Análise de livro didático de Ciências das séries iniciais com base no modelo da memória operacional e na teoria da carga cognitiva

Leonardo Vaz dos Santos Barbosa*
Francisco Ângelo Coutinho **
Andréa Carla Leite Chaves***

Resumo

Referenciado no modelo de memória operacional e na teoria da carga cognitiva, o trabalho analisa as restrições cognitivas causadas por imagens associadas ao texto verbal, presentes em três coleções de livros didáticos de Ciências das séries iniciais. Neste estudo, inicialmente, classificamos as imagens, conforme as categorias de Mayer, em "decorativa", "representacional", "organizacional" e "explicativa". As imagens que se encaixaram no perfil de imagens decorativas e representacionais foram classificadas como "sem valor instrucional". As que se enquadraram nas categorias organizacionais e explicativas foram analisadas com relação a três princípios de produção de materiais instrucionais: coerência, sinalização e contiguidade. De acordo com estes princípios, as imagens com valor instrucional foram categorizadas como contendo "valor instrucional baixo" ou "valor instrucional alto". Encontrou-se uma alta prevalência de imagens "sem valor instrucional" e com "valor instrucional baixo", em detrimento das imagens com "valor instrucional alto".

Palavras-Chave: Livro didático. Imagens. Memória operacional. Carga cognitiva.

1- Introdução

Ao longo da história de inserção da imagem em diferentes instâncias do espaço escolar e materiais produzidos para esse espaço, como livro didático, são recorrentes as situações de uso das imagens, evidenciando-se alguns pontos de sua contextualização sócio-histórica, em meio às políticas educacionais:

a) como indicador do processo de "modernização" por que vem passando o suporte;
b) como um meio de trazer para dentro da sala de aula linguagens renovadas que circulam na cotidianidade das populações;
c) como tradução didático-metodológica de um ponto de vista sobre as relações de ensino-aprendizagem da língua portuguesa e outras linguagens.

Para se compreender o uso escolar da imagem no livro didático, é conveniente re-

* Aluno do Curso de Ciências Biológicas da PUC Minas. Aluno de Iniciação Científica/PROBIC-PUC Minas.
** Professor do Curso de Pedagogia e do Mestrado Profissional em Ensino – PUC Minas.
*** Professora do Curso de Ciências Biológicas e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da PUC Minas

fletir, inicialmente, acerca de diferentes conceituações de imagem, a partir de três grandes eixos que discutem a natureza de sua constituição: o primeiro eixo, correntes que tendem para seu caráter de convencionalidade, enfatizando a criação de códigos próprios; o segundo, correntes que apontam para a semelhança da imagem com o dado real, como um espelhamento do mundo; ou, ainda, um terceiro, que se identifica com a ideia de conexão física, marca luminosa indicativa da existência do objeto, a exemplo da fotografia (BELMIRO; EVANGELISTA, 2000).

Outro aspecto que parece relevante para o reconhecimento da existência e da importância da imagem em manuais didáticos é a presença do tópico aspectos visuais como um dos critérios de avaliação de livros didáticos propostos pelo MEC, para compor o conjunto de itens do Plano Nacional do Livro Didático/10 (BRASIL, 2009).

Tratada como ilustração, a imagem tem a importância de ajudar na visualização agradável da página. Se há textos muito longos, ela serve para quebrar o ritmo cansativo da leitura. Além disso, ela pode sugerir leituras, apoiá-las do ponto de vista do enredo, construir formas, personagens, cenários, enfim, compor, junto com o texto verbal, um horizonte de leitura. É interessante observar que é mais fácil a realização desse diálogo imagem-texto em livros de literatura infantil e infanto-juvenil do que nos livros didáticos (BELMIRO; EVANGELISTA, 2000).

2 - Indicações teóricas

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 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; PAIVIO, 1991). De acordo com esta teoria, a cognição humana utiliza um sistema de códigos para representar a informação verbal 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, p. 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.

Os seres humanos têm uma capacidade limitada quanto ao total de informações que podem processar (MAYER, 2005b). 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 figura ou ouvir um som não verbal, o primeiro processo ocorre na chamada memória sensorial (LENT, 2001, p. 599-600). Esta memória tem a característica de ser pré-consciente e ter um limite de retenção ultrarrápido (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 pelo 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 (BADDELEY, 1999; 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).

Além de ser um tipo de memória de curta duração, que perde seu conteúdo em torno de 20 segundos (PETERSON; 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 ilustração, somente partes do conteúdo desta imagem podem ser retidas na memória operacional, devido à capacidade limitada desta de reter e manipular informações.

