

A FORMAÇÃO DE MODELOS MENTAIS NA SALA DE AULA

Ednilson Sérgio Ramalho de Souza⁶⁰

RESUMO

Apresentaremos um estudo sobre a dinâmica de formação de modelos mentais e consequências para a sala de aula. Argumentaremos apoiados em autores como D'Amore (2007), Borges (1998) e Moreira (1996) que um modelo mental é formado por sucessivas imagens mentais acomodadas e fundamenta explicações durante as tarefas de ensino. Nosso objetivo, portanto, é refletir sobre o que seria um modelo mental, suas características principais, natureza, tipos, sua dinâmica de formação e também como se poderiam construir recursos didático-pedagógicos a partir dessas informações. Nossa questão de pesquisa baseia-se em saber: de que maneira a dinâmica de formação de modelos mentais pode ser útil para o ensino-aprendizagem? Concluímos que os modelos mentais podem embasar a construção de novas estratégias e materiais didáticos com base nas imagens mentais prévias dos estudantes, possibilitando aprendizagem em pouco tempo.

Palavras-chave: Modelos Mentais. Ensino-Aprendizagem. Recursos Didáticos.

THE FORMATION OF MENTAL MODELS IN THE CLASSROOM

ABSTRACT

We present a study on the dynamics of formation of mental models and consequences for the classroom. Supported by authors like D'Amore (2007), Borges (1998) and Moreira (1996), we argue that a mental model is formed by successive mental images, which underlie explanations

⁶⁰ Professor Assistente. Licenciado Pleno em Física. Especialista em Educação Matemática. Mestre em Educação em Ciências e Matemática. Lotado no Instituto de Ciências da Educação/Programa de Pedagogia/Ufopa. E-mail: ednilson.souza@yahoo.com.br

during learning tasks. Our goal, therefore, is to reflect on what would be a mental model, its main features, nature, types, its formation dynamics and how pedagogical resources could be developed from this information. Our research question is the following: how can the dynamics of formation of mental models be useful for teaching and learning? We conclude that mental models can lay the foundations of new strategies and materials based on students' previous mental images, enabling learning in a short time.

Keywords: Mental Models. Teaching and Learning. Teaching Resources.

INTRODUÇÃO

Certa vez, estava observando uma costureira em seu ofício. Seu objetivo era produzir uma blusa de Cetim para sua filha. Pegou o pano, mais ou menos 80 centímetros, começou a pensar como faria o corte no mesmo. Corria com a tesoura na trajetória do corte que seria feito, para depois realmente fazê-lo. Observei que cortava o pano separando as partes da blusa: colarinho, manga etc. Perguntei-me: como ela sabia cortar as partes da blusa no tamanho e formato ideal para depois montar a mesma como uma peça completa, se não fazia nenhum desenho ou ao menos estava copiando de outra blusa já feita?

Ela só poderia estar raciocinando a partir de um *modelo mental* da blusa a ser feita. Antes de iniciar o corte no pano, a costureira formou um modelo mental para guiar a forma e o tamanho dos cortes que seriam feitos. Cada parte da blusa que cortava representava uma parte do modelo mental

(imagem mental). O sucesso em seu ofício estava explicado: ela raciocinava a partir de modelos mentais!

Numa definição bem simples, um modelo mental é um modelo que existe na mente de alguém (BORGES, 1998, p. 09). A partir do modelo mental da blusa, a costureira poderia descrever e explicar seu processo de construção, corrigir ações antes mesmo de executá-las realmente (simulação mental), acrescentar ou desprezar procedimentos visando sempre aperfeiçoar seu modelo mental. Enfim, os modelos mentais estão relacionados à própria capacidade de compreensão do sujeito. “Nossa habilidade em dar explicações está intimamente relacionada com nossa compreensão daquilo que é explicado, e para compreender qualquer fenômeno ou estado de coisas, precisamos ter um modelo funcional dele” (BORGES, 1998, p. 11).

Em diversas situações do dia-a-dia as pessoas raciocinam por modelos mentais,

porém, não se dão conta disso (geralmente, os modelos mentais são formados inconscientemente). São muitas as profissões que exigem a formação de modelos mentais para serem bem realizadas. Quando esses modelos são formados apropriadamente o sucesso é garantido. No entanto, quando se formam modelos mentais incoerentes, o fracasso acontece.

Na sala de aula, procura-se formar modelos mentais que levem os estudantes a obterem sucesso em suas tarefas. O problema é que a maioria dos professores não sabe que estão promovendo a formação de modelos mentais, porque não sabem nem o que são ou como se formam tais modelos. Resulta que muitos dos modelos mentais formados em sala de aula são incoerentes do ponto de vista científico.

Nosso objetivo nesse texto é refletir sobre o que seria um modelo mental, suas características principais, natureza, tipos, sua dinâmica de formação e também como se poderiam construir recursos didático-pedagógicos a partir dos modelos mentais. Queremos saber, portanto *de que maneira a dinâmica de formação de modelos mentais pode ser útil para o ensino-aprendizagem?*

Esse estudo é importante, por exemplo, para compreender questões do tipo: Por que existem estudantes que aprendem mais rápido do que outros nas mesmas condições didáticas? Por que alguns estudantes resolvem problemas mais rápido do que outros? Como construir recursos didáticos que possam promover deliberadamente a formação de modelos mentais potentes?

