunto dos resultados das quatro coleções. Nota-se que os critérios sinalização e contigüidade foram os mais violados, quando se considera o total das imagens analisadas.

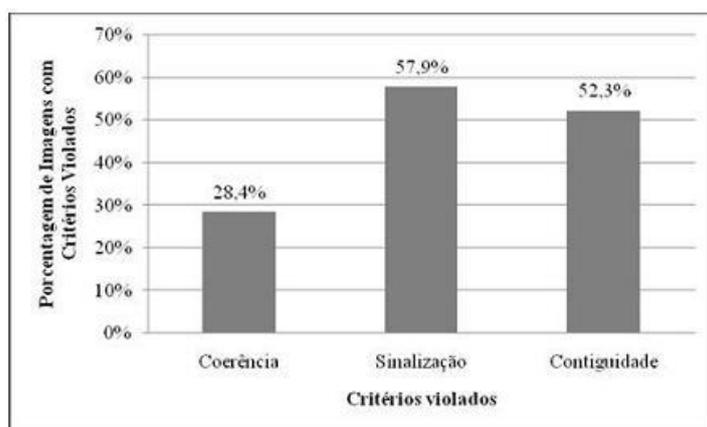


Gráfico 2: Porcentagem de violação dos critérios, considerando-se o total de imagens com valor didático analisadas nas quatro coleções.

Considerando-se as imagens com valor didático presentes nas quatro coleções, o Gráfico 3 mostra que as imagens de carga cognitiva baixa superam as imagens de carga cognitiva alta,

em três coleções. No entanto, a coleção de Linhares e Gewandszajder apresentou uma alta taxa de imagens de carga cognitiva alta (77,3%).

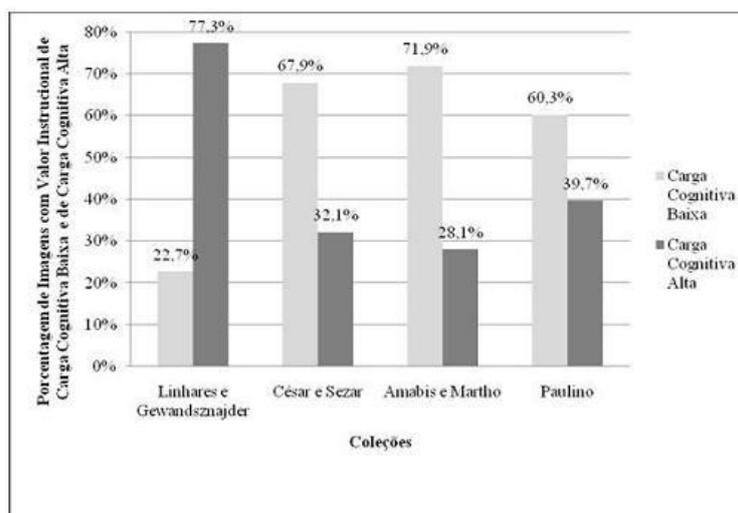


Gráfico 3: Porcentagem de imagens com valor didático de carga cognitiva baixa e alta presentes nas quatro coleções.

Por fim, pelo Gráfico 4, podemos ver que a maior parte das imagens analisadas nas quatro coleções não apresenta valor didático. Podemos perceber, também, que 69,1% referem-se à imagens sem valor didático ou com valor didático de carga cognitiva alta. Essa elevada quantidade de imagens sem valor didático e com valor didático de carga cognitiva alta constitui-se como uma carga desnecessária, excedendo a capacidade cognitiva do aluno de processar de maneira adequada as informações apresentadas nos livros didáticos de Biologia.

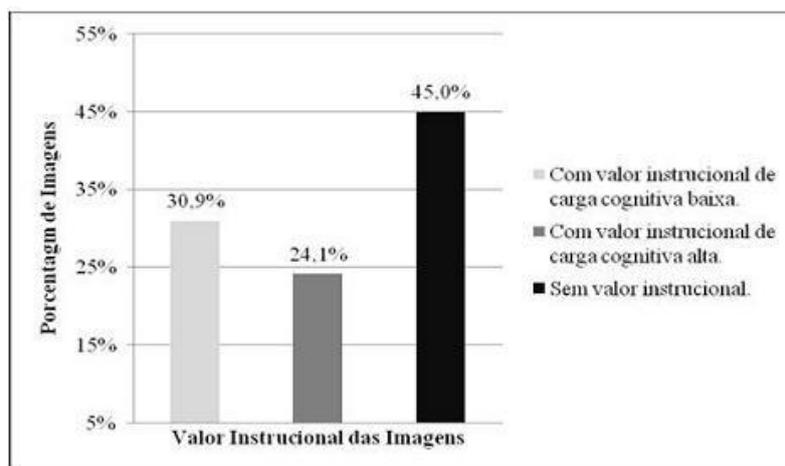


Gráfico 4: Valor didático das imagens presentes nas quatro coleções.