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 da informação e integração desta com outros conhecimentos (MAYER, 2005b).

Portanto, o material instrucional 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 ideia de que uma carga cognitiva supérflua ocorrerá quando o material instrucional desconsiderar alguns princípios básicos de construção (SWELLER, 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 impõe pouca carga sobre a memória operacional. No entanto, multiplicar 725 por 93, de cabeça, impõe um grande esforço, pois devem-se reter simultaneamente os produtos intermediários do cálculo na memória operacional enquanto se realizam os demais passos da operação (CLARK; LYONS, 2004, p. 106). Existem três categorias de carga cognitiva: supérflua, intrínseca e efetiva.

Aqui nos interessa a carga cognitiva supérflua, ou seja, aquela que é causada por planejamento instrucional inapropriado, que ignora ou não respeita os limites da memória operacional (SWELLER, 2005). Por exemplo, quando um texto verbal possui passa-

gens 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 instrucional contém muitos detalhes, adornos, informação gratuita, ou quando o layout do material é confuso (MAYER, 2005b).

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 em cada canal da memória operacional do aluno (MAYER, 2005b). 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 ao processamento de informação desnecessária, ele pode não ser capaz de dar sentido ao material essencial e, portanto, a aprendizagem estará comprometida.

3 - Indicações metodológicas

3.1 Livros didáticos e seleção de imagens

Foram analisadas três coleções de livros didáticos de Ciências que, entre outros, são de ampla divulgação e aceitação no mercado brasileiro. As coleções analisadas foram as de Maíra Rosa Carnevalle (2008), de Marcus Batschke e Milena Passos (2007) e de Juliana Pierrobon Lopez, et al. (2007). A determinação dos capítulos analisados foi feita por sorteio, através de tabela de números aleatórios. Assim, da coleção "Projeto Prosa" de Carnevalle (2008), foram sorteados 3 capítulos da coleção do 2º, 3º e 4º anos. Da coleção "Projeto Buriti" de Lopez et al. (2007) foram sorteados 3 unidades da coleção do 2º, 3º e 4º anos, pois a coleção não trabalha com capítulos e sim, com unidades. Da coleção "Criar e Aprender" de Batschke e Passos (2007), foram sorteadas 2 unidades para os livros do 2º, 3º e 4º ano, e apenas 1 unidade para o livro do 5º ano. Ao todo, foram analisados 31 capítulos/unidades, perfazendo um total de 30,5% de todos os capítulos das três coleções. Foram analisadas 1511 imagens.

3.2 Metodologia de análise

O primeiro passo da pesquisa foi identificar as imagens com e sem valor instrucional presentes nos livros analisados. Para tanto, seguimos a classificação das imagens conforme categorias propostas por Mayer (2001). 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 desenho que ilustra alguns dinossauros e seu hábitat (Figura 1);

Figura 1: Representação de uma floresta pré-histórica e seus habitantes.
Exemplo de uma imagem decorativa.
Fonte: Extraída de Batschke e Passos (2007, p. 69)

b) representacionais – ilustrações que representam um único elemento, tal como a foto de um lobo-guará para representar os animais onívoros.
(Figura 2).

Figura 2: O lobo-guará é um animal onívoro. Exemplo de uma imagem representacional.
Fonte: Extraída de Lopez et al (2007, p. 38).

c) organizacionais – ilustrações que representam relações entre elementos. Por exemplo, um esquema mostrando o envolvimento entre ossos e músculos para realizar movimento (Figura 3).

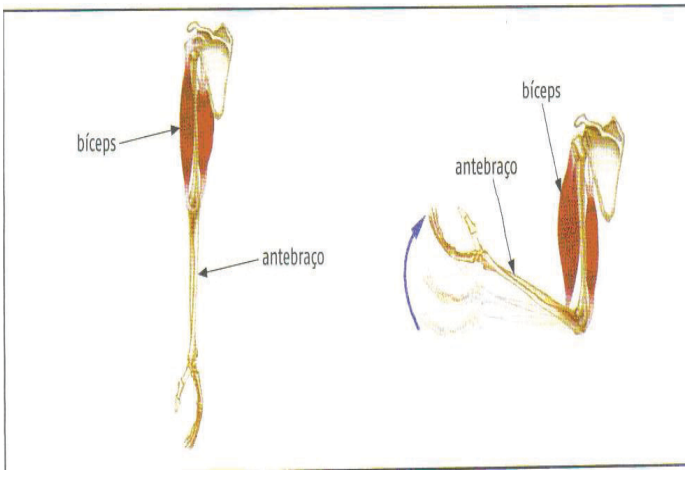

Figura 3: O músculo bíceps contrai e puxa o osso do antebraço. Exemplo de uma imagem organizacional
Fonte: Extraída de Carnevalle (2008, p. 71)

d) explicativas – ilustrações que explicam como um sistema funciona, tais como um esquema mostrando possíveis relações existentes entre uma Castanheira (Figura 4).

