

A IMAGEM DA CÉLULA EM LIVROS DE BIOLOGIA: UMA ABORDAGEM A PARTIR DA TEORIA COGNITIVISTA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA

The image of cell in biology books: an approach from Cognitive Theory of Multimedia Learning

Ricardo Ferreira das Neves [rico.neves2010@gmail.com]

Departamento de Biologia

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Centro Acadêmico de Vitória (CAV)

Rua Alto do Reservatório, s/nº, Bela Vista. Vitória de Santo Antão, PE, Brasil. 55.608-680

Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão [amanjos50@gmail.com]

Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Rua Dom Manoel de Medeiros, s/nº, Dois Irmãos. Recife, PE, Brasil. 52.171-900

Helaine Sivini Ferreira [hsivini@terra.com.br]

Departamento de Educação

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Rua Dom Manoel de Medeiros, s/nº, Dois Irmãos. Recife, PE, Brasil. 52.171-900

Resumo

A pesquisa teve como objetivo analisar o Valor Didático (VD) das imagens referentes ao conceito de célula em Livros de Biologia do Ensino Médio e do Ensino Superior, utilizando como aporte a Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia (TCAM). Com o advento tecnológico houve melhor desenvolvimento nas técnicas de produção de layout e na diagramação das imagens nos livros, visando auxiliar o estudo de conceitos abstratos e muitas vezes complexos, como à célula, entretanto isso nem sempre acontece. A partir da aplicação da TCAM, observamos que as imagens relacionadas ao conceito de célula, nos livros analisados, apresentaram elementos de VD com desvios nos princípios de Coerência, Sinalização e Contiguidade Espacial, sendo esse último, com maior representatividade. Desta forma sinalizamos a necessidade de instituir critérios de aceitabilidade e inclusão das imagens nos livros, uma vez que as imagens representam potencial recurso para diminuir a abstração e facilitar a aprendizagem conceitual.

Palavras-Chave: Livros de Biologia; Imagens; Célula; Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia.

Abstract

The research aimed to analyze the didactic value (VD) of the images related to the concept of cell in biology books of High School and Higher Education, supported by Cognitivist Theory of Multimedia Learning (TCAM). With the technological advent there was a better development of the layout of production techniques and layout of the images in books, in order to help the study of abstract concepts and often complex, such as the cell. However sometimes it not happens. From the application of TCAM principles, we noted that the images related to cell concept presented VD elements with deviations on the principles of Consistency, Signaling and Spatial Contiguity, with great emphasis to the last one. It is necessary to establish eligibility criteria and inclusion of images in books, because the images represent potential resource to reduce abstraction and to facilitate conceptual learning.

Keywords: Biology books; Images; Cell; Cognitive Theory of Multimedia Learning.

INTRODUÇÃO

O advento tecnológico permitiu um aprimoramento nas técnicas de produção de layout e na diagramação de imagens, gráficos e tabelas dos diversos materiais impressos, entre eles, os livros, tornando-os mais atrativos para o leitor (Souza, 2011). Essas mudanças oportunizam uma visualização pictórica mais “acessível” ao estudante, pois nos materiais impressos a presença imagética, compõe e dá sentido da mesma forma que as estruturas linguísticas o fazem (Kress & Van Leeuwen, 1996). Contudo, ainda se percebe propostas insólitas e elementos pictóricos atípicos, que não contribuem para aprendizagem do estudante e eventualmente, geram outras dificuldades conceituais para além das já existentes.

Ao longo dos anos há o uma preocupação crescente com os conteúdos abordados nos livros da Educação Básica, de forma a estabelecer “parâmetros de aceitação”, “critérios de aceitabilidade” ou “padrões qualificáveis”, mas no caso das ilustrações presentes nesses manuais didáticos, a utilização imagética aponta para uma produção pictórica desordenada e que muitas vezes, faz com que a imagem seja inserida com menor relevância em relação ao texto (Mayer, 2001). Tal fato ocorre, em parte, devido à ausência de parâmetros teóricos para fundamentar as escolhas (Santos & Penido, 2011).

Diante desse contexto, Richard Mayer propôs a Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia (TCAM), instituindo valores educativos e estabelecendo princípios norteadores para avaliar o grau didático das imagens, enquanto recurso, no próprio livro e numa dimensão mais ampla em sala de aula (Mayer, 2001). Assim, a TCAM pode ser um suporte para fomentar as observações imagéticas e permitir que o professor antes de inserir a ilustração em suas atividades, avalie aspectos explícitos e implícitos relacionados às imagens, evitando trazer elementos pictóricos complexos e desconfigurados, associados às mesmas.

Direcionando nosso olhar para os livros de biologia e mais especificamente para o conceito de célula, observamos um quantitativo significativo de ilustrações, pois segundo Palmero (2000) e Palmero & Moreira (2002), o conceito de célula é extremamente abstrato e de grande complexidade, o que pode necessitar de um número expressivo de imagens para ajudar no entendimento adequado do conceito, por parte do aluno.

Assim, nesta pesquisa nossa intenção é analisar as imagens sobre o conceito de célula, com relação ao seu valor didático (VD) em Livros de Biologia do Ensino Médio e do Ensino Superior, utilizando como aporte a Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia (TCAM). Consideramos significativo observar, numa primeira instância, como as imagens representam e elucidam a compreensão do conceito de célula, mas acreditamos ser importante extrapolar o contexto do livro, refletindo também, sobre seu caráter educativo e conseqüentemente, como recurso significativo no Ensino de Ciências e Biologia.