Considerações finais

Nosso estudo apontou para uma grande predominância de imagens sem valor didático nos livros de Biologia do Ensino médio. Estas imagens, somadas àquelas com valor didático de

carga cognitiva alta, perfazem 69,1% das imagens analisadas. Estes achados são preocupantes se considerarmos a importância da imagem na comunicação de idéias científicas e no processo de aprendizagem (MAYER e GALLING, 1990); em todos os níveis de escolaridade e contextos de ensino. Ainda, se atentarmos para o fato de que tanto o espaço do livro didático quanto o tempo e as capacidades cognitivas do aluno são limitados, os editores, e autores de livros didáticos devem ficar atentos a este problema. A análise exploratória das quatro coleções indica a necessidade de que o planejamento e a construção de imagens para o livro didático de Biologia sejam orientados por preceitos e critérios que visem tornar o uso dos recursos pictóricos mais eficientes. Ou seja, deve-se atentar para a utilização dos princípios da teoria da carga cognitiva na elaboração dos materiais didáticos, visando diminuir recursos mentais desnecessários que possam sobrecarregar a memória operacional e maximizar a aprendizagem.

Segundo Santos e Tarouco (2007) é preciso que o professor tenha conhecimentos para avaliar o grau de carga cognitiva presente nos recursos didáticos e pondere sobre as reais contribuições que o seu uso fará em sua prática em sala de aula. Sendo assim, esperamos que os resultados desta pesquisa possam também orientar a ação do professor em sala de aula. Os professores podem estabelecer estratégias de leitura com seus alunos, com o objetivo de facilitar o uso do livro didático, distinguindo os aspectos meramente ilustrativos e separando e apontando as informações essenciais. Pesquisas que levem à criação e difusão destas estratégias, no momento, seriam fundamentais para o uso apropriado do livro didático de biologia.

Em nosso estudo, aplicamos valores idênticos para os três princípios analisados (0 ou 1). No entanto, podemos levantar a hipótese de que um ou outro princípio tenha maior influência na carga cognitiva sobre a memória operacional. Neste caso, tal princípio deveria receber peso maior. Com base nesta possibilidade, estudos empíricos com vistas a esta avaliação deverão ser planejados em pesquisas futuras.

Embora não fosse o objetivo deste trabalho avaliar os livros didáticos, comparando-os quanto às suas vantagens instrucionais, a estratégia teórico-metodológica aqui apresentada aponta para a possibilidade de construção de uma ferramenta de avaliação. No entanto, para que tal ferramenta possa ser construída, outros aspectos da cognição humana devem ser considerados. Por exemplo, precisamos saber sob quais circunstâncias a combinação de imagem e texto é ou não eficiente. Neste caso, não só o modelo do sistema mnemônico e a teoria da carga cognitiva são relevantes, mas também os resultados das pesquisas neurocientíficas e cognitivas sobre percepção e atenção.

Finalmente, toda pesquisa é feita a partir de um ponto de vista e envolve graus de subjetividade. Não se deve imaginar que “descobrimos” as categorias aqui apresentadas, como se elas estivessem ali, prontas a se mostrarem a uma mente alerta. O que aqui se enunciou, mesmo que seguindo os rigores metodológicos descritos, em muito se enriqueceria com replicações do trabalho. Tais replicações poderiam dar maior consistência aos nossos achados, bem como levar a novas propostas de análise do livro didático de Biologia com base nas capacidades cognitivas do aluno. Novamente, estudos sobre percepção e atenção em muito podem contribuir.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos revisores anônimos pelas sugestões e correções que aperfeiçoaram o texto. Somos especialmente gratos também à Editora Moderna e aos autores Amabis e Martho pela autorização no uso das imagens.

