

## ESTUDOS PRELIMINARES SOBRE RESTRIÇÕES COGNITIVAS NA ABORDAGEM DA GLICÓLISE EM LIVROS DE BIOQUÍMICA

### PRELIMINARY STUDIES ON RESTRICTIONS COGNITIVAS IN THE BOARDING OF THE GLICÓLISE IN BIOCHEMIST BOOKS

Fernanda de Jesus Costa<sup>1</sup>

Andréa Carla Leite Chaves<sup>2</sup>, Adriana Gonçalves Soares<sup>3</sup>, Francisco Ângelo Coutinho<sup>4</sup>

1 – Aluna do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PUC Minas – fernandinhajc@yahoo.com.br

2 – Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática — PUC Minas – andreacarlachaves@gmail.com

3 – Instituto Educacional Gabriela Leopoldina e Prefeitura de BH – adrianagsoares@yahoo.com.br

4 – Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática — PUC Minas, fac01@terra.com.br

#### Resumo.

Fundamentando-se em um modelo de aprendizagem a partir de recursos que fazem uso de texto verbal e imagem e na teoria da carga cognitiva, o artigo analisa quatro livros didáticos de Bioquímica. Para nossa análise, elegemos como tema a “Glicólise”. A análise evidenciou um planejamento instrucional inadequado, que sobrecarrega os recursos cognitivos do aluno comprometendo a aprendizagem.

**Palavras – chave:** Ensino de Biologia, livros didáticos, memória operacional, teoria cognitiva  
**Abstract.** Basing itself on a model of learning from resources that make use of verbal text and image and in the theory of the cognitive load, the article analyzes four textbooks of Biochemist. For our analysis, we choose as subject the “Glicólise”. The analysis evidenced inadequate instructional planning, that overloads the cognitive resources of the leaner.

**Keyword.** Biology teaching, textbooks, working memory, cognitive load.

#### INTRODUÇÃO

As imagens são recursos relevantes para a comunicação de idéias científicas (MARTINS *et al.*, 2005), e para o ensino de ciências (POZZER-ARDENGHI e ROTH, 2005). De acordo com Lemke (1998), os conceitos científicos são *híbridos semióticos*. Quando os cientistas falam, escrevem e ensinam, eles unem, integram e interconectam o texto verbal com expressões matemáticas, tabelas, gráficos, fotografias, diagramas, mapas, esquemas, desenhos e simulações, ou seja, utilizam todo um conjunto de gêneros visuais especializados (LEMKE, 1998).

Sendo assim, a apresentação do conhecimento da ciência está relacionado com a presença de imagens, tais como desenhos, fotografias, esquemas e diagramas. Considerando que existe uma relação entre imagens, conhecimento científico e ensino de Ciências (MARTINS *et al.*, 2005), verifica-se a utilização deste recurso nos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental, do Ensino Médio e de Graduação.

Além disto, pesquisas na área de psicologia cognitiva confirmam o importante papel das imagens no processo de ensino-aprendizagem, pois, favorece a apropriação da linguagem científica pelo aluno e até mesmo pelo professor (MAYER e GALLINI, 1990; MAYER e ANDERSON, 1991 e 1992 e MAYER, 2001). Tais pesquisas demonstram que a aprendizagem é mais eficiente quando se utiliza palavras e imagens, do que quando somente um destes recursos é utilizado. É importante destacar que nem sempre a utilização de textos e imagens promove a aprendizagem. Segundo Mayer (2005a), o simples fato de adicionar palavras e imagens não garante um acesso à aprendizagem. Assim, torna-se necessário compreender como se dá a utilização de imagens nos livros utilizados pelos alunos, com o objetivo de propor qual a melhor forma de se vincular imagens e informação verbal nestes livros.