Essas são apenas algumas das muitas indagações educacionais que podem ser

respondidas com base na dinâmica de formação dos modelos mentais. Compreender o que é e como se forma um modelo mental pode ser salutar para entender os bloqueios na aprendizagem de certos conteúdos, bem como gerar recursos didáticos que possam efetivamente favorecer o processo de aprendizagem.

Na primeira seção, faremos um esboço geral sobre o tema modelos mentais. A partir de autores como Borges (1998) e Moreira (1996) discutiremos algumas definições para o termo modelo mental, suas características principais e tipos. Na segunda seção, aprofundaremos sobre a dinâmica de formação dos modelos mentais a partir da concepção proposta por D'Amore (2007) de modelos mentais enquanto acomodação de imagens mentais. Na terceira seção, apresentaremos uma técnica para investigar imagens/modelos mentais durante as tarefas de ensino e consequências para a construção de recursos didáticos. Finalizaremos com nossas exposições finais.

MODELOS MENTAIS

Na década de 80 foram publicados dois livros sobre modelos mentais, um escrito pelo psicólogo norte-americano Philip Johnson-Laird (1983), que propõe uma teoria de modelos mentais e o outro organizado por Gentner e Stevens também em 1983 que aborda sobre os conhecimentos que as pessoas desenvolvem sobre fenômenos físicos e especialmente sobre dispositivos mecânicos, sem, no entanto, apresentarem nenhuma teoria unificadora a respeito (MOREIRA, GRECA e PALMEIRO, 2002, p. 37).

Os modelos mentais estão diretamen-

te relacionados à capacidade de compreensão e raciocínio do sujeito. São eles que guiam os mecanismos cognitivos que geram explicações, descrições, inferências.

Na Ciência Cognitiva, os modelos mentais são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem. Eles servem para explicar o comportamento do sistema, fazer previsões, localizar falhas e atribuir causalidade aos eventos e fenômenos observados (NORMAN, 1983, apud BORGES, 1998, p. 10).

Um bom mecânico de automóvel é capaz de dizer onde está o defeito do motor sem precisar abri-lo. Ele utiliza um modelo mental do motor do carro. A razão nos mostra que o mecânico formou seu modelo mental em diferentes momentos de sua profissão, com base em erros e acertos, assimilando cada vez mais informações que pudessem enriquecer tal modelo e desprezando outras que em nada poderia contribuir para sua evolução.

Temos então que um sujeito começa com modelos mentais simples que representam apenas aspectos parciais de um fenômeno ou de um sistema (GILBERT & BOUTER, 1995, apud BORGES, 1998, p. 25). Esses modelos iniciais são testados e reforçados em diversas ocasiões da vida do sujeito. Eles são formados por estruturas simples que permitem ao indivíduo prever e explicar muitas das observações feitas na vida cotidiana de maneira mais ou menos direta, além de facilitar a comunicação no dia-a-dia (BORGES, 1998, p. 25).

Tais modelos iniciais podem vir a ser depurados com o tempo, em maior ou menor

grau dependendo do envolvimento e interesse do sujeito por mais conhecimentos naquele domínio. Por exemplo, na escola, o conhecimento assimilado interage com os modelos existentes para produzir novos modelos. Estes apresentam um sistema mais rico e empregam propriedades novas para descrever e explicar eventos no domínio em questão. Para que o sujeito venha a adquirir modelos mentais próximos dos modelos científicos é necessário bastante tempo e esforço de sua parte (BORGES, 1998, p. 25).

Modelo mental é então uma representação interna de informações que corresponde analogamente (capta a essência) com aquilo que está sendo representado (MOREIRA, 1996, p. 195). Essa analogia pode ser total ou parcial, isto é, podem existir modelos mentais totalmente analógicos ou analógico/proposicional.

Quer dizer, um modelo mental pode conter proposições, mas estas podem existir como representação mental, no sentido de Johnson-Laird, sem fazer parte de um modelo mental. Contudo, para ele, as representações proposicionais são interpretadas em relação a modelos mentais: uma proposição é verdadeira ou falsa em relação a um modelo mental de um estado de coisas do mundo. As imagens, por sua vez, correspondem a vistas dos modelos (MOREIRA, 1996, p. 195).

Da citação acima, percebe-se que Johnson-Laird (1983) distingue pelo menos três tipos de representações mentais: representações proposicionais, modelos mentais e imagens mentais. As primeiras seriam cadeias de símbolos verbalmente expressáveis que correspondem à linguagem

natural, as segundas seriam análogos estruturais do mundo e as últimas seriam modelos vistos de determinado ponto de vista (MOREIRA, 1996, p. 195).

A frase “O trabalhador empurra uma caixa” poderia ser representada mentalmente como uma representação proposicional, uma vez que é verbalmente expressável; como um modelo mental de qualquer trabalhador empurrando qualquer caixa ou como uma imagem mental de um trabalhador em específico empurrando determinada caixa.

Nosso interesse recai nos modelos mentais uma vez que são eles os responsáveis pela maior ou menor capacidade de compreensão que uma pessoa pode ter.

A principal função do modelo mental é permitir ao seu construtor explicar e fazer previsões sobre o sistema físico que o modelo analogicamente representa. Tais previsões não implicam necessariamente “rodar” o modelo (previsibilidade procedimental), pois ele deve também permitir previsões resultantes de inferência direta (previsibilidade declarativa) (MOREIRA, 1996, p. 201).

