



# Modelos Didáticos e Cinética Química: Considerações sobre o que se Observou nos Livros Didáticos de Química Indicados pelo PNLEM

**Camila L. Miranda, Camila S. Pereira, José R. Matiello e Daisy B. Rezende**

Na Ciência e em seu ensino, o emprego de modelos para a construção do conhecimento e de uma visão adequada de Ciência exerce um papel importante pois, apesar de diversos fenômenos serem observáveis macroscopicamente, os conceitos envolvidos em algumas explicações pertencem ao nível microscópico, necessitando de modelos de mesma característica para sua compreensão. Considerando a importância dos modelos e do papel do livro didático no ensino de Ciências Naturais, o presente artigo apresenta a identificação de diversos modelos associados à cinética química presentes nos livros didáticos de Química selecionados pelo PNLEM/2012-14.

► livro didático, modelos, cinética química ◀

Recebido em 24/01/2014, aceito em 27/11/2014

197

**E**mbora os fenômenos sejam observáveis macroscopicamente, alguns dos conceitos envolvidos em sua compreensão pertencem ao nível microscópico. Nesse sentido, o emprego de modelos tem grande importância na construção, compreensão e divulgação do conhecimento científico, além de contribuir para a elaboração de uma visão adequada de Ciência. O domínio do emprego desses modelos se faz por meio da mediação propiciada pelos professores e livros didáticos.

Atualmente, na educação pública brasileira, a disponibilização de livros didáticos para os estudantes da Educação Básica é realizada por meio do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e, especificamente no caso do Ensino Médio, pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Essa iniciativa governamental tem a finalidade de apoiar o trabalho dos professores e democratizar o acesso ao livro didático, uma vez que os livros e as coleções didáticas são distribuídos gratuitamente (Echevarría et al., 2010; Maia et al., 2011).

Existe um consenso de que o livro didático é um instrumento fundamental no processo de escolarização e indispensável em sala de aula (Freitag et al., 1989; Bittencourt,

2004). De qualquer perspectiva que se os contemplem, os livros didáticos são produtos culturais, resultantes de interações mediadas por questões econômicas, sociais e culturais (Macedo, 2004), havendo diversos interesses envolvidos em sua confecção e vendagem que influenciam o modo como as informações são disponibilizadas nesses livros. Frequentemente, os livros didáticos se tornam fontes diluídas de conhecimento, em que as informações e o conhecimento científico são tão simplificados para torná-los acessíveis à compreensão do aluno, que chegam a ter comprometido seu significado, o que ocorre principalmente na abordagem das Ciências Naturais.

Nenhum livro é neutro em relação à imagem de Ciência que apresenta, pois eles são elaborados por indivíduos que possuem visões particulares tanto sobre Ciência como sobre o que deve ser ensinado. Assim, os livros didáticos carregam marcas implícitas de visões pessoais dos autores, as quais influenciam os estudantes na elaboração de sua visão de Ciência (Martorano; Marcondes, 2009)

Nesse contexto, podem ser identificadas, dentre outras possíveis, duas perspectivas filosóficas relacionadas às visões de ciência: a perspectiva empirista/indutivista e a

**Nenhum livro é neutro em relação à imagem de Ciência que apresenta, pois eles são elaborados por indivíduos que possuem visões particulares tanto sobre Ciência como sobre o que deve ser ensinado.**

racionalista, as quais são recorrentemente encontradas em trabalhos da literatura (Níaz, 1994; Campos; Cachapuz, 1997; Lôbo; Moradillo, 2003; Maldaner, 2006; Martorano; Marcondes, 2009; 2012). Um livro difusor da visão empirista de ciência pode ser um obstáculo para o aprendizado de conceitos em que não seja possível a visualização dos fenômenos, sendo necessário desenvolver modelos para sua compreensão. Essa concepção transmite a ideia de que a ciência se processa unicamente por meio de experimentos, é apresentada de forma linear, contínua e acumulativa, sendo omitido, muitas vezes, o papel das teorias científicas na concepção dos experimentos. Por outro lado, a visão racionalista vislumbra a ciência como um empreendimento humano, na construção de modelos explicativos que, por sua natureza, têm validade específica e apresentam limites.