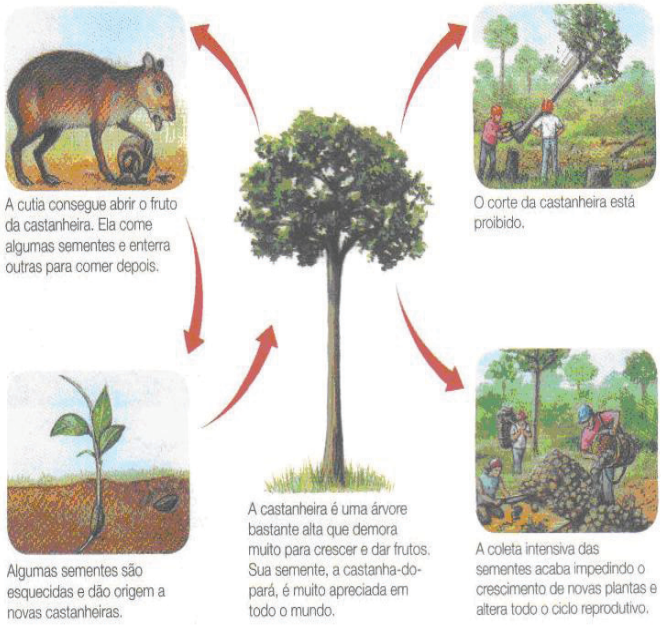

Figura 4: Algumas relações da Castanheira. Exemplo de figura explicativa.
Fonte: Extraída de Lopez et al (2007, p. 79).

As imagens que se encaixam no perfil de imagens decorativas e representacionais foram classificadas como "sem valor instrucional", segundo o referencial de Mayer (2001). As outras imagens que se enquadravam nas categorias organizacionais e explicativas foram analisadas conforme três princípios de redução da sobrecarga cognitiva: coerência, sinalização e contiguidade.

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 linguísticos 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; LYONS, 2004, p. 71; MAYER, 2005b).

Finalmente, o princípio de contiguidade 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).

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 instrucional". São exemplos desta categoria as imagens decorativas e representacionais, pelos motivos expostos acima. Em seguida, analisamos as imagens com valor instrucional. 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 esses valores, o valor máximo que uma imagem poderia receber seria 3, que representa satisfazendo todos os três critérios. A imagem poderia não satisfazer a nenhum dos critérios e, nesse caso, teria valor 0. Também poderiam aparecer aquelas imagens com valor 2, por satisfazerem a 2 critérios, e com valor 1, por satisfazer a apenas um critério. Assim, concordamos que as imagens com valor instrucional seriam categorizadas como tendo "valor instrucional alto", quando 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, nesse caso, categorizamos as imagens com tendo "valor instrucional baixo". No que segue, apresentamos os resultados e as discussões.

4 - Resultados e discussão

Quanto ao tipo de imagem decorativa, encontrou-se que a coleção de Carnevalle apresentou 2,68% desse tipo de imagem, a coleção de Batschke e Passos apresentou 11,06%, a de Lopez et al, 6,68%. Quanto às imagens representacionais, a coleção de Carnevalle apresentou 59,73%, a de Batschke e Passos apresentou 52,57%, e a de Lopez et al, 53,80%. Já as imagens organizacionais perfazem 14,76% das imagens da coleção de Carnevalle, 4,95% da coleção de Batschke e Passos e 18,92% da coleção de Lopez et al. Finalmente, as imagens explicativas totalizam 22,81% das imagens presentes em Carnevalle, 31,42% das imagens presentes em Batschke e Passos e 20,60% das imagens de Lopez et al. A Tabela 1 resume estes dados.

Coleção	Decorativas	Representacionais	Organizacionais	Explicativas
Carnevalle	2,68%	59,73%	14,76%	22,81%
Batschke e Passos	11,06%	52,57%	4,95%	31,42%
Lopez et al	6,68%	53,80%	18,92%	20,60%

Tabela 1: Porcentagem dos tipos de imagens presentes em cada coleção
Fonte: Dados da pesquisa

Com os dados da Tabela 1, construímos um gráfico que representa o índice de imagens sem valor instrucional presentes em cada coleção (Gráfico 1). Como dissemos anteriormente, tal índice é dado pela soma das porcentagens das imagens decorativas e representacionais. A coleção de Lopez et al. foi a que apresentou a menor porcentagem de imagens sem valor instrucional (60,48%) e a de Batschke e Passos a que apresentou o maior índice (63,63%). A coleção de Carnevalle apresentou 62,41% de imagens sem valor instrucional.