Em nossa pesquisa, partimos da idéia de que as mensagens instrucionais planejadas a partir do estudo de como o sistema cognitivo humano funciona apresentam maior possibilidade de promover uma aprendizagem eficiente (MAYER, 2005b). Então, neste artigo, num primeiro momento, buscamos explicitar algumas idéias sobre a arquitetura cognitiva humana, baseadas na psicologia cognitiva e na neurociência cognitiva. Em seguida, considerando-se estes aspectos da cognição humana, apresentamos análise de alguns livros didáticos de Bioquímica, utilizados na graduação. Nas considerações finais são feitas indicações para a área de pesquisa em ensino de bioquímica, bem como para a ação do professor em sala de aula.

Nesta pesquisa não pretendemos avaliar ou buscar erros conceituais nos livros de Bioquímica analisados, mas sim apresentar alguns problemas relacionados com o planejamento e o *layout* destes livros. Estes problemas dizem respeito à imposição de restrições cognitivas à aprendizagem, por meio de aumento da carga cognitiva sobre a memória operacional do aluno. Para este estudo inicial, fizemos um recorte escolhendo como tema de análise a Glicólise.

Nossa escolha está relacionada com a frequência na qual a bioquímica vem sendo apontada por alunos de graduação como uma disciplina de nível complexo e de difícil assimilação (PINHEIRO, *et al.*, 2009). Por parte dos professores, é considerada uma disciplina difícil de ser ministrada devido à complexidade de seus conteúdos e por apresentar uma grande quantidade de informações (YOKAICHIYA, *et al.*, 2004). Mais especificamente, o metabolismo energético, do ponto de vista molecular, normalmente é uma temática desafiadora para professores e alunos, porque insere noções de química em sistemas biológicos com alto grau de complexidade.

## **ALGUNS ELEMENTOS DA ARQUITETURA COGNITIVA HUMANA E O CONCEITO DE CARGA COGNITIVA**

O estudo em questão baseia-se em três aspectos teóricos sobre a aprendizagem (MAYER, 2005c): a) o sistema humano de processamento de informação possui dois canais, um canal visual/pictórico e outro verbal/auditivo; b) devido às limitações da memória, cada canal apresenta uma capacidade limitada de processamento da informação; e c) os seres humanos se engajam ativamente no processo de cognição durante a aprendizagem.

A teoria do código duplo (PAIVIO, 1986; CLARK e PAIVIO, 1991) descreve que a cognição humana utiliza um sistema de códigos para representar a informação visual e outro para representar a informação verbal. Assim, a percepção tanto de textos quanto de imagens ocorre através dos olhos, porém após a entrada pelo sistema perceptivo, os textos são transferidos para o canal verbal e as imagens para o canal visual (MAYER, 2005).

Segundo Mayer (2005b), baseado em Paivio (1986), Baddeley (1992) e Chandler e Sweller (1991), os seres humanos apresentam uma limitação quanto ao total de informação

que podem processar, em cada momento. Esta limitação está relacionada, em grande parte, com o funcionamento do sistema mnemônico humano. Nosso sistema de mnemônico inclui três tipos de memória: memória sensorial, memória operacional e memória de longa duração, as quais trabalham em conjunto (SANTOS e TAROUÇO, 2007).

Ao ler uma palavra ou analisar uma figura ou até mesmo ouvir um som, o processamento ocorre na memória sensorial, este processo é rápido (MAYER, 2005b). Esta memória apresenta a característica de ser pré-consciente e ter um limite de retenção ultrarrápido. Após a entrada da informação e sua passagem pela memória sensorial, o passo seguinte 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). A memória em questão é definida como memória operacional, a qual é considerada um sítio ativo de memória, sendo responsável pela manutenção e processamento da informação. Esta memória é um sistema de capacidade limitada que é capaz de armazenar e manipular a informação temporariamente para a execução de tarefas complexas, tais como a compreensão, a aprendizagem e o raciocínio (BADDELEY, 2000). Assim, é importante ressaltar que a memória operacional não se relaciona exclusivamente com informações armazenadas da memória sensorial, utiliza também informações armazenadas na memória de longa duração.