### O ensino de Química e sua relação com os modelos

Diversos estudos (Batista; Justi, 2000; Carvalho; Justi, 2005; Justi, 2010a) têm demonstrado que a utilização de modelos para o ensino de Química, mais do que se resumir a uma ferramenta para a resolução de problemas, pode contribuir de forma significativa para a elaboração de uma visão adequada das ciências naturais, cuja essência envolve a criação de modelos (Brandão; Araújo; Veit, 2010).

A palavra *modelo* assume diferentes significados dependendo de seu contexto de utilização. No senso comum, pode ser compreendida como molde, representação em escala reduzida, cópia da realidade, representação simplificada ou esquemática da realidade, forma ou padrão a ser imitado, ou seja, é a representação (parcial ou total) de alguma entidade física. Entretanto, no contexto científico, ideias de que “um modelo é um padrão a ser seguido” e “um modelo não pode ser modificado” (Justi, 2010b) não são concepções aceitáveis.

Não há uma definição consensual de *modelo* na literatura mas, de maneira sucinta, os modelos nas Ciências Naturais podem ser entendidos como representações parciais de objetos, processos ou ideias que substituam algum aspecto da realidade, permitindo seu estudo teórico e visualização. Podem ainda ser vistos como ferramentas de representação teórica do mundo, que auxiliam em sua explicação, permitem previsões e são passíveis de transformações (Lima, 2007; Ferreira; Justi, 2008).

Para a construção de um modelo didático, o modelo inicial é submetido a diversas etapas e diferenciações em diversos outros tipos de modelo (Justi; Gilbert, 1999a; Lima, 2007). Um modelo surge primeiramente da reflexão - individual ou de um grupo - acerca de um determinado fenômeno

que se queira modelar: a essa representação se dá o nome de *modelo mental*. Uma vez apresentado a um público, por meio de desenhos, gráficos, analogias, diagramas, esquemas ou outra forma de linguagem, esse modelo mental passa a ser chamado de *modelo expresso*. Ao se tornar consenso no âmbito de um grupo, ou seja, quando esse modelo é aceito por um grupo social, é então denominado *modelo consensual*. Ao tornar-se consenso em uma comunidade ou grupo científico, sendo utilizado para o desenvolvimento de pesquisas e produção de conhecimento científico, recebe o nome de *modelo científico*.

Esse modelo consiste em um esquema teórico estruturado para facilitar a compreensão de um fenômeno ou uma realidade, podendo ser utilizado, no contexto científico, para compreender, prever, analisar, descrever e simular fenômenos ou processos de interesse (Adúriz-Bravo; Izquierdo-Aymerich, 2009). Ao ser superado e colocado à margem da ciência, pode ser denominado *modelo histórico* (Justi; Gilbert, 1999a; Milagres; Justi, 2001; Lima, 2007), o qual, mesmo não sendo o modelo mais atual no âmbito científico, ainda pode ser adequado para a explicação de diversos fenômenos e situações.

Os modelos científicos são geralmente complexos ou representados de maneira complexa. Por isso, o que é ensinado nas aulas de ciências são simplificações desses

modelos, sendo chamados de *modelos curriculares*. Visando à aprendizagem desses modelos, são desenvolvidos os *modelos para o ensino* ou *modelos didáticos* ou ainda *modelos pedagógicos*, que são empregados com o objetivo de auxiliar os estudantes na compreensão dos conceitos envolvidos. Os modelos didáticos são amplamente utilizados pelos autores de livros-texto, sendo os mais comuns os desenhos de modelos moleculares, gráficos, diagramas e analogias. No entanto, nem sempre essas representações expressam sentidos equivalentes

àqueles do modelo mental que as originou, sendo que, frequentemente, esse problema está relacionado ao tipo de linguagem adotada no momento do desenvolvimento da representação do modelo. Esse fato pode levar os estudantes e até mesmo os professores a desenvolverem concepções equivocadas acerca da entidade modelada (Justi; Gilbert, 1999a; 1999b; Justi, 2010b; Lima, 2007).