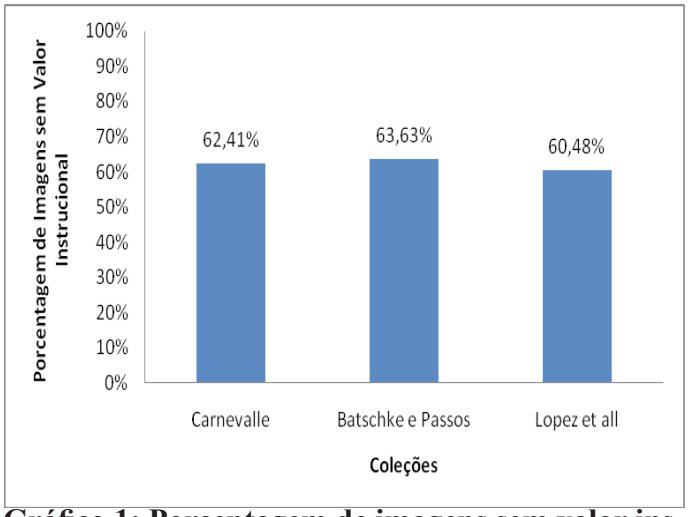

Gráfico 1: Porcentagem de imagens sem valor instrucional em cada coleção.
Fonte: Dados da pesquisa

Quanto ao valor instrucional das imagens presentes nas três coleções, consideramos de "valor instrucional alto" as imagens que, nos critérios de avaliação (coerência, sinalização e contigüidade), tiveram valor entre 0 e 1 e de "valor instrucional baixo" aquelas imagens que, nos critérios de avaliação (coerência, sinalização e contiguidade), tiveram entre 2 e 3 indicações. O gráfico 2 mostra que as imagens com "valor instrucional baixo" superam as imagens com "valor instrucional alto", nas três coleções. No entanto, a coleção de Carnevalle apresentou uma alta taxa de imagens com valor instrucional ruim (27,45%). Levando-se em consideração que um alto grau de valor instrucional presente nas imagens acarreta menor eficiência no processo de aprendizagem, ocorrendo o oposto para imagens com baixo grau de valor instrucional, na coleção de Batschke e Passos encontramos uma maior porcentagem de imagens que favorecem o processo de aprendizagem (98,85%).

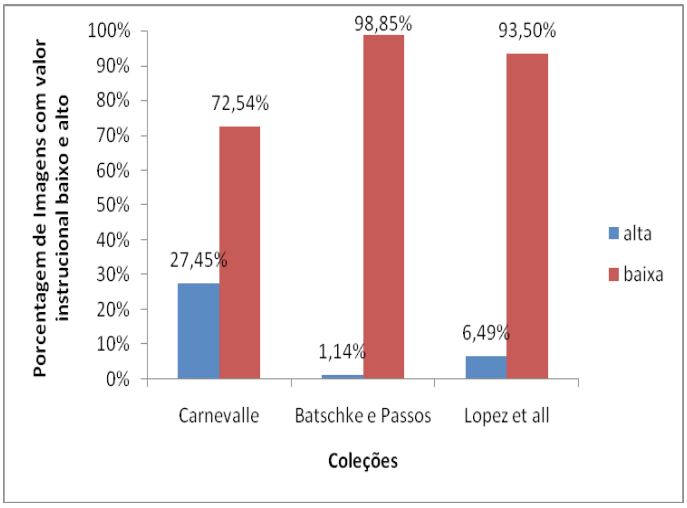

Gráfico 2: Valor instrucional das imagens presentes nas três coleções.
Fonte: Dados da pesquisa

O Gráfico 3 mostra as porcentagens de imagens com valores instrucionais baixo e alto, quando somamos os resultados das três coleções. Podemos observar um predomínio de imagens com valor instrucional baixo entre as analisadas. No entanto, 11,69% das imagens das três coleções são de valor instrucional ruim, ou seja, possuem alto grau de valor instrucional.