Para explicar e fazer previsões sobre alguma coisa o sujeito deve, necessariamente, compreender essa coisa. Decorre daí que os modelos mentais são estruturas cognitivas relacionadas à compreensão. Compreender algo significa construir um modelo mental para este algo. Mas podemos compreender coisas diversificadas, desde o funcionamento de uma máquina até o funcionamento de uma equação matemática. Objetos físicos e abstratos demandam a formação de modelos mentais de naturezas diferentes.

Johnson-Laird (1983) distingue entre

os modelos mentais físicos, que são os que representam o mundo físico (um motor, por exemplo) e os modelos mentais conceituais, que são os que representam coisas mais abstratas (uma fórmula matemática ou um discurso de sala de aula).

Os **modelos mentais físicos** são subclassificados por Johnson-Laird (1983) em seis tipos:

1. *Modelo relacional* é um quadro (“frame”) estático que consiste de um conjunto finito de elementos (“tokens”) que representam um conjunto finito de entidades físicas, de um conjunto finito de propriedades dos elementos que representam propriedades físicas das entidades e de um conjunto finito de relações entre os elementos que representam relações físicas entre as entidades.
2. *Modelo espacial* é um modelo relacional no qual as únicas relações que existem entre as entidades físicas representadas são espaciais e o modelo representa estas relações localizando os elementos (“tokens”) em um espaço dimensional (tipicamente de duas ou três dimensões). Este tipo de modelo pode satisfazer as propriedades do espaço métrico ordinário, em particular a continuidade psicológica de suas dimensões e a desigualdade triangular (a distância entre dois pontos nunca é mais do que a soma das distâncias entre cada um deles e um terceiro ponto qualquer).
3. *Modelo temporal* é o que consiste de uma sequência de quadros “frames” espaciais (de uma determinada dimensionalidade) que ocorre em uma ordem temporal que corresponde à ordem dos eventos (embora não necessariamente em tempo real).
4. *Modelo cinematográfico* é um modelo temporal que é psicologicamente contínuo; é um modelo que representa mudanças e

movimentos das entidades representadas sem descontinuidades temporais. Naturalmente, este tipo de modelo pode funcionar (“rodar”) em tempo real e certamente o fará se for construído pela percepção.

5. *Modelo dinâmico* é um modelo cinemático no qual existem também relações entre certos quadros (“frames”) representando relações causais entre os eventos representados.
6. *Imagem* é uma representação, centrada no observador, das características visíveis de um modelo espacial tridimensional ou cinemático subjacente. Corresponde, portanto, a uma vista (ou projeção) do objeto ou evento representado no modelo subjacente. (MOREIRA, 1996, p. 207-208).

Vamos tomar como exemplo, a disposição de três objetos em cima de uma mesa, por exemplo: prato, colher e xícara. Caso estes objetos estejam parados, a mente pode representá-los recorrendo simplesmente a um *modelo mental relacional*, sem agregar elementos espaciais como distâncias ou ângulos. No entanto, dependendo da necessidade, o sujeito poderá enriquecer o modelo relacional com elementos espaciais atribuindo características matemáticas ao sistema, por exemplo, forma geométrica do arranjo, distância entre os objetos e ângulos, o que dará origem a um *modelo mental espacial*. Ao trocar a posição dos objetos “prato-colher-xícara” forma-se um *modelo mental temporal* para o evento, o qual representará a ordem temporal da troca. Se essa ordem temporal for psicologicamente contínua, sem descontinuidades temporais, a mente poderá recorrer a um *modelo mental cinemático* para representá-lo. Caso o sujeito

perceba novas propriedades relacionais dos objetos em função da troca de lugar dos mesmos, o modelo cinemático origina um *modelo mental dinâmico*. No caso de haver necessidade de centrar a atenção em algum dos objetos do arranjo espacial, a mente recorre a uma *imagem mental* para representá-lo.

Para Johnson-Laird (1983), modelos mentais conceituais, construídos a partir do discurso, exigem mais que os modelos físicos, pois não têm o referencial do mundo físico, exigem um mecanismo de autorrevisão recursiva. O psicólogo distingue quatro tipos de modelos conceituais:

1. *Modelo monádico* é o que representa afirmações (como aquelas do raciocínio silogístico) sobre individualidades, suas propriedades e identidades entre elas. Este tipo de modelo tem três componentes: um número finito de elementos (“tokens”) representando entidades individuais e suas propriedades; duas relações binárias – identidade (=) e não identidade (!); e uma notação especial para indicar que é incerto se existem determinadas identidades.
2. *Modelo relacional* é aquele que agrega um número finito de relações, possivelmente abstratas, entre as entidades individuais representadas em um modelo monádico.
3. *Modelo metalinguístico* é o que contém elementos (“tokens”) correspondentes a certas expressões linguísticas e certas relações abstratas entre elas e elementos do modelo (de qualquer tipo, incluindo o próprio modelo metalinguístico).
4. *Modelo conjunto teórico* é aquele que contém um número finito de elementos (“tokens”) que representam diretamente conjuntos; pode conter também um

conjunto finito de elementos (“tokens”) representando propriedades abstratas do conjunto e um número finito de relações (incluindo identidade e não-identidade) entre os elementos que representam conjuntos (MOREIRA, 1996, p. 208-209).