A POTENCIALIDADE DAS IMAGENS PARA O ENSINO

As imagens sempre se fizeram presentes no cotidiano das pessoas e se tornam cada vez mais essenciais para compreensão do universo que nos cerca. A sua presença data de tempos antigos, quando o homem se utilizava das imagens em paredes das cavernas, por exemplo, para representar seus hábitos (Santaella & Nöth, 2008). Isso expressa o seu grande potencial informativo, tornando-a um elemento importante para os estudos científicos, principalmente se aliadas a texto verbal (Matos et al., 2010).

As imagens podem representar um objeto, uma situação, um fenômeno e algumas podem se apresentar mais próximas das formas perceptivas, ou seja, do que vemos efetivamente. Também podem ser construídas através de uma estética que implica certo distanciamento iconográfico em relação ao objeto que se deseja representar (Silva, 2006).

É importante salientar que não existe imagem que comunique uma única mensagem aqueles que a observam, pois elas apresentam um caráter polissêmico, possibilitando ao leitor várias interpretações e muitos significados (Barthes, 1990), o que constitui, sem dúvida, uma dificuldade no estabelecimento do seu valor didático.

Também, surgem para diminuir a abstração de determinados conceitos, tornando-os mais perceptíveis ao estudante, facilitando a comunicação de conceitos e ideias, permitindo a identificação os principais pontos de análise e a discussão da relação entre os mesmos e as entidades nelas representadas

(Gouvêa & Martins 2001), além de seu alto valor cognitivo que possibilita a apropriação da linguagem da ciência escolar pelo aluno e pelo professor (Piccinini & Martins, 2004).

A LEITURA DE IMAGENS E A PERSPECTIVA NA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS

Mesmo com tantos potenciais, as imagens podem carregar consigo elementos simbólicos que geram dificuldades na compreensão de conceitos, quando não são introduzidas de modo adequado no livro. Essa dificuldade pode estar relacionada a não transparência imagética, pois em muitos casos elas são apresentadas como representações de ideias ou conceitos instituídos pela subjetividade de seus idealizadores (Silva, 2006). Ou seja, a imagem está sempre impregnada de elementos pessoais, muito mais do próprio autor, que aqueles mais condizentes com as necessidades do estudante.

A presença imagética em livros conota uma relação entre concreto e abstrato, buscando ser mais próxima do real e, pensando nessa relação, Abraham Moles (Moles, 1976 apud Silva, 2006) estabeleceu uma tabela escalar para mensurar as imagens, considerando que quanto maior o seu distanciamento do real, ela vai perdendo os aspectos mais visíveis ou mais próximos do objeto em si, ao mesmo tempo em que incorpora elementos imaginários e simbólicos (Silva, 2006).

Buscando aproximar essa ideia entre abstração e iconicidade, é perceptível que nos materiais escolares se procura trazer ilustrações que detenham maior valor real, para que o estudante possa visualizar uma representação mais próxima daquele objeto de estudo. Sobre essa condição, também percebemos que é necessário certo cuidado ao se trabalhar com as ilustrações, pois representar o abstrato de forma mais real para o indivíduo, não garante que a forma imagética apresentada, seja para o sujeito, em questão, compreensível.

Adentrando nas discussões sobre a célula em sua apresentação imagética, podemos perceber que os livros detêm em grande parte várias imagens, utilizadas para minimizar a abstração relacionada a esse conceito. Contudo, muitas dessas ilustrações, mesmo que não intencionalmente, são carregadas de elementos subjetivos e complexos, criando obstáculos na aprendizagem e fortalecendo ideias através das quais o conceito acaba se tornando de difícil compreensão. Ou seja, a imagem pode implicar em dificuldades cognitivas para os estudantes, devido a uma conotação errônea ou desconfigurada do conceito, no momento de sua elaboração ou inserção no texto.

Para o estudo de conceitos como a célula, por exemplo, a utilização imagética deve corroborar significativamente como um recurso em potencial, o qual estimule o caráter crítico e reflexivo do estudante. Assim, as imagens instituídas nos livros, não podem se apresentar como mais um elemento de observação, cor ou configurativo, mas antes deve propiciar subsídios que permitam melhorar a organização e a estruturação das ideias conceituais.

A TEORIA COGNITIVISTA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA

Visando contribuir para a leitura de imagens no âmbito do Ensino de Ciências; preocupado como as formas imagéticas têm sido apresentadas e como a ilustração poderia corroborar positivamente com a aprendizagem do educando, Richard Mayer em 2001 instituiu a Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia (TCAM), a qual permite avaliar o nível de potencial de imagens contidas nos manuais, livros, textos científicos ou design computacional, fornecendo elementos a partir dos quais o professor pode refletir sobre a ilustração apresentada.

A TCAM estabelece posicionamento no campo da psicologia cognitiva, subsidiada pelas pesquisas da teoria do código duplo de Paivo, o modelo da memória de trabalho de Baddeley, a teoria da carga cognitiva de Sweller, a teoria gerativa de Wittrock e o modelo de aprendizagem significativa de Mayer. O cerne da teoria estabelece que a aprendizagem ocorre quando os materiais visuais e verbais são apresentados simultaneamente, combinando palavras (faladas ou escritas) e imagens (gráficas, ilustrações, fotos, animações ou vídeos) maximizando a eficácia da aprendizagem, podendo ser observada em capítulos de livros didáticos, aulas on-line contendo animação e narração ou jogos de simulação interativos, entre outros (Mayer, 2001). Assim, o princípio multimídia afirma que "as pessoas aprendem mais profundamente a partir de palavras e imagens, do que só a partir de palavras" (Mayer, 2005, p 38).