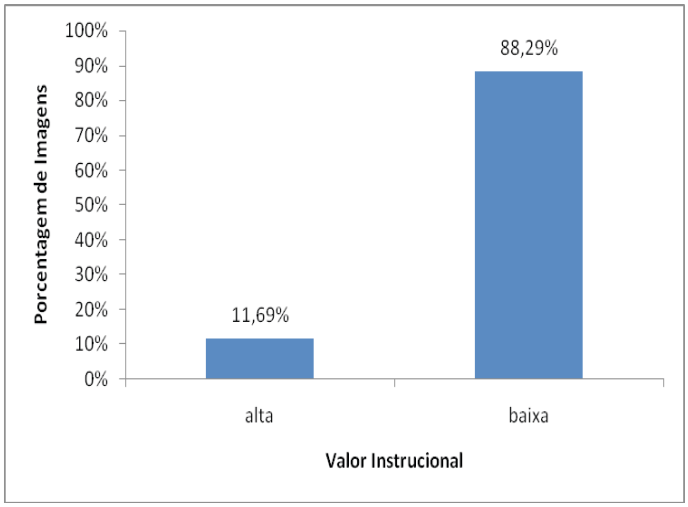

Gráfico 3: Porcentagem de imagens com valor instrucional baixo e alto, considerando-se o total de imagens com valor instrucional analisadas nas três coleções.
Fonte: Dados da pesquisa

5 Considerações finais

Nosso estudo apontou para uma grande predominância, nas coleções de livros didáticos das séries iniciais, de imagens sem valor instrucional (decorativas e representacionais). Segundo a teoria da cognição humana, essas imagens, somadas àquelas com valor instrucional ruim, contribuem muito para uma ineficiência no processo de ensino-aprendizagem. Se considerarmos que tanto o espaço do livro didático quanto o tempo e as capacidades cognitivas do aluno são limitados, os planejadores e construtores de livros didáticos devem ficar atentos a este problema. O estudo exploratório das três coleções indica a necessidade de que o planejamento e a construção de imagens para o livro didático de Ciências sejam orientados por preceitos e critérios que visem tornar o uso dos recursos pictóricos mais eficientes.

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 dessas estratégias, no momento, seriam fundamentais para o uso apropriado do livro didático de Ciências.

ABSTRACT

Based on the model of working memory and cognitive load theory, the article analyzes the cognitive constraints caused by images associated with the verbal text, found in three collections of books of science in the early grades. In this study, initially, we classify the images according to the categories of Mayer: “decorative”, “representational”, “organizational” and “explanatory”. In this way, we could classify the images without instructional value and instructional value. After, for the analysis of the instructional value of images, we used three principles stemming from the cognitive theory: coherence, signaling and contiguity. In our analysis, the images were categorized as containing “high cognitive load”, “low cognitive load” and “no instructional value. We found a high prevalence of images “without instructional value” and “high cognitive load”, rather than images with “low cognitive load”.

Keywords: Textbooks. Images. Working memory. Cognitive load.

Agradecimentos. Os autores agradecem ao PROBIC-PUCMinas pelo financiamento desta pesquisa.

Referências

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.
BATSCHKE, M.; PASSOS, M. Criar e aprender: ciências. São Paulo: FTD, 2007.
BAYLISS, D. M. et al. Mapping the developmental constraints on working memory span performance. Developmental Psychology, v.41, p.579-597, 2005.
BELMIRO, C. A.; EVANGELISTA, A. A. A imagem e suas formas de visualidade nos livros didáticos de Português. Cadernos Pedagógicos e Culturais, 21(72): 11-31, 2000.
CARNEVALLE, M. R. Projeto prosa: ciências. São Paulo: Saraiva, 2008.
CLARCK, R. C.; LYONS, C. Graphics for learning. San Francisco: John Wiley & Sons, 2004.
CLARCK, R. E.; PAIVIO, A. dual coding theory an education. Educational Psychology Review, v.3, p. 149-210, 1991.
LENT, R. Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência. São Paulo: Atheneu, 2001.
LOPES, J. P. et al. Projeto Buriti. São Paulo: Moderna, 2007.
MAYER, R. E. (Org.). The Cambridge handbook of multimedia learning. Cambridge: Cambridge University Press, 2005a.
MAYER, R. E. Cognitive theory of multimedia learning. In: MAYER, R. E. (Org.). The Cambridge handbook of multimedia learning. Cambridge: Cambridge University Press, 2005b. p. 31-48.
MAYER, R. E. Multimedia learning. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 63: 81-97, 1956.
PAIVIO, A. Mental representations. New York: Oxford University Press, 1986.
PETERSON, L.; PETERSON, M. Short-term retention of individual verbal items. Journal of Experimental Psychology, v.58, p. 193-198, 1959.
BRASIL. (Ministério da Educação). Plano Nacional do Livro Didático/2010. Brasilia: Governo Federal, 2009.
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. p. 19-30.