De acordo com o modelo de Baddeley (BADDELEY, 1992 e 2000) construído com base em evidências de experimentos fisiológicos, psicologia cognitiva e neurologia clínica, 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 informações da memória de longa duração e coordena as atividades dos demais componentes. É ele que decide qual informação processar mais e como deve ser feito. A alça fonológica mantém por pouco tempo a informação para a compreensão verbal e para a repetição acústica. O esboço viso-espacial armazena por um curto período determinadas imagens visuais. Finalmente, o *buffer* episódico apresenta capacidade limitada e é capaz de conectar as informações dos sistemas subsidiários e da memória de longo prazo em uma única representação (BADDELEY, 2000).

A memória operacional é considerada uma memória de curta duração. Em um trabalho clássico, Miller (1956) relatou somente sete (mais ou menos dois) elementos podem ser utilizados por esta memória, a cada momento. Segundo Peterson e Peterson (1959), o conteúdo da memória operacional dura em média 20 segundos.

Considerando então, a capacidade limitada da memória operacional, ao visualizar determinada imagem o aluno constrói uma imagem mental a partir de determinados detalhes da imagem original. Esta especificidade da memória vale para ler um texto, assistir um documentário ou analisar uma simulação composta por imagens, textos e sons (MAYER, 2005c).

Após passar pela memória operacional o conhecimento é integrado com o conteúdo da memória de longo prazo. Nesta etapa, os aspectos selecionados ficam disponíveis para serem lembrados. Ao contrário da memória operacional, a memória de longo prazo pode armazenar as informações por longos períodos de tempo (MAYER, 2005a).

De acordo com Mayer (2005c), para que ocorra uma aprendizagem eficiente, seja de informações obtidas a partir de texto ou imagem, o aluno deve empregar cinco processos cognitivos. 1) selecionar as palavras relevantes para o processamento na memória operacional verbal; 2) selecionar imagens significativas para o processamento na memória operacional visual; 3) organizar as palavras selecionadas em um modelo verbal; 4) organizar as imagens selecionadas em um modelo visual, e por último, 5) integrar as representações verbais e visuais com um conhecimento prévio. A figura 1 esquematiza estes eventos.

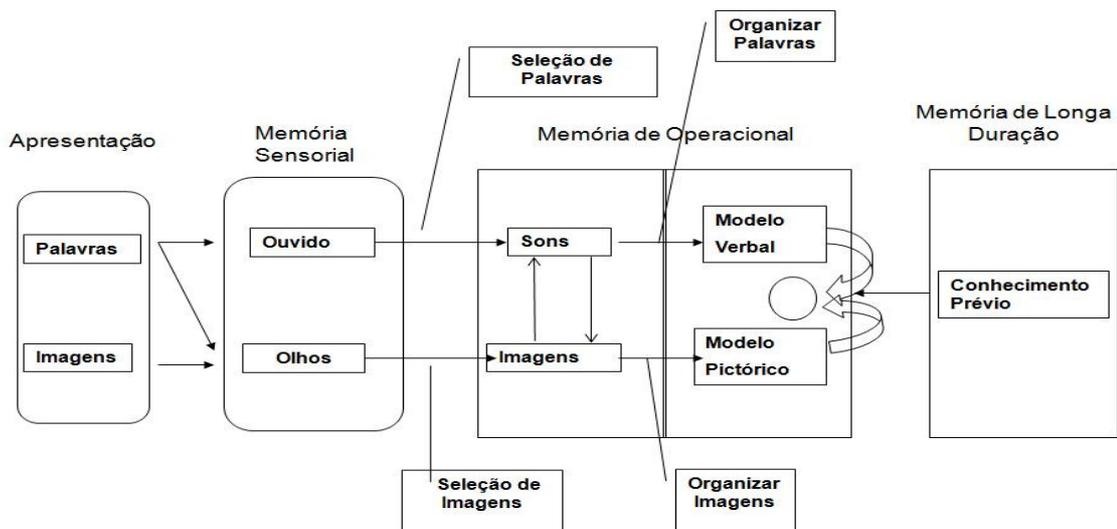


Figura 1. Teoria cognitiva da aprendizagem a partir de texto e imagem. Modificado a partir de Mayer (2005c, p. 37)