A teoria visa à compreensão de como usar palavras e imagens para melhorar a aprendizagem. Essa aprendizagem ocorre quando o estudante se envolve em cinco processos cognitivos apresentado em

material visual ou auditivo, conhecidos como princípios instrucionais (Mayer, 2005; Mayer & Moreno, 2007). São eles:

- Seleção de palavras relevantes para o processamento em memória de trabalho verbal;
- Seleção de imagens relevantes para o processamento em memória de trabalho visual;
- Organização de palavras selecionadas em um modelo verbal;
- Organizando imagens selecionadas em um modelo pictórico;
- Integração das representações verbais e pictóricas, uns com os outros e com o conhecimento prévio.

Nesse contexto, a mente humana é limitada em processar diversas informações simultaneamente e o excesso de informação gera um esforço demasiado para a cognição, o que origina uma sobrecarga mental e dificulta a compreensão do conteúdo a ser apreendido. Essas implicações da carga cognitiva na aprendizagem são apresentadas, segundo Mayer (2001), em três tipos:

- **Intrínseca:** imposta pela complexidade do conteúdo do recurso educacional;
- **Natural ou relevante (pertinente):** imposta pelas atividades de ensino que beneficiam o objetivo da aprendizagem;
- **Extrínseca ou irrelevante (estranha):** não interfere na construção e na automatização dos esquemas, o que implica um desperdício de recursos mentais que poderiam ser canalizados para auxiliar a carga natural. Essa condição é causada pelo uso inadequado de métodos, recursos e estratégias inadequadas e a sobrecarga desses elementos visuais e/ou auditivos pode até impedir a aprendizagem.

Para se promover uma aprendizagem de boa qualidade é necessário um equilíbrio entre as cargas que potencie a eficiência do ensino. Desta forma, os ambientes de aprendizagem devem favorecer a diminuição da carga cognitiva extrínseca ou estranha e aumentar a carga cognitiva pertinente. Assim, a elaboração de materiais utilizados para promover a aprendizagem deve objetivar reduzir a sobrecarga cognitiva do aluno e potencializar a sua aprendizagem.

Visando minimizar esse problema Mayer estabeleceu 12 princípios baseados nos três tipos de carga cognitiva, com o intuito de oportunizar ao estudante alcançar melhor desempenho na compreensão do conteúdo (Mayer, 2009). Esses princípios estão descritos no quadro 1, a seguir.

Quadro 1. Princípios Multimídias. Fonte: Sorden (2012, p.08); Illicheva (2011, p.02); Mayer (2009, p.03); Mayer & Moreno (2007, p.02), tradução nossa.

Tipo de Carga	Princípios
Redução de Processamento Estranho	<ul style="list-style-type: none">• Princípio da Coerência: A aprendizagem ocorre melhor quando materiais estranhos (palavras, imagens e sons) são excluídos. As mensagens devem ser claras e coerentes e, por isso, devem excluir informações estranhas e/ou irrelevantes.• Princípio Sinalização: A aprendizagem ocorre melhor quando são adicionados sinais que destacam a organização do material.• Princípio de Contiguidade Espacial: A aprendizagem ocorre melhor quando palavras e imagens são apresentadas perto um do outro na página. A informação verbal e gráfica deverá estar próxima e não separada (mesma página).• Princípio de Redundância: A aprendizagem ocorre melhor com animação e narração do que animação, narração e texto escrito.• Princípio de Contiguidade Temporal: A aprendizagem ocorre melhor quando palavras correspondentes e imagens são apresentadas simultaneamente em vez de sucessivamente. A informação verbal e gráfica deverá ocorrer o mais sincronicamente possível (Como por exemplo: imagem e som simultaneamente).

...continuação do quadro 1.

<p>Gerenciamento de Processamento Essencial</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Princípio da Segmentação: A aprendizagem ocorre melhor quando uma aula é apresentada nos segmentos ao estudante e não como uma unidade contínua. • Princípio de Pré-treinamento: A aprendizagem ocorre melhor quando o estudante recebe pré-treinamento dos nomes e das características dos principais conceitos. • Princípio de Modalidade: A aprendizagem ocorre melhor a partir de animação e narração do que animações e texto escrito.
<p>Promoção de Processamento Generativo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Princípio de Personalização: A aprendizagem ocorre melhor quando as palavras são em estilo de conversação (coloquial), em vez de estilo formal. • Princípio de Voz: A aprendizagem ocorre melhor quando as palavras são faladas por uma simpática voz humana ao invés de voz computacional. • Princípio da Imagem: A aprendizagem ocorre melhor quando a imagem do orador é adicionada à tela. • Princípio de Multimídia: A aprendizagem ocorre melhor com palavras e imagens do que só por palavras. A informação verbal e gráfica combinada produz melhores resultados que cada uma individualmente, devendo a informação gráfica ser relevante à informação verbal.

Assim, percebemos que a TCAM evoca uma série de princípios visando diminuir os problemas cognitivos que envolvem a relação entre imagens e texto. O nosso foco de interesse está em como as imagens podem promover o entendimento ou não de um conceito e buscamos na TCAM suporte teórico para esta análise.