O *modelo mental monádico* forma-se para representar asserções do tipo “Todo engenheiro é arquiteto” requerendo uma representação mental da forma:

Engenheiro = Arquiteto
(Arquiteto)

Os parênteses indicam que podem existir engenheiros que não são arquitetos. Para asserções mais gerais é necessário empregar outro tipo de modelo, o relacional.

O *modelo relacional* é necessário para representar uma asserção do tipo “existem mais bicicletas do que carros”, que requer uma representação do seguinte tipo:

b – c
b – c
b

Já asserções do tipo “Uma das médicas se chama Maria” requer um *modelo metalinguístico* da seguinte espécie:

Médica
“Maria” → Médica
Médica

Onde as aspas estão sendo usadas para significar uma expressão linguística e a flecha denota referência: a expressão linguística “Maria” se refere a tal médica.

No caso de asserções do tipo “Alguns

automóveis listam a si mesmos e outros não”; requerem um *modelo conjunto teórico* na forma:

$$a_1 \left\{ \begin{array}{l} “a_1” \\ “a_2” \\ “a_3” \end{array} \right.$$

O qual representa o fato de que um automóvel consiste de três nomes, incluindo o seu próprio.

Johnson-Laird (1983) considera esta subclassificação de modelos mentais como informal e tentativa, pois, em última análise, é a pesquisa que vai dizer como são os modelos mentais das pessoas. Contudo, os diferentes tipos de modelos físicos e conceituais por ele propostos revelam o caráter essencial dos modelos mentais: eles derivam de um número relativamente pequeno de elementos e de operações recursivas sobre tais elementos; seu poder representacional depende de procedimentos adicionais para construí-los e avaliá-los; as maiores restrições sobre eles decorrem da estrutura percebida ou concebida dos estados de coisas do mundo, dos conceitos que subjazem os significados dos objetos e eventos e da necessidade de mantê-los livres de contradições (MOREIRA, 1996, p. 210).

Na sala de aula, modelos físicos e modelos conceituais são formados a todo o momento de forma inconsciente pelos estudantes. Quando esses modelos são coerentes do ponto de vista científico, os discentes obtêm êxito nas tarefas de ensino, indicando que houve boa aprendizagem. No entanto, quando tais modelos são incoerentes cientificamente, o que infelizmente é muito comum, os aprendizes não logram êxito nas situações de ensino. O problema maior é que

nem os próprios professores têm consciência sobre os modelos mentais de seus alunos e nem de seus próprios, até porque muitos professores não sabem nem o que é ou como se forma um modelo mental. Para que se possa promover deliberadamente a formação de modelos mentais potentes em sala de aula, é necessário que o professor tenha um modelo mental do processo de formação de um modelo mental. É o que vamos ver na próxima seção.

A FORMAÇÃO DE MODELOS MENTAIS NA SALA DE AULA

De acordo com o que vimos na seção anterior, para compreender um dado conceito o estudante precisa formar um modelo mental do mesmo. Digamos que o conceito a ser compreendido é o de Força. Partindo da teoria dos modelos mentais, o estudante que forma um “bom” modelo mental para este conceito é capaz de aplicá-lo a diversas situações do dia-a-dia, pode simular seu uso para prever e explicar fatos durante a resolução de problemas, enfim, pode dizer o que o conceito “contém”, como ele “funciona” e por que se “comporta” de determinada maneira.

Vimos também que um bom modelo mental é formado conforme o estudante acrescenta informações ao mesmo, de acordo como o utiliza para analisar as situações do cotidiano. Em função dessas várias modificações no modelo mental, é formado um sistema cognitivo que capacita o sujeito a compreender significativamente o objeto em estudo.

Johnson-Laird sugere que as pessoas raciocinam com modelos mentais, os quais

seriam como blocos de construção cognitivos que podem ser combinados e recombinaados conforme necessário. A compreensão significativa de um conceito, evento ou objeto implica a construção de um modelo mental de trabalho deste conceito, evento ou objeto (MOREIRA e KREY, 2006, p. 357).

Considerando que o raciocínio do estudante ocorre de fato com base em modelos mentais, é preciso favorecer a formação deles durante as instruções de ensino. O professor só poderá encaminhar essa formação se tiver um modelo mental de como um modelo mental se forma.

Bruno D’Amore (2007) descreve a formação de um modelo mental do seguinte modo:

Com relação a um determinado conceito, o indivíduo parece fazer-se imagens sempre mais gerais e circunstanciadas, percebendo, cada vez, detalhes, informações, propriedades mais abrangentes; por isso, temos um verdadeiro e próprio *processo dinâmico* que consta de uma sucessão de imagens mentais; o modelo mental (cognitivo) seria então o “limite” dessa sucessão de imagens, no momento em que elas, ainda que com as solicitações relativas a propriedades sempre mais gerais, não requerem mais a formação de imagens *novas*; portanto, o modelo mental seria o resultado final do processo das imagens mentais, quando uma dessas se torna estável (p. 153, grifos do autor).

D'Amore (2007), sugere que um modelo mental é formado pela acomodação e equilíbrio de sucessivas imagens mentais, de modo a não sofrerem mais desequilíbrios em função de conflitos cognitivos proveniente de estímulos externos ou internos. Assim, teríamos que um modelo mental para o conceito de Força é formado por um grupo de imagens mentais, que não sofrem mais desequilíbrios muito bruscos, em função de uma nova situação de aprendizagem a ser enfrentada.