### Modelos em cinética química

A cinética química apoia-se em modelos para o estudo da velocidade das reações químicas, das variáveis que as influenciam, assim como dos mecanismos que as explicam. Dessa maneira, ela provê bases para a compreensão

A palavra *modelo* assume diferentes significados dependendo de seu contexto de utilização. No senso comum, pode ser compreendida como molde, representação em escala reduzida, cópia da realidade, representação simplificada ou esquemática da realidade, forma ou padrão a ser imitado, ou seja, é a representação (parcial ou total) de alguma entidade física. Entretanto, no contexto científico, ideias de que “um modelo é um padrão a ser seguido” e “um modelo não pode ser modificado” (Justi, 2010b) não são concepções aceitáveis.

de processos químicos. Os modelos em cinética buscam elucidar os motivos pelos quais a ocorrência de certas transformações é quase instantânea, enquanto para outras são necessários séculos. Esse conhecimento é primordial no controle de diversas transformações importantes e facilmente perceptíveis como a decomposição de diferentes materiais descartados no lixo, a oxidação de monumentos e o acionamento de *air bags*. A compreensão desses fenômenos e das variáveis envolvidas na velocidade das reações químicas é importante para a formação crítica dos estudantes, durante a qual aspectos da realidade devem ser problematizados e questionados para que eles possam desenvolver sua capacidade de se posicionarem em relação a problemas sociais, políticos, econômicos e ambientais (Justi; Gilbert, 1999a; Heck, 2012).

Tópicos relacionados à cinética química são considerados de difícil ensino e aprendizado, não importando se abordados de modo qualitativo ou quantitativo. Na literatura, encontram-se diversas concepções alternativas acerca da temática, além de discussões sobre as dificuldades que os estudantes enfrentam na análise de gráficos, tabelas, dados experimentais e interpretação de enunciados de exercícios (Heck, 2012; Martorano; Marcondes, 2012).

Considerando o desenvolvimento histórico desse campo da Química, foram desenvolvidos oito modelos consensuais para a cinética química (Justi; Gilbert, 1999a; 1999b): modelo antropomórfico, corpuscular de afinidade, primeiro modelo quantitativo, modelo de mecanismo, termodinâmico, cinético, mecânico estatístico e modelo do estado de transição, cujas características principais estão sumariadas a seguir.

- *Modelo antropomórfico*: as ideias iniciais relativas à cinética química não possuem definições bem delineadas, sendo a matéria concebida sob uma visão antropomórfica. Nesse sentido, a compreensão do conceito de velocidade de uma reação química, por exemplo, era associada a quão rapidamente a reação ocorria.
- *Modelo corpuscular de afinidade*: define que a velocidade das reações depende do grau de afinidade entre os materiais.
- *Modelo quantitativo* (primeiro): a introdução da matemática no estudo da cinética química possibilitou o estabelecimento de relações de proporcionalidade entre a velocidade em que ocorre uma reação e a variação da concentração de partículas de reagentes ou de produtos em um determinado intervalo de tempo.
- *Modelo de mecanismo*: com a introdução da ideia de que as reações químicas poderiam ocorrer em mais de uma etapa (ou passos), estabeleceram-se relações entre a velocidade das reações e as diferentes etapas de interação entre as partículas. Esse modelo possibilitou a elaboração de expressões matemáticas relacionadas à velocidade das reações químicas.
- *Modelo termodinâmico*: baseia-se na ideia de que a ocorrência das reações químicas envolve a colisão

entre partículas com a energia adequada. A velocidade de reação não depende apenas da quantidade de substâncias existentes e sim do número de moléculas que possuem energia suficiente para reagir.

- *Modelo cinético*: baseia-se na ideia de reação química relacionada à quebra e formação de ligações por meio das colisões entre moléculas, sendo a velocidade das reações dependente da frequência de colisões de moléculas com energia e orientação adequadas.
- *Modelo mecânico estatístico*: nesse modelo, as reações químicas são consideradas a partir da força e dos movimentos de moléculas expressos em coordenadas.
- *Modelo de estado de transição*: modelo que relaciona aspectos termodinâmicos e cinéticos ao considerar as reações químicas um processo no qual o sistema transpõe uma barreira energética entre seus estados inicial e final. A velocidade de reação seria controlada por um estado de energia mais alta, barreira entre os estados inicial e final.