Detendo em vista que o nosso enfoque está relacionado à observação de imagens em livros, elementos estáticos e de cunho ilustrativo, numa perspectiva muito próxima à pesquisa de Coutinho *et al.* (2010) que utilizou apenas três princípios (Coerência, Sinalização e Contiguidade Espacial), relacionados à **redução de processamento estranho**, adotaremos também essa perspectiva.

METODOLOGIA

O presente trabalho representa uma pesquisa de campo de caráter descritivo. Para a coleta dos dados utilizamos livros do Ensino Superior e do Ensino Médio. A escolha está relacionada ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e diretamente a um recorte de nossa Tese de Doutorado sobre o conceito de célula. Sendo assim, temos:

- **Livros do Ensino Superior (LES):** A Célula de Alberts *et al.* (2011) - (1LDES) e Fundamentos da Biologia Celular de Alberts *et al.* (2010) - (2LDES).

- **Livros Didáticos do Ensino Médio (LDEM):** Ser Protagonista Biologia de Catani *et al.* (2010) - (1LDEM); Biologia de Amabis & Martho (2010) - (2LDEM), Biologia de Mendonça & Laurence (2010) - (3LDEM), Novas Bases da Biologia de Bizzo (2010) - (4LDEM) e Biologia de Lopes & Rosso (2010) - (5LDEM).

Para a análise de imagens nesses livros, Mayer (2001) considera a existência de ilustrações Sem e com Valor Didático para a aprendizagem e dependendo dos elementos constituídos na sua elaboração, confere-as um grau satisfatório e não satisfatório, classificando-as em quatro categorias, que a partir das ideias de Coutinho *et al.* (2010), compreendemos:

- **Decorativas (D):** ilustrações presentes para entreter o leitor, mas que não acrescentam informação relevante ao conteúdo ou conceito em estudo. Podemos considerar imagens do tipo propaganda ou de informações que versam sobre outro conteúdo que não traz nenhum valor instrutivo ao leitor. Como exemplo: “01 de dezembro - dia mundial de luta contra a AIDS”. Assim, figuras presentes no contexto do livro didático, que apontam nessa perspectiva ou que não estão associadas às discussões sobre o objeto de estudo, são meramente decorativas.

- **Representacionais (R):** ilustrações que representam um único elemento. Podemos considerar imagens unitárias ou solitárias em que não há indicações de suas partes, elementos ou constituintes. Ou seja, é uma representação única de um ser vivo (macroscópico ou microscópico). Como exemplo, podemos considerar a estrutura básica de uma célula.
- **Organizacionais (O):** ilustrações que apresentam indicações de seus elementos, partes ou constituintes do objeto em estudo. Podemos considerar imagens que descrevem a estrutura de um ser vivo (macroscópico ou microscópico). Como exemplo, podemos considerar a organização de uma célula, indicando os seus constituintes.
- **Explicativas (E):** ilustrações que explicam como um sistema funciona. Podemos considerar imagens que descrevem como um processo pode estar ocorrendo no ser vivo (macroscópico ou microscópico). Como exemplo, podemos considerar a bomba de sódio e potássio no interior de uma célula.

Nesse sentido, para a análise imagética da célula nos livros, utilizamos as propostas da TCAM e observamos as imagens sem e com Valor Didático (VD): Decorativas (D), Representacionais (R), Organizacionais (O) e Explicativas (E). Essas duas últimas estão relacionadas aos três princípios multimídias - Princípio da Coerência (PC), Sinalização (PS) e Contiguidade Espacial (PCE).

Nessa perspectiva, as imagens de Valor Didático são analisadas a partir dos princípios multimídias propostos por Mayer (2005), sendo necessário estabelecer critérios para considerá-la aceitável ou não, de acordo com a TCAM. Assim, foram atribuídos critérios para consideradas como satisfatória (não apresenta desvio multimídia) ou quando não, insatisfatória (apresenta desvio multimídia). Desta forma, utilizamos das ideias de Coutinho *et al.* (2010) para fomentar nossas considerações sobre as imagens da célula nos livros, em relação aos três princípios: (PC), (PS) e (PCE), conforme o quadro 2.

Quadro 2. Relação entre princípios multimídias e critérios de exclusão das imagens. Fonte: Coutinho *et al.* (2010).

Princípios	Crítérios de Análise
Coerência (PC): considera que o material apresentado supérfluo ou irrelevante é suprimido, pois o material irrelevante compete por fontes cognitivas podendo desviar a atenção dos componentes importantes da lição ou dificultar a organização do conhecimento ou ainda direcionar o leitor a organizar os componentes em torno de um tema inapropriado.	Não satisfatório as imagens com elementos desnecessários, antropomorfizações, altamente complexos, desproporcionais em relação ao contexto e com erro conceitual.
Sinalização (PS): considera que a mensagem inclui guias tipográficos ou linguísticos e técnicas de <i>layout</i> que organizam o foco do leitor para o material relevante, pois o leva a focar elementos importantes para os objetivos da lição e facilitar a seleção e organização na memória.	Não satisfatório as imagens que não possuam destaques nítidos para as estruturas ou processos relacionados ao conceito, ausência de cores, falta de nomeação de elementos relevantes de modo destacado ou ainda a falta de inserções de aviso às imagens.
Contiguidade Espacial (PCE): considera que as palavras e imagens correspondentes devem ser apresentadas o mais próximo uma da outra na página. Assim, o leitor não precisa usar de seus recursos cognitivos realizando uma busca visual na página ou em páginas distantes, atrás da imagem, o que colabora para que as informações na memória sejam armazenadas mais facilmente.	Não satisfatório quando na página, a imagem e o texto não ocuparem o mesmo quadrante, ou não estiverem lado a lado ou não estiver próximo, mesmo que em quadrantes diferentes.