Didaticamente, teríamos que quando o sujeito começa o estudo sobre forças pode ainda não ter um modelo mental apropriadamente formado para este conceito. Conforme o professor oferece problemas os quais mobilizam tal conceito em diferentes situações, o estudante forma uma porção de imagens mentais que se unem e se complementam, promovendo a formação de um bloco de construção cognitivo. Esse bloco cognitivo é o modelo mental do conceito de Força.

De forma pictórica teríamos,

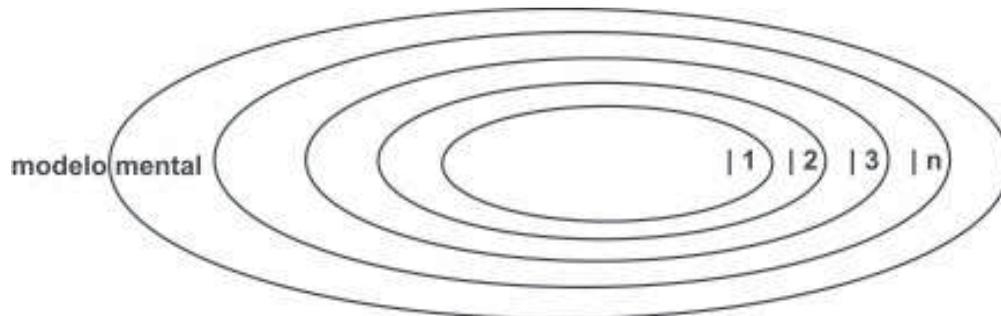


Figura 1. Dinâmica de formação de um modelo mental. Um modelo mental é formado por um conjunto n de imagens mentais (bloco cognitivo) que se acomodam mantendo relações entre si (Fonte: Adaptado de Borges, 1998, p. 12).

O que se observa na **figura 1** é uma proposição para a dinâmica de formação de modelos mentais. A ilustração evidencia que um modelo mental pode ser comparado a um bloco cognitivo resultante da acomodação de n imagens mentais, que se encaixam harmonicamente mantendo conexões entre si.

A formação de um modelo mental seria, portanto, semelhante a uma série de camadas imbricadas de imagens mentais, em que as camadas exteriores contêm completamente as camadas internas. Isto é, cada camada mais externa compartilha das mesmas propriedades que as camadas que ela contém e acrescenta outras, semelhante às camadas de uma cebola.

A figura a seguir mostra a acomodação entre as imagens mentais, desde a mais inclusiva (imagem 1) até a menos inclusiva (imagem n).

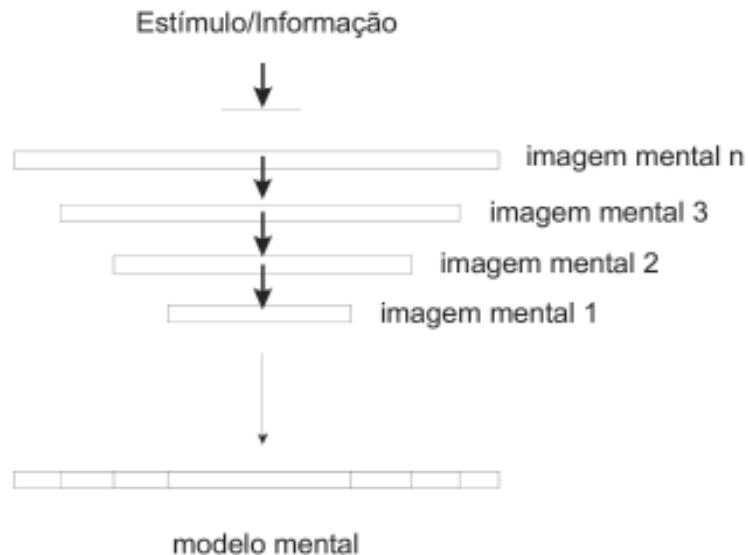


Figura 2. Processo de acomodação das imagens mentais. A segunda imagem mental incorpora novos elementos à primeira, por sua vez a terceira imagem incorpora novos elementos à segunda, e assim sucessivamente até que a imagem n não sofre mais modificações de ordem elevada, momento em que se forma um modelo mental (Fonte: Adaptado de D'Amore, 2007, p. 154).

A **figura 2** mostra que a primeira imagem mental absorve elementos da segunda, esta, por sua vez, retém elementos da terceira... acomodando-se umas as outras. Por ser menos suscetível a modificações em função de novas informações, a “última” imagem mental (n) não absorve mais elementos capazes de causar um desequilíbrio muito grande, originando então um modelo mental robusto que guiará corretamente o raciocínio do estudante durante as tarefas de ensino.