Considerando este modelo, o material instrucional que utiliza imagens e texto escrito é mais efetivo quando o seu planejamento estiver de acordo com a arquitetura cognitiva humana. A aprendizagem ocorre de maneira mais eficiente quando o processo de informação estiver alinhado com o processo cognitivo humano, ou seja, quando o volume de informações ofertadas ao aluno for compatível com a capacidade de manipulação do sistema cognitivo (SWELLER, 2005). Este pressuposto assenta-se sobre a idéia de que uma carga cognitiva supérflua ocorrerá quando o material instrucional desconsiderar alguns princípios básicos de construção. Sendo assim, a carga cognitiva é o resultado das demandas operacionais sobre a memória operacional (SWELLER, 2005).

Assim, segundo Santos e Tarouco (2007) a teoria da carga cognitiva baseia-se na impossibilidade natural do ser humano processar muitas informações na memória a cada momento. Algumas formas de carga cognitiva são consideradas úteis, enquanto outras desperdiçam recursos cognitivos. Existem três categorias de carga cognitiva que devem ser consideradas: supérflua, intrínseca e efetiva.

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

Já a carga cognitiva intrínseca é imposta pela complexidade do material de ensino (SANTOS e TAROUCO, 2007) ou, dito de outra forma, é aquela devida à complexidade natural da informação que deve ser processada. Por exemplo, durante a aprendizagem de uma fórmula de reação, a simplificação ou exclusão de qualquer informação inerente pode prejudicar a compreensão do processo. Ou seja, modificar o conteúdo da informação implica em prejuízo na aprendizagem.

Finalizando, a carga cognitiva efetiva é a carga resultante do esforço em se adquirir conhecimentos. Fornecer ao aluno uma série de exercícios para serem resolvidos pode aumentar a carga cognitiva efetiva, mas é possível que facilite a memorização ou aprendizagem do conteúdo.

Nestes termos, um dos grandes desafios dos planejadores e produtores de materiais didáticos é criar mensagens instrucionais que são sensíveis ou alinhadas às características do sistema cognitivo humano, sem exceder os limites do canal de memória do aluno.

## **ANÁLISE DO TEMA GLICÓLISE EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOQUÍMICA**

Como pôde ser visto, todo material didático apresenta alguma carga cognitiva. Algumas são inerentes ao próprio material instrucional e outras são devidas à necessidade de fixação do conteúdo. Existe, no entanto, aquela categoria que é devida ao planejamento inadequado ou ao *layout* confuso do material. Esta carga cognitiva supérflua poderia ser eliminada se fossem atendidos certos princípios de planejamento. Nos últimos vinte anos, pesquisas empíricas guiadas por teorias e modelos de cognição expostos acima, visaram encontrar princípios e estratégias que eliminassem ou minimizassem os efeitos da carga cognitiva supérflua de materiais instrucionais e, conseqüentemente, sobre o sistema cognitivo do aluno.

Em nosso estudo, aproveitamo-nos de alguns dos achados destas pesquisas para fazer uma análise do tema Glicólise em quatro livros didáticos de Bioquímica utilizados na graduação. Os livros analisados foram Bioquímica Ilustrada (Pamela Champe *et al.*, 2000), Bioquímica (Lubert Stryer, 1996), Bioquímica (Mary K. Campbell, 2000) e Fundamentos de Bioquímica (Voet, 2000). A escolha destes livros baseou-se em planos de cursos de Instituições de Ensino Superior, entre as quais pode-se citar a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade de São Paulo (USP), entre outras.