Por fim, ressaltamos que, iremos nos debruçar apenas nos capítulos que trazem imagens relacionadas ao conceito de célula, especificamente figuras e ilustrações da célula eucarionte animal. Ou seja, ilustrações presentes nos capítulos escolhidos, mas que não atendem a esse critério não foram consideradas em nossa análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observamos sete livros para a análise de imagens, sendo dois do Ensino Superior (LES) e cinco Livros Didáticos do Ensino Médio (LDEM).

Em nossa análise consideramos um total de 452 imagens, as quais foram distribuídas em duas subcategorias: **Valor não Didático** e **Valor Didático**. Quanto às imagens de Valor não Didático, essas se apresentaram em Decorativas e/ou Representacionais e as imagens de Valor Didático se apresentaram em Organizacionais e/ou Explicativas, conforme Coutinho *et al.* (2010).

Visando uma análise mais específica por imagens de **Valor não Didático** e **Valor Didático**, temos que a soma das imagens decorativas e representacionais perfaz um total em 78 ilustrações, enquanto as organizacionais e as explicativas compreendem um total de 374 ilustrações, evidenciando a supremacia destas últimas tanto nos livros do EM como nos livros do ES.

Assim, o somatório das imagens de valor não didático e didático por livro apresentou, respectivamente: 1LES - 16% e 84%, 2LES - 10% e 90%, 1LDEM - 17% e 83%, 2LDEM - 18% e 82%, 3LDEM - 27% e 73%, 4LDEM - 38% e 62% e 5LDEM - 20% e 80%. Essa categorização, por livro didático, pode ser observada no gráfico 1, a seguir.

Categorias nos Livros (somadas) - Imagens de Valor não Didático e Valor Didático

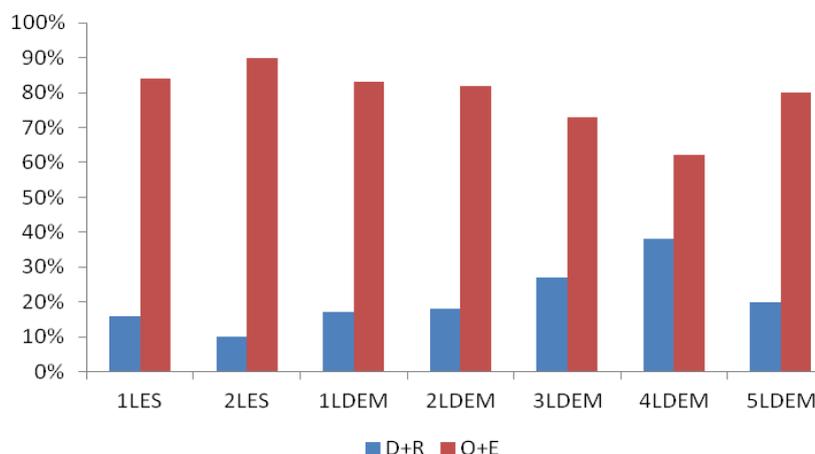


Gráfico 1 - Análise total das Imagens - Valor não Didático e Valor Didático. Fonte: Os Autores.

Os livros 4LDEM (38%), 3LDEM (27%) e 5LDEM (20%) apresentaram maior quantitativo de imagens do tipo Decorativas e Representacionais. Enquanto, que os livros 2LES (90%), 1LES (84%) e 1LDEM (83%) detêm o maior número de imagens Organizacionais e Explicativas em relação aos demais.

Como explicitado anteriormente, deve existir certo interesse dos idealizadores em apresentar o conceito de célula numa visão mais ampla possível, e para tanto utilizar maior número de imagens possíveis. Contudo, deve haver um cuidado para não inserir imagens com Valor não Didático em excesso, diminuindo a presença imagética com Valor Didático, como aponta as discussões de Mayer (2005).

Considerando a presença de imagens com Valor não Didático e Valor Didático, Mayer (2001) considera importante diminuir as imagens Decorativas e Representacionais e elevar o número das Organizacionais e das Explicativas. As primeiras estão presentes para entreter o leitor, e pouco ou quase nunca acrescentam informações relevantes ao conteúdo. Enquanto, as últimas acrescentam grande significado ao conteúdo, vez que representam relações entre elementos e explicam como um sistema funciona (COUTINHO *et al.*, 2010).

Assim, existe necessidade de sempre buscarmos valoração nas imagens de Valor Didático (Organizacionais e Explicativas), uma vez que corroboram com a memória cognitiva, e eliminarmos o máximo possível de imagens que inviabilizam o desenvolvimento cognitivo do estudante, ou seja, as de Valor não Didático (Decorativas e Representacionais).

No gráfico 2 a seguir, podemos observar em particular estas categorias em relação ao seu quantitativo presente nos livros.