Pelas figuras 1 e 2 fica evidente que uma

imagem mental pode ser considerada um modelo mental até que um estímulo (exterior ou interior) a desequilibre e se acomode novamente incorporando elementos provenientes de tal estímulo, resultando uma imagem mental mais elaborada ou um “novo” modelo mental. Esse processo explica algumas aparentes incoerências sobre as concepções de modelo mental de alguns autores. Enquanto que para Johnson-Laird (1983) os modelos mentais seriam atos cognitivos episódicos, sendo “descartados” após seu uso, para Gentner e Stevens (1983),

os modelos mentais são estruturas estáveis cognitivamente (BORGES, 1998, p. 11). Ora, se na figura 2 olharmos cada imagem mental como um modelo mental, então teríamos que o modelo mental anterior é “descartado” em prol de um modelo mental mais acurado, o que estaria de acordo com a concepção de Johnson-Laird (1983). No entanto, a figura 2 também mostra que a um mesmo modelo mental inicial (representado por uma imagem mental) vão sendo incorporados elementos que o fazem ficar cada vez mais potente, dando ideia de estabilidade cognitiva, como apregoam Gentner e Stevens (1983). Parece que essas duas visões de modelos mentais são, na verdade, complementares.

Nota-se que o número n de imagens está relacionado à potência inclusiva de cada imagem mental. Se as imagens mentais iniciais forem pouco inclusivas (possuírem poucas pontes cognitivas), o número n tende a ser bem maior do que para o caso em que essas imagens são potencialmente inclusivas (muitas pontes cognitivas). Resulta que a função didática do professor seria favorecer a formação de imagens mentais iniciais potencialmente inclusivas, visando diminuir o número n de imagens necessárias à formação de um modelo mental potente, decorrendo daí melhor aprendizagem em menos tempo.

A dinâmica de aprendizagem por acomodação de imagens mentais por grau de ‘inclusividade’ poderia explicar um fato muito comum em sala de aula: os estudantes possuem tempo de aprendizagem diferente. Ora, estudantes que “aprendem rápido” provavelmente formam/possuem imagens mentais iniciais potencialmente inclusivas ao novo conhecimento, ao passo que estudantes “mais

atrasados” no raciocínio necessariamente formariam/teriam imagens mentais iniciais pouco inclusivas.

Para avançar em nossas reflexões sobre a necessidade de formação de imagens mentais iniciais potencialmente inclusivas, faz-se necessário aprofundar um pouco sobre o que seria uma imagem mental.

Para Johnson-Laird (1983), “Imagens são representações bastante específicas que retêm muitos dos aspectos perceptivos de determinados objetos, ou eventos, vistos de um ângulo particular, com detalhes de uma certa instância do objeto ou evento” (MOREIRA, 1996, p. 194). A imagem torna-se uma modalidade específica de representação do conhecimento (D’AMORE, 2007, p. 149).

Essa caracterização está totalmente de acordo e até corrobora nossas argumentações sobre a dinâmica de formação dos modelos mentais. Se olharmos atentamente a figuras 1 e 2, veremos que, de fato, cada imagem mental proporciona uma vista particular do modelo mental, pois, cada uma acrescenta um conhecimento que “faltava” na anterior. É esse conhecimento específico que dá à imagem mental a característica de ângulo particular de um modelo mental.

David Ausubel e colaboradores (1980) já falavam que cada conhecimento encontra-se ligado a conhecimentos prévios que o indivíduo possui, à sua experiência, às modalidades pessoais de mediação e percepção,

Ressaltamos que a aquisição de novas informações depende amplamente das ideias relevantes que já fazem parte da estrutura

cognitiva, e que a aprendizagem significativa nos seres humanos ocorre por meio de uma *interação* entre o novo conteúdo e aquele já adquirido. O resultado dessa interação, que ocorre entre o novo material e a estrutura cognitiva existente, é a *assimilação* dos significados velhos e novos, dando origem a uma estrutura mais altamente diferenciada (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p. 57).

Se esses conhecimentos prévios forem compreendidos como *imagens mentais prévias*, então a aquisição de informações depende em grande parte das imagens já formadas e acomodadas na estrutura cognitiva do sujeito formando seus *modelos mentais prévios*. A aprendizagem significativa ocorreria pela interação entre velhas e novas imagens mentais, originando uma imagem altamente diferenciada, o resultado final desse processo seria um modelo mental pujante (ver figura 2).

Em resumo, temos que:

A imagem mental é condicionada pela experiência pessoal, pelas influências culturais, pelos estilos pessoais, em poucas palavras, é produto típico do indivíduo, mas com constantes e também conotações comuns entre indivíduos diferentes. Ela pode mais ou menos ser elaborada conscientemente (essa capacidade de elaboração, no entanto, também depende do indivíduo). Todavia, a imagem mental é interna e, pelo menos em primeira instância, involuntária (D'AMORE, 2007, p. 153).

As imagens são “[...] resultantes da percepção ou imaginação, elas representam aspectos perceptíveis dos objetos ou eventos correspondentes do mundo real (MOREIRA, 1996, p. 2004)”.

Traduzindo para a sala de aula: os

estudantes chegam com suas imagens mentais prévias, formadas a partir de seus modos de vida, de suas ocupações, de suas idiosincrasias, de instruções escolares anteriores. Essas imagens mentais retêm suas percepções e imaginações sobre dado conhecimento. O professor, acostumado ao método tradicional de ensino, apresenta definições, faz exemplos, passa lista de exercícios e cobra o que foi ensinado na prova, não valoriza as imagens mentais prévias dos estudantes sobre o conhecimento a ser aprendido. O estudante, não acomodando imagens mentais cada vez mais elaboradas, não forma modelos mentais, em consequência, não compreende o que foi “ensinado”. Ocorreu o ensino, mas não a aprendizagem. Na seção que segue veremos uma técnica para reconhecer modelos mentais a partir das imagens mentais prévias dos estudantes.