Nossa análise, inicialmente, partiu de alguns princípios de planejamento de textos e da relação de textos e imagens advindos das pesquisas empíricas de Mayer e colaboradores. O primeiro princípio de que fizemos uso foi o chamado princípio de *sinalização*. Algumas pesquisas (p. ex., HARP E MAYER, 1998; MAUTONE E MAYER, 2001) mostram que a aprendizagem é mais eficiente quando existem sinais ou pistas que indicam, no texto, o que deve ser analisado na imagem. O ato de 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, 2005b). A ausência de tais sinalizações pode tornar a busca por informação demorada, excedendo os limites da memória operacional. Estes sinais podem ser diversos, tais como números no texto e na imagem, indicando a etapa do processo. Também pode-se usar cor, de tal forma que a cor da palavra no texto corresponda a algum elemento da imagem com a mesma cor.

Outro princípio analisado foi o de *contigüidade*. Várias pesquisas (p. ex., MAYER, 1989; SWELLER *et al.*, 1990; CHANDLER e SWELLER, 1991 e MORENO e MAYER, 1999) indicam que uma forma de reduzir o processamento supérfluo é colocar o texto verbal próximo à imagem que ele descreve. Quando texto e imagem estão integrados, o leitor não precisa 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). Assim, pode-se inferir que a presença de texto e imagem integrados facilitam a aprendizagem na memória operacional, sendo assim, a integração de imagens e textos, facilitam a conexão mental e, portanto, favorece a aprendizagem (MAYER, 2005a).

Analisou-se também o princípio da *coerência*, ou seja, se as imagens se apresentavam com informações em excesso e/ou desnecessária. Para Mayer, 2005a a aprendizagem ocorre de maneira mais efetiva quando o material supérfluo é excluído, ou seja, quando informações desnecessárias são retiradas da imagem, a aprendizagem tende a ocorrer de maneira mais simples. O material supérfluo compete com o material relevante na memória operacional, assim o material importante pode não receber a atenção desejada e com isso a aprendizagem

fica prejudicada (MAYER, 2005). Pesquisas (p. ex. GARNER *et al.*, 1992, GARNER *et al.*, 1989; HIDI & BAIRD, 1988; MOHER, GLOVER & RONNING, 1984; SHIREY, 1992; SHIREY & REYNOLDS, 1988; WADE, 1992; WADE & ADAMS, 1990) afirmam que quando o material supérfluo está presente o aluno reduz ou não recorda da informação principal, ocorrendo desvio de atenção.

O quarto princípio analisado foi o da *segmentação*, no qual avaliamos se a imagem é apresentada em etapas, que facilitam a aprendizagem. Segundo o princípio de segmentação, a carga cognitiva de uma mensagem instrucional pode ser manejada dividindo-se a mensagem em passos ou segmentos de aprendizagem, ao invés de uma unidade contínua (MAYER, 2005c). Os trabalhos de Mayer utilizaram como material de pesquisa animações narradas. Aqui, nossa análise diz respeito à imagens que são combinações híbridas de aspectos esquemáticos, pictóricos e verbais.