Categorias analisadas nos Livros

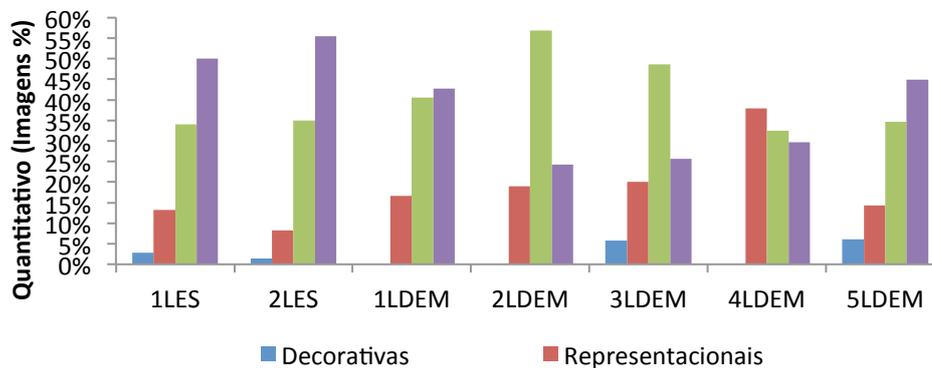


Gráfico 2 - Distribuição das quatro categorias analisadas por livro didático. Fonte: Os Autores.

Conforme observado no gráfico acima, nos capítulos referentes à célula percebemos que os livros 5LDEM, 3LDEM e 1LES apresentaram maior número de figuras decorativas. Enquanto 4LDEM, 3LDEM e 2LDEM apresentaram maior quantidade de imagens representacionais. Os livros 2LDEM, 3LDEM e 1LDEM apresentaram maior número de imagens organizacionais e os livros 2LES, 1LES E 5LDEM as explicativas.

Observando este gráfico, percebemos que existe uma presença maciça das imagens organizacionais para o EM e explicativas para o ES. Essa quantidade imagética, em ambos os casos, pode estar relacionada ao nível para o qual foram produzidas: o Ensino Médio, quando se busca uma visão mais estruturada de como se apresenta a organização celular. Enquanto que no Ensino Superior e áreas de interesse na Biologia Celular se procura uma visão mais detalhista de como ocorrem os processos e fenômenos intracelulares.

Para tanto, adentrando de forma particular apenas sobre as categorias com Valor Didático individualmente e considerando o potencial dessas imagens em cada livro pesquisado, podemos observar o quantitativo de ilustrações Organizacionais e Explicativas, conforme o gráfico 3, a seguir.

Categorias nos Livros Individualmente - Imagens de Valor Didático

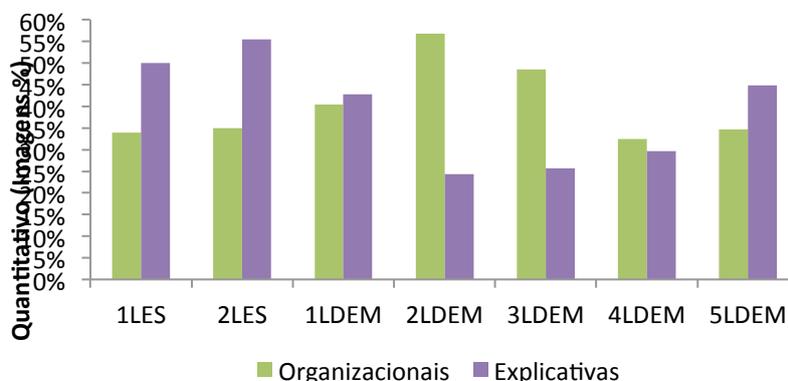


Gráfico 3 - Análise das Imagens - Valor Didático/Organizacionais (O) e Explicativas (E). Fonte: Os Autores.

Mediante a observação do gráfico 3 o primeiro aspecto a ser destacado é a diferença geral entre os tipos de imagens em função do nível do livro analisado. As imagens explicativas prevalecem nos livros do ES, enquanto que as imagens organizacionais são mais frequentes nos livros do EM. Para Mayer (2001), os

autores devem considerar maior número de imagens Organizacionais e Explicativas levando em consideração que através desse tipo de imagem, o estudante pode entender as relações entre elementos e/ou como um sistema funciona.

Considerando as Imagens de Valor Didático (Organizacionais e Explicativas), como significativas para o contexto imagético nos livros, Mayer estabeleceu a essas imagens princípios multimídias, pois muitas dessas imagens podem apresentar desvios e inferir dificuldades na aprendizagem do conceito.

Nessa perspectiva, para a análise dos princípios sobre as imagens de Valor Didático (Organizacionais e Explicativas), consideraremos os critérios, já descritos anteriormente, de: Coerência (PC), Sinalização (OS) e Contiguidade Espacial (PCE).

De forma mais geral, podemos destacar as porcentagens de não cumprimento dos critérios **PC**, **PS** e **PCE** nas imagens com **VD (O e E)**, considerando o conjunto dos resultados obtidos, conforme o gráfico 04, a seguir.

Desvios dos Princípios Instrucionais das Imagens de Valor Didático - (Soma das imagens Organizacionais e Explicativas)

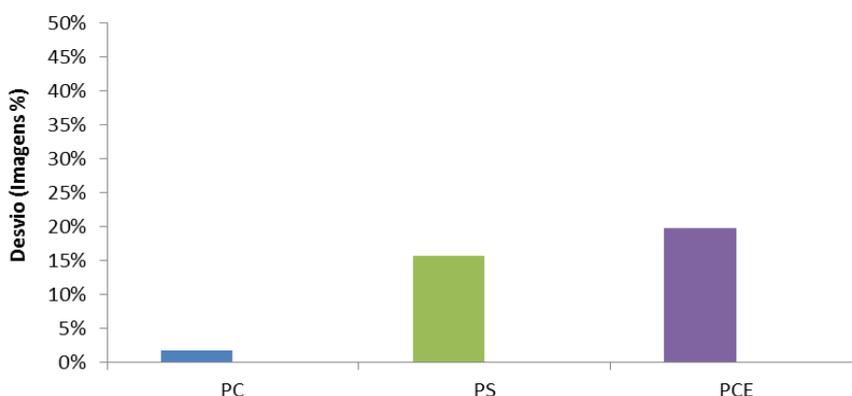


Gráfico 4 - Porcentagens de Violação de Critérios. Fonte: Os Autores.