UMA EXPERIÊNCIA PARA DETECTAR MODELOS MENTAIS

Como detectar as imagens mentais prévias dos estudantes visando diferenciá-las paulatinamente? Essa questão é delicada uma vez que não temos acesso direto a elas, podemos tão somente fazer ideia de como elas são, mas não podemos afirmar como realmente são. *No entanto, fazendo ideia de como são as imagens mentais dos estudantes, podemos compreender como são seus modelos mentais e agir de acordo!*

Um bom “jogo” para perceber imagens mentais seria perguntar para o estudante: *que pensamento lhe vem à cabeça quando escuta falar sobre...?* A resposta envolveria suas concepções, percepções e

imaginações, portanto, suas imagens e consequentes modelos mentais.

Numa pesquisa desse tipo perguntei para uma estudante do 8º ano do Ensino Fundamental:

- *Que pensamento lhe vem à cabeça quando escuta falar sobre força?*

Ela Respondeu:

- *De um cara dando porrada no outro!*

Tal resposta revela que a imagem mental de um homem agredindo outro faz parte de um modelo mental para o conceito de Força. Ou seja, o modelo mental da estudante para tal conceito comporta essa imagem mental. Através dela poderíamos inferir que:

· A estudante pensa em força relacionada à massa corporal (provavelmente, o homem que estava agredindo o outro possuía maior massa, era mais “forte”).

Sendo uma estudante do 8º ano do Ensino Fundamental, ainda não fora exposto aos conceitos escolares sobre força, por isso, seu modelo mental inicial preserva a ideia do senso comum de “que quem tem maior massa corporal é mais forte”. A função do professor seria partir dessa imagem mental para iniciar o estudo sobre Força. Ao tomá-la como uma imagem mental potencialmente inclusiva, o professor poderia apoiar novas imagens mentais às imagens integrantes do modelo mental inicial, enriquecendo-o cada vez mais com informações sobre tal conceito.

Uma estudante do 9º ano do ensino fundamental ao ser perguntada:

- *Que pensamento lhe vem à cabeça quando escuta falar de força?*

Respondeu:

- *De um homem empurrando uma caixa!*

Essa resposta mostra que a imagem mental de um homem empurrando uma caixa faz parte do modelo mental da estudante para o conceito de Força. A partir dessa imagem mental poderíamos inferir que a estudante:

1. Pensa em Força relacionada à massa corporal (o homem empurra a caixa porque é maior, tem mais massa, é mais “forte”).
2. Pensa em Força como algo capaz de provocar movimento (ao empurrar a caixa ela se movimenta).

Ou seja, a estudante já possui um modelo mental para esse conceito. Tal modelo mental compreende a ideia de força relacionada à massa corporal e força produzindo movimento. Provavelmente, esse modelo mental foi formado em função de suas experiências diárias e/ou por instruções escolares. Assim, a imagem mental de um homem empurrando uma caixa é potencialmente inclusiva para gerar um modelo mental potente para tal conceito.

Após detectar tal imagem mental, a missão do professor seria começar uma série de tarefas que levassem ao enriquecimento da mesma por meio de conflitos cognitivos (Por exemplo, mostrar que mesmo na ausência de força pode existir movimento). A cada tarefa a estudante acomodaria novas imagens mentais ao modelo mental inicial. Após certo tempo, o modelo mental para o conceito de força ficaria robusto e não sofreria mais modificações acentuadas mesmo com novas tarefas de ensino.

Outra estudante, desta vez do pré-vestibular, respondeu à seguinte pergunta: *o que você pensa quando escuta falar sobre força?*

- Penso que força é um movimento que tu faz...é um impulso...de um objeto que pode ir pra trás e pra frente, depende do movimento que tu faz e da força que tu exerce sobre ele.

Pode-se inferir que a imagem mental da estudante sobre o conceito de Força incorpora ideias de:

- Força relacionada à movimento.
- Força relaciona à impulso.

Mostrando que o modelo mental dessa estudante para tal conceito relaciona força à ideia de movimento e de impulso. Partindo dessa imagem mental, o professor poderia organizar suas atividades visando causar conflitos cognitivos que levassem ao desequilíbrio do modelo mental inicial e reequilíbrio a um modelo mental mais enriquecido.

Observa-se nas três respostas acima certa evolução do modelo mental de Força. No primeiro caso, a estudante do oitavo ano pensava em Força apenas relacionada à massa corporal. No segundo caso, a estudante incorporou, além da ideia de massa corporal, a noção de Força enquanto agente de movimento. Já no terceiro caso, a estudante do pré-vestibular assimilou ao seu modelo mental de Força, além da ideia de produtora de movimento, também a ideia de impulso. Isso mostra que um modelo mental evolui com as instruções e com as experiências de vida.

Nessa técnica de pesquisa em modelos mentais a partir das imagens mentais, os

registros pictóricos seriam excelentes fontes de informação. Digamos que se queira analisar os modelos mentais de crianças sobre o conceito de Terra. O professor solicita que a criança desenhe uma pessoa em pé no planeta Terra. Uma criança poderia desenhar o seguinte:



Figura 3. Homem em pé no planeta Terra (Fonte: MOREIRA, 1996, p. 217).