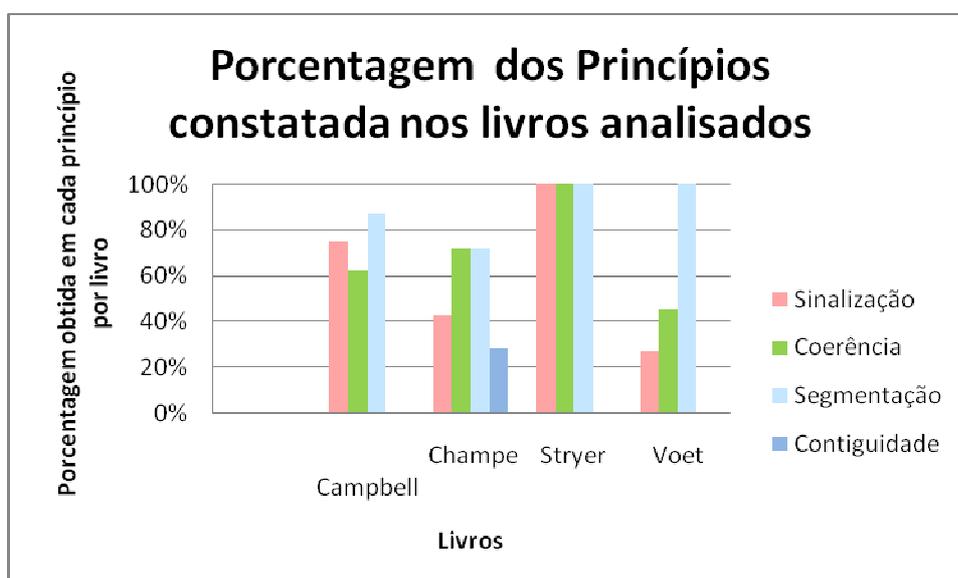
O último princípio explorado por nós foi o de *antecipação*. Chamamos de antecipação a indicação de Mayer *et al.* (2002), segundo a qual, o ideal é apresentar as partes principais do sistema e somente depois introduzir os detalhes. Com base nisto, uma imagem que descreve um processo, como a glicólise, deveria vir antecedida de uma imagem que resumisse as principais etapas. Tal estratégia favoreceria a formação de um esquema geral da glicólise na memória de longa duração, permitindo ao aluno, posteriormente, dar significado para os detalhes deste processo.

Como os títulos dos livros analisados são bastante semelhantes para facilitar o entendimento apresentamos os dados utilizando os nomes dos autores dos livros para identificá-los. Ao compararmos os resultados da análise das imagens e textos referentes a glicólise dos quatro livros didáticos de Bioquímica (Tabela e gráfico 1), percebemos que o princípio de contigüidade apresenta problemas, sendo que somente no livro de Champe este princípio encontra-se satisfeito, mesmo assim, em pequena porcentagem. Já o princípio de sinalização foi satisfeito em todas as obras, sendo que as imagens presentes no livro do Stryer são todas sinalizadas, enquanto que no livro do Voet a porcentagem de imagens sinalizadas foi a menor. Em relação à coerência percebe-se que o livro do Voet foi o que apresentou maior problema em relação a este princípio, pois, nos outros três livros a porcentagem de coerência foi superior a 60%. Em relação à segmentação, percebemos que foi um princípio satisfeito em todos os livros analisados, diferentemente do princípio da contigüidade que não foi levado em consideração no planejamento e apresentação das imagens referentes a glicólise.

**Tabela 1 – Frequência relativa dos princípios satisfeitos, considerando-se o total de imagens analisadas (em %)**

	Princípios Satisfeitos			
	Sinalização	Coerência	Segmentação	Contigüidade
<b>Livro</b>				
<b>Campbell</b>	75	62,5	87,5	0
<b>Champe <i>et al.</i>,</b>	42,86	71,43	71,43	28,57
<b>Stryer</b>	100	100	100	0
<b>Voet</b>	27,3	45,5	100	0

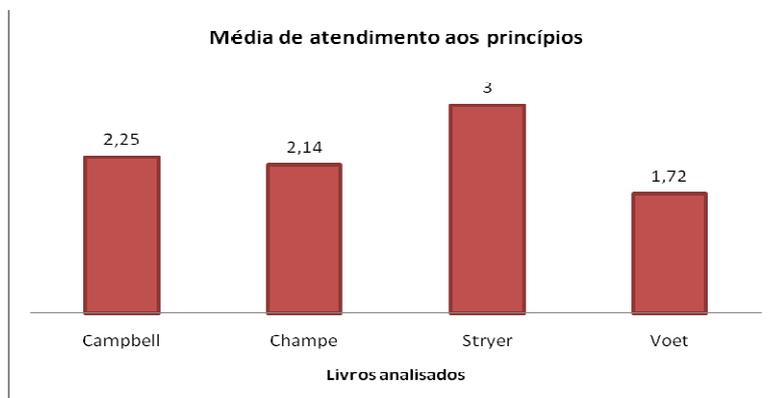
**Gráfico 1 – Porcentagem dos princípios nos livros analisados**