Em linhas gerais, podemos perceber a partir do quadro acima que, o princípio de mais difícil cumprimento nos livros em relação ao conceito de célula foi o da Contiguidade Espacial. Como já relatado, algumas imagens apresentadas eram desproporcionais em tamanho com relação ao espaço, ocupando significativamente os quadrantes textuais, o que fez com que o texto referente ao assunto fosse direcionado para outra página, dificultando a aprendizagem do estudante.

Por fim, acreditamos ser significativo estabelecer um quadro síntese (quadro 4) relacionado os princípios e a subcategoria Valor Didático (Organizacional e Explicativa), com os desvios observados nos capítulos dos livros pesquisados, referentes ao conceito de célula.

Em linhas gerais, o livro do Ensino Médio 5LDEM foi o que obteve o maior número de imagens de Valor Didático com desvios nos princípios analisados. No Ensino Superior o livro 1LES foi o que mais deteve desvio, especificamente no PS e PCE.

O quadro a seguir, representa o resultado de imagens de Valor Didático (Organizacionais e Explicativas) nos livros pesquisados que apresentaram algum desvio multimídia, segundo as perspectivas de Mayer (2005).

Quadro 3 - Frequência de Desvios nos Princípios das Imagens de Valor Didático (Organizacionais e Explicativas) nos capítulos dos livros do Ensino Médio e Superior sobre o conceito de célula. Fonte: Os Autores.

	Frequência relativa nos Princípios (Desvios)					
	Princípio de Coerência		Princípio de Sinalização		Princípio de Contiguidade Espacial	
	O	E	O	E	O	E
1LES	-	-	3%	1%	31%	19%
2LES	-	-	-	-	17%	29%
1LDEM	-	-	-	-	-	6%
2LDEM	-	-	10%	-	-	-
3LDEM	-	-	18%	11%	6%	-
4LDEM	8%	-	34%	-	-	27%
5LDEM	-	4%	24%	10%	-	4%

Quadro 4 - Síntese geral dos princípios imagéticos avaliados nos livros. Fonte: Os Autores.

Princípio	Subcategoria (VD)	Condições não satisfatórias nas imagens pesquisadas (Desvios nos Princípios Multimídias)	Livros						
			ES		EM				
			1	2	1	2	3	4	5
Coerência	Organizacional	- Imagens apresentavam elementos complexos com difícil identificação das estruturas presente - (muito pequenos ou inelegíveis ou desproporcionais).	-	-	-	-	-		-
	Explicativa		-	-	-	-	-	-	
Sinalização	Organizacional	- Imagens sem identificação da coloração (tipo fantasia), sem inserções de aviso para compreensão do início e final do processo e no tamanho/dimensão real ou fictícia.		-	-				
	Explicativa			-	-	-		-	
Contiguidade Espacial	Organizacional	- Imagens em quadrante muito distante do texto escrito.			-	-		-	-
	Explicativa					-	-		
Frequência Desvios:			4	2	1	1	3	3	4

Em geral, nos capítulos dos livros analisados, referentes ao conceito de célula, sempre havia algum desvio em relação aos princípios destacados anteriormente. Contudo, os princípios de Sinalização de Contiguidade Espacial foram os que apresentaram a maior quantidade de desvios. Nestes casos, as imagens apresentadas estavam sem uma indicação (seta) de como a estrutura e processos celulares estavam organizados podendo vir a confundir ao estudante, vez que não se entende onde começa e termina a morfologia celular. Também havia imagens em quadrante não próximo ao texto escrito.

Com relação aos livros, estes se diferenciam em função da variedade de desvios por princípio e também pela quantidade dos desvios. Por exemplo, 1LES e 5LDEM apresentam uma maior variedade de desvios que os demais, com um percentual superior a 30% na categoria Organizacional em PS e PCE, e cerca de 30% na categoria na categoria Explicativa do PCE, em contraposição, 1LDEM e 2LDEM apresentaram desvios apenas em uma das categorias analisadas por princípios e em uma porcentagem igual ou inferior a 10%.

No que concerne aos livros do Ensino Superior, especificamente 1LES e 2LES houve desvio no Princípio de Contiguidade Espacial (PCE) para ambos. Nesse caso, os capítulos dos livros sobre o conceito de célula apresentavam imagens com tamanho desproporcionais em relação ao texto, ocupando um espaço bastante considerável da página, o que deslocava o texto para um quadrante não proximal da imagem relacionada.