Ficaria claro que a imagem mental que a criança tem é de uma Terra em forma de disco, caracterizando que seu modelo mental para o conceito de Terra inclui a imagem mental de que a mesma possui forma geométrica de disco. Esse resultado foi confirmado por Stella Vosniadou em 1994 (MOREIRA, 1996, p. 217).

Verifica-se também que a imagem mental de Terra em forma de disco é mais potencialmente inclusiva do que uma imagem mental de Terra em forma retangular, uma vez que o disco possui forma geométrica mais próxima da esfera do que o retângulo. Em outras palavras, a criança que imagina a Terra em forma de disco compreenderia mais rápido que sua forma é esférica do que a criança que imagina a Terra em forma de retângulo.

Em suma, pesquisando as imagens mentais dos estudantes o professor poderá fazer ideia de como são seus modelos mentais e organizar suas atividades de ensino e recursos didáticos visando enriquecê-los, a fim de que, se transformem em modelos mentais potentes do ponto de vista científico.

EXPOSIÇÕES FINAIS

Meu objetivo foi refletir sobre a formação de modelos mentais e consequentes implicações para o ensino-aprendizagem.

Apresentei a ideia de modelo mental como sendo um bloco de construção cognitivo composto por n camadas de imagens mentais acomodadas. A função principal de um modelo mental é servir para o raciocínio e compreensão por meio de simulação mental, como sugere Borges (1998, p. 13) nos itens a seguir

1. Um modelo mental é diferente de uma representação de informações isoladas sobre o sistema. Ele é uma estrutura rica e elaborada.

2. Um modelo mental representa diferentes tipos de informação: o que o sistema contém, como ele funciona e por que se comporta de uma determinada maneira.

3. Um modelo mental, para algumas pessoas pelo menos, é diferente de outras formas de conhecimento, pois ele pode ser “rodado” com entradas exploratórias, de forma a imaginar o resultado (simulação mental).

4. Um modelo mental envolve um certo grau de sistematicidade e coerência.

A ideia de modelo mental enquanto um conjunto de imagens mentais devidamente acomodadas, onde a imagem mais externa

contempla e atribui novas propriedades à camada mais interna, contribui quando se deseja confeccionar recursos didáticos fundamentados na teoria dos modelos mentais.

A função do professor seria partir das imagens mentais prévias dos estudantes e construir materiais e estratégias de ensino que pudessem promover desequilíbrios cognitivos, que gerassem imagens mentais cada vez mais enriquecidas em termos de novos conhecimentos. Essa estratégia faria com que os modelos mentais dos estudantes evoluíssem a modelos mentais coerentes do ponto de vista da escola.

Argumentamos que estudantes que “aprendem rápido” teriam imagens mentais iniciais potencialmente inclusivas, ou seja, com muitas pontes cognitivas para apoiar a aprendizagem do novo conhecimento. Por outro lado, estudantes que “demoram a aprender” teriam imagens mentais pouco inclusivas, isto é, com poucas pontes cognitivas.

Mostrei que o tempo de aprendizagem tem haver com o número n de imagens mentais necessárias para formar um modelo mental. Argumentei também que o número n de imagens pode ser reduzido quando se parte de uma imagem mental inicial potencialmente inclusiva, reduzindo, em consequência, o tempo de aprendizagem de determinado conteúdo. O professor deveria, portanto, construir recursos didáticos que partissem de imagens mentais potencialmente inclusivas visando favorecer a aprendizagem de determinado conteúdo.

Uma questão que surgiu foi: como pesquisar os modelos mentais prévios dos estudantes, haja vista que são internos e não temos acesso diretamente a eles? Partindo do pressuposto bastante válido de que os

modelos mentais são formados por imagens mentais cada vez mais enriquecidas e acomodadas, poderíamos simplesmente perguntar para o estudante *o que ele pensa quando escuta falar sobre tal coisa ou solicitar que faça um desenho a respeito* e teríamos suas percepções e concepções dando pistas sobre como é seu modelo mental. Esse método foi usado com três estudantes sobre o conceito de Força e mostrou-se bastante válido para inferir seus modelos mentais prévios.

Em resumo, para construir estratégias e materiais com base em modelos mentais, sugerimos pelo menos duas ações pedagógicas:

- Identificar uma imagem mental inicial potencialmente inclusiva para o conceito a ser ensinado.

- Preparar o discurso pedagógico (materiais e estratégias) visando enriquecer as ideias presentes na imagem mental inicial por meio de conflitos cognitivos.

Por ser um assunto relativamente novo na Educação (quase 30 anos) os modelos mentais ainda trazem muitas indagações a serem pesquisadas. Porém, as pesquisas que vêm sendo feitas indicam que esse é um tema de extrema relevância para as tarefas de sala de aula.

Recebido em: maio de 2012

Aceito em: julho de 2012

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. P.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 1, p. 7-31, 1998.

D'AMORE, B. **Elementos de didática da Matemática**. São Paulo: Cortez, 2007.

GILBERT, J.K. & BOULTER, C. Stretching Models Too Far. In: Conferência Anual da National Association for Research in Science Teaching. **Anais...** San Francisco, 18-22 Abril, 1995.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental Models**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; PALMEIRO, M. L. R. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las Ciencias. **Revista Brasileira de Investigações em Educação em Ciências**, v. 2, n. 3, p. 84-96, 2002.

MOREIRA, M. A.; KREY, I. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 353-360, 2006.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**, v. 4, p. 45-69, 1994.