Considerando o gráfico 1 pode-se inferir que o principal problema do livro do Stryer é a contigüidade, visto que os outros três princípios encontram-se totalmente contemplados. Em relação ao livro do Voet, verificamos que a segmentação é o princípio mais recorrente, seguido pela coerência e pela sinalização sendo que contigüidade encontra-se ausente. Em Campbell, a segmentação também é o princípio mais freqüente e a contigüidade também está ausente. No livro de Champe os quatro princípios encontram-se presentes, sendo que a porcentagem de coerência e segmentação é igual e a contigüidade é o princípio menos observado.

Dando continuidade as análises, foi atribuído valores para as imagens. As imagens que receberam valores entre 3 e 4, foram aquelas que apresentaram carga cognitiva baixa; as imagens que receberam valores entre 1 e 2, foram aquelas que apresentaram carga cognitiva alta; as imagens que receberam valor 0 foram aquelas que apresentaram carga cognitiva muito alta. A média dos valores obtida para as imagens dos quatro livros analisados estão representadas no gráfico 2. Observamos que das imagens analisadas somente as do livro do Stryer apresentaram carga cognitiva baixa, enquanto que as dos outros três livros apresentaram carga cognitiva alta. Sendo que as imagens presentes no livro do Voet foram as que apresentaram carga cognitiva mais alta entre os livros analisados.

**Gráfico 2 – Média de atendimento aos princípios nas imagens referentes a glicólise nos livros de Bioquímica analisados.**



O último princípio explorado por nós foi o de *antecipação* que foi analisado qualitativamente. Chamamos de antecipação a indicação de Mayer *et al.* (2002) segundo a qual, o ideal é apresentar as partes principais do sistema ou processo e somente depois introduzir os detalhes para facilitar a aprendizagem. Com base nisto, uma imagem que descreve a glicólise, um processo complexo e constituído de várias etapas, deveria vir antecedida de uma imagem que resumisse o processo de forma global antes de apresentar as várias etapas ou reações que fazem parte desta via metabólica. Tal estratégia favoreceria a formação de um esquema geral da glicólise na memória de longa duração, permitindo ao aluno, posteriormente, dar significado para aos detalhes deste processo.

O princípio da *antecipação* foi observado nos livros do Stryer e de Campbell. Nos outros dois livros analisados (Voet e Champe) este princípio não está presente. No livro do Stryer o autor apresenta imagens das diferentes etapas da glicólise, antes de apresentar a imagem completa do processo. Na obra de Campbell, são apresentadas duas imagens simplificadas da glicólise, antes da imagem complexa com as diferentes etapas.

## CONCLUSÕES

A disciplina de Bioquímica está presente na estrutura curricular de todos os cursos de graduação das áreas de Ciências Biológicas e da Saúde. A disciplina faz parte do ciclo de conteúdos básicos, sem os quais muitas informações e conhecimentos relevantes sobre processos patológicos e fisiológicos deixariam de ser compreendidos. O livro didático é um importante mediador dos conteúdos no processo de ensino/aprendizagem. Muitas vezes, é a principal fonte de consulta a que o aluno tem acesso. Assim, a forma da abordagem dos conteúdos nos livros didáticos é decisiva para uma aprendizagem efetiva.

Além disso, é importante destacar que é característica desta disciplina uma alta carga cognitiva intrínseca. Para exemplificar, pode-se citar o mapa metabólico. Esta ferramenta apresenta uma alta carga cognitiva, a qual é necessária para o aprendizado da mesma. Assim, os livros didáticos tentam aproximar o aluno desta ferramenta educacional por meio de imagens.