Referências Bibliográficas

- AMABIS, J. M. E MARTHO, G. R. **Biologia das Células**. São Paulo, Editora Moderna, 2004.
- AMABIS, J. M. E MARTHO, G. R. **Biologia dos Organismos**. São Paulo, Editora Moderna, 2004.
- AMABIS, J. M. E MARTHO, G. R. **Biologia das Populações**. São Paulo, Editora Moderna, 2004.
- BADDELEY, A. D. **Human memory**. Boston, Allyn & Bacon, 1999
- BADDELEY, A. D. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in cognitive science**, v. 4, p. 417-423, 2000.
- BAYLISS, D. M., JARROLD, C. BADDELEY, A. D. GUNN, D. M. e LEIGH, E. Mapping the developmental constraints on working memory span performance. **Developmental Psychology**, v. 41, p. 579-597.
- BRASIL. **Portal do Professor**. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/aulas/1444/imagens/clonagem_recurso.jpg>. Acesso em: 09 jun. 2011.
- BRUZZO, C. 2004. Biologia: educação e imagens. **Educação e Sociedade**, v. 25, n.89, p. 1359-1378.
- CÉSAR, S. J. e SEZAR, S. **Biologia**. Três volumes. São Paulo, Editora Saraiva, 2005.
- CLARCK, R. C. e LYONS, C. **Graphics for learning**. San Francisco, John Wiley & Sons, 2004.
- CLARCK, R. E. e PAIVIO, A. Dual coding theory an education. **Educational Psychology Review**, v. 3, p. 149-210.
- GOLDSTEIN, E. B. **Cognitive psychology**. Belmont, Thomson, 2008.
- KNORR-CETINA, K. and AMANN, K. 1990. Image Dissection in Natural Scientific Inquiry. **Science, Technology and Human Values**, v. 15, p. 259-283.
- LENT, R. Cem bilhões de neurônios. **Conceitos fundamentais de neurociência**. São Paulo, Editora Atheneu, 2001.
- LINHARES, S. e GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia hoje**. Três volumes. São Paulo, Editora Ática, 2005.
- MAYER, R. E. **Multimedia learning**. Cambridge, Cambridge Universty Press, 2001.
- MAYER, R. E. Introduction to multimedia learning. 2005a. In: MAYER, R. E. (Org.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge, Cambridge Universty Press, pp. p. 31-48, 2005.
- MAYER, R. E. Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles.

2005b. In: MAYER, R. E. (Org.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, p.183-200. 2005.

MAYER, R. E. Principles of Multimedia learning based on social cues: personalization, voice and image principles. 2005c. In: MAYER, R. E. (Org.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, p.201-212. 2005

MAYER, R. E. e ANDERSON, R. B. The instructive animation: helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. **Journal of Educational Psychology**, v. 84, p. 444-452, 1992.

MAYER, R. E. e GALLING, J. K. When is an illustration worth ten thousand words? **Journal of Educational Psychology**, v. 82, p. 715-726, 1990.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**, v. 63, p. 81-97, 1956.

MISHIRA, P. The role of abstraction in scientific illustration: implications for Pedagogy. In: HANDA, C. **Visual rhetoric in a digital world**. Boston, Bedford/St. Martin's, 2004.

PAIVIO, A. **Mental Representations**. New York: Oxford University Press, 1986.

PASS, F. *et al.*, Cognitive load measured as a means to advance cognitive load theory. **Educational Psychologist**, v. 38, p. 63-71, 2003.

PAULINO, W. R. **Biologia Atual**. Três volumes. São Paulo, Editora Ática, 2005.

PETERSON, L. e PETERSON, M. Short-term retention of individual verbal items. **Journal of Experimental Psychology**, v. 58, p. 193-198.

PICCININI, C. e MARTINS, I. 2004. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. **Ensaio: pesquisa em ensino de ciências**, v. 6 n. 1, p. 1-14.

POZZER-ARDENGI, L. and ROTH, W. M. 2005. Photographs in lectures: gestures as meaning-making resources. **Linguistics and Education**, v. 5, p. 275-293.

SANTOS, L. M. A. e TAROUCO, L. M. R. A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. **Novas Tecnologias na Educação**, v.5, n. 1, p. 1-11, 2007.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre, Artmed, 2008.

SWELLER, J. Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In: MAYER, R. E. (Org.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, 2005

Recebido em Março de 2009, aceito em Junho de 2010.