Nesse caso, o motivo das imagens apresentarem um comprimento e largura desproporcionais, era para facilitar a percepção das estruturas e processos, mas acabava por dificultar a relação com o texto, vez que a ilustração iria para outro quadrante. Assim, é necessário que os seus elaboradores observem essa relação entre imagem e texto em mesmo quadrante, para evitar problemas de aprendizagem num vai e vem entre as páginas. Mayer (2001) ressalta a importância de fixar a ilustração num mesmo espaço ou próximo ao texto, o que facilita a retenção das informações na memória.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das imagens observamos a representações da célula em livros do Ensino Médio e Superior na perspectiva da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM). O conceito de célula do ponto de vista imagético foi representado pelo recorte nesses manuais de ensino e pesquisa, que apresentou imagens de Valor Didático (VD) com problemas nos princípios de Coerência (PC), Sinalização (PS) e Contiguidade Espacial (PCE). Nesse sentido, percebemos que os princípios de Sinalização e Contiguidade Espacial foram os que se apresentaram como menos satisfatórios com relação aos critérios estabelecidos, em contraposição ao verificado com relação ao princípio da Coerência.

Sinalizamos que PCE deve ser observado pelos organizadores dos livros, vez que existe uma importância significativa entre o texto e a imagem, de forma que é necessário que o estudante possa, em mesmo quadrante, observar a imagem e fazer a leitura sem precisar deslocar as páginas posteriores e com isso, evitar dificuldades no entendimento do conceito. Contudo, os demais princípios, mesmo que em menor índice, precisam também ser observados com certo cuidado, pois imagens antropomorfizadas, complexas, com erro conceitual ou falta de nomeação ou inserções de aviso podem ocasionar equívocos de interpretação pelo estudante e, eventualmente, se transformar em obstáculos epistemológicos.

Por fim, com relação aos livros, sobre o prisma imagético, sugerimos a instituição de critérios de aceitabilidade, pois o conteúdo imagético perfaz ponte entre o texto e os aspectos composicionais que produzem estruturas narrativas, a partir das quais os estudantes podem revisar e atribuir valores, além de ser mais um recurso para diminuir a abstração e facilitar a aprendizagem conceitual.

REFERÊNCIAS

- Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K. & Water, P. (2010). *Biologia molecular da célula*. Porto Alegre: Artmed.
- Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K. & Water, P. (2011). *Fundamentos da Biologia Celular*. Porto Alegre: Artmed.
- Amabis, J. M. & Martho, G. R. (2010). *Biologia das células*. (Vol. 1). São Paulo: Moderna.
- Barthes, R. (1990). *O óbvio e o obtuso: ensaios críticos*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Bizzo, N. (2010). *Novas bases da biologia*. (Vol.1). São Paulo: Ática.
- Catani, A.; Carvalho, E. G.; Santiago, F.; Aguilar, J. B. V. & Campos, S. H. M. A. (2010). *Ser protagonista. biologia 1*. São Paulo: SM.

- Coutinho, F. A.; Soares, G. A.; Braga, S. A. M.; Chaves, A. C. L. & Costa, F. J. (2010). Análise do Valor Didático de Imagens presentes em Livros de Biologia para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência*. 10(3), 1-18.
- Gouvêa, G. & Martins, I. (2001). Imagens e educação em ciências. In: Alves, N. & Sgarbi, P. (Orgs.). *Espaços e imagens na escola*. Rio de Janeiro: DP&A.
- Ilicheva, S. (2011). Cognitive Function of Multimedia Learning. International Conference the Future of Education. Recuperado de http://conference.pixelonline.net/edu_future/common/download/Abstract_pdf/pdf/ITL98-Ilicheva.pdf.
- Kress, G. & Van Leeuwen, T. (1996). *Reading images: the Grammar of visual design*. London: Routledge.
- Lopes, S. & Rosso, S. (2010). *Bio*. (Vol. 1). São Paulo: Saraiva.
- Matos, S. A.; Coutinho, F. A.; Chaves, A. C. L.; Costa, F. J. & Amaral, F. Costa (2010). Referenciais teórico-metodológicos para a análise da relação texto-imagem do livro didático de Biologia. Um estudo sobre o tema embriologia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. 3(1), 92-114.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2007). *A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles*. University of California, Santa Barbara.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. (2a ed.) New York: Cambridge University Press.
- Mendonça, V. & Laurence, J. (2010). *Biologia*. (Vol. 1). São Paulo: Nova geração.
- Palmero, M. L. R. & Moreira, M. A (2002). Modelos Mentales Vs. Esquemas De Célula. *Investigações em Ensino de Ciências*. 7(1), 77-103.
- Palmero, M. L. R. (2000). *Modelos mentales de célula. Una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU*. (Tese de Doutorado). Universidade de La Laguna, Portugal.
- Piccinini, C. & Martins, I. (2004). Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. *Ensaio: pesquisa em ensino de ciências*, 6(1), 1-14.
- Santaella, L & Nöth, W. (2008). *Imagem: Cognição, semiótica, mídia*. 1ª Ed. São Paulo: Iluminuras.
- Santos; A. S. & Penido, M. C. M. (2011). O Recurso Imagético nos Livros Didáticos de Física: Analisando Imagens sobre o Movimento. VIII ENPEC, Campinas, São Paulo. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1483-1.pdf>
- Silva, H. C. (2006). Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. *Pro-Posições*. 17(1), 71-83.
- Sorden, S. D. (2012). The Cognitive Theory of Multimedia Learning. In Irby, B. J.; Brown, G.; Lara-Alecio, R. (Eds.) *Handbook of Educational Theories*. Charlotte: Information Age Publishing Inc.
- Souza, L. H. P. (2011). As Imagens Fotográficas de Saúde no Livro Didático de Ciências. VIII ENPEC, Campinas, São Paulo. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0638-1.pdf>.

Recebido em: 15.02.2016

Aceito em: 12.05.2016