Segundo o referencial teórico que utilizamos, nosso estudo apontou problemas na composição e forma de apresentação das imagens referentes à glicólise no livro de bioquímica. Se considerarmos que tanto o espaço do livro didático quanto o tempo e as capacidades cognitivas do aluno são limitados, os autores e planejadores de livros didáticos devem ficar atentos a estes problemas. Nosso estudo, realizado em livros didáticos de

Bioquímica largamente utilizados na Graduação, indica a necessidade de que o planejamento e a construção de imagens para os mesmos sejam orientados por preceitos e critérios que visem tornar o uso dos recursos pictóricos mais eficientes, facilitando a aprendizagem e minimizando as dificuldades inerentes ao ensino desta disciplina.

Esperamos que os resultados desta pesquisa possam também orientar a ação do professor em sala de aula. Os professores podem e devem estabelecer estratégias de leitura com seus alunos, com o objetivo de facilitar o uso e o entendimento dos conteúdos apresentados no livro didático.

Finalmente, o que aqui se enunciou, mesmo que seguindo os rigores metodológicos descritos, deve ser tomado com cautela. Podemos perguntar até que ponto seria lícito a simplificação ou diminuição da carga cognitiva de imagens presentes em livros de graduação? O aluno de graduação prepara-se para ingressar em práticas culturais que requerem a compreensão e leitura de imagens especializadas. Neste sentido, nossos estudos tendem, ao lado das análises aqui feitas, para uma avaliação das relações das práticas culturais da área com a organização dos elementos que compõem estas imagens especializadas.

## REFERÊNCIAS

- BADDELEY, A. D. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in cognitive science**, n. 4, p. 417-423, 2000.
- CAMPBELL, M. K. **Bioquímica**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- CHAMPE, P. *et al.*, **Bioquímica Ilustrada**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- CLARCK, R. E. e PAIVIO, A. Dual coding theory an education. **Educational Psychology Review**, n. 3, p.149-210, 1991.
- LEMKE, J. Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In: **Martin, J. R. and Veel, R. Reading Science**, London: Routledge, 1998.
- LENT, R. **Cem bilhões de neurônios**. Conceitos fundamentais de neurociência. São Paulo, Editora Atheneu, 2001.
- MARTINS, I.; GOUVÊA, G. e PICCININI, C. L. Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, n. 57, p. 38-40, 2005.
- MAYER, R. E. **Multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.
- MAYER, R. E. (Org.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, 2005a.
- MAYER, R. E. Introduction to multimedia learning. 2005b. In: MAYER, R. E., 2005a, pp. 1-16.
- MAYER, R. E. Principles for managing essential processing in multimedia learning: segmenting, pretraining, and modality principles, 2005c. In: MAYER, R. E., 2005a, pp. 169-182.
- MAYER, R. E. e ANDERSON, R. B. Animations need narrations: an experimental test of dual-coding hypothesis. **Journal of Education Psychology**, n.83, p. 484-490, 1991.
- MAYER, R. E. e ANDERSON, R. B. The instructive animation: helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. **Journal of Education Psychology**, 84: 444-452, 1992.
- MAYER, R. E. e GALLING, J. K. When is an illustration worth ten thousand words? **Journal of Education Psychology**, n. 82, p. 715-726, 1990.
- PINHEIRO, T. M. L.; *et al.* Ensino de Bioquímica para acadêmicos de Fisioterapia: Visão e avaliação do discente. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia molecular**, n.01/09, p. C1-C11, 2009.

POZZER-ANRDENGHI, L. and ROTH, W. M. Potographs in lectures: gestures as meaning-making resources. **Linguistics and Education**, n. 15, p. 275-293, 2005.

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**, CINTED, v.5, n.1, 2007.

STRYER, L. **Bioquímica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 881p.

SWELLER, J. Implications of cognitive load theory for multimedia learning. **In: Mayer, R. E., 2005a**, pp. 19-30.

VOET, D.; VOET, J. **Bioquímica**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

YOKAICHIYA, D. K. *et al.*, O que alunos de diferentes cursos procuram em disciplinas extracurriculares de bioquímica? **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia molecular**, n.01/04, p. E1-E8, 2004.