### Aspectos metodológicos

Diante do cenário delineado, este artigo apresenta os resultados de um estudo cujo objetivo é o de identificar a presença e as características de modelos para o ensino de cinética química em livros didáticos de Química, de maneira a verificar se a visão de Ciência dos autores reflete-se de alguma maneira nos modelos didáticos empregados e, ainda, se algum modelo didático e/ou consensual é predominante na abordagem de cinética química nos livros didáticos analisados.

Quantificaram-se os modelos didáticos presentes em cada obra (*vide* Tabela 1: analogias; representações macroscópicas; microscópicas; macroscópicas e microscópicas; macroscópicas e esquemas representacionais; microscópicas e esquemas representacionais; esquemas representacionais; gráficos e representações microscópicas; e, finalmente, gráficos e esquemas representacionais). “A *quantificação tem o potencial de tornar aquilo que era amorfo em algo de concreto*” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 196). Compreendemos que, mesmo quando de caráter qualitativo, a quantificação ainda mantém essa característica, facilitando a avaliação das informações. A análise que permitiu quantificar os diferentes modelos utilizados foi feita com base no trabalho desenvolvido por Milagres e Justi (2001).

Após serem quantificados os tipos de modelos didáticos empregados em cada obra analisada, prosseguiu-se com a análise qualitativa desses dados, buscando estabelecer relações entre a utilização desses modelos didáticos e o predomínio do modelo de estudo da cinética. Além disso, identificaram-se traços que evidenciassem a visão de ciência implícita nas obras analisadas, intrinsecamente ligada à visão de ensino do(s) autor(es), dentre as visões de ciência conhecidas, a empirista e a racionalista.

Os livros didáticos analisados foram selecionados a partir da indicação dos livros do PNLEM "negrito"/2012-2014,

sendo retomados ao longo do texto a partir de sua identificação alfabética, como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1: Livros didáticos analisados neste trabalho

A.	Química na abordagem do cotidiano, de Francisco Miragaia Peruzzo e Eduardo Leite do Canto (Editora Moderna, 2010);
B.	Ser protagonista, organização de Julio Cezar Foschini Lisboa (Editora Santa Maria, 2010);
C.	Química, de Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado (Editora Scipione, 2011)
D.	Química cidadã, dos coordenadores Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól (Editora Nova Geração, 2011);
E.	Química, meio ambiente, cidadania e tecnologia, da Martha Reis Marques da Fonseca (Editora FTD, 2011).

## Resultados e discussão

### Visão geral

Identificaram-se 155 modelos nos cinco livros didáticos analisados, dentre os quais se destacam as representações gráficas (35%), seguidas pelas representações referentes aos domínios micro (32%) e macroscópico (26%). Pode-se compreender que as representações gráficas e microscópicas representem 77% do total pela natureza do conteúdo envolvido nas discussões acerca de cinética química, fortemente balizado por conhecimentos do campo da matemática.

Nos livros analisados, os autores abordaram a cinética química por meio de três modelos: corpuscular, termodinâmico e cinético. De modo geral, nenhuma das abordagens se destacou nas obras e nenhum dos livros apresentou os três modelos. No livro A, o modelo termodinâmico é

explicitado para a abordagem da cinética enquanto, no livro B, empregam-se os modelos cinético e corpuscular. A presença do modelo corpuscular é ilustrada pelo excerto: *além do contato entre espécies reagentes, é necessário que elas tenham possibilidade de reagir entre si* (B, p. 117), o qual indica ao leitor ser essa uma condição palpável e facilmente observada. Também não há preocupação em explicitar ao leitor que se trata de um modelo e, portanto, apresenta limites. Já no livro C, são explicitados os modelos termodinâmico e cinético. O modelo cinético é utilizado para fundamentar a ocorrência de reações: *durante uma transformação química, as partículas dos reagentes se chocam e, para acontecer uma transformação química, será preciso que ligações químicas se rompam e que novas ligações sejam formadas* (C, p.118). No livro D, está presente apenas o modelo cinético e, no livro E, os modelos corpuscular e termodinâmico.

Em relação ao tipo de abordagem utilizada, os livros A, B e E apresentam majoritariamente abordagens matemáticas, enquanto os livros C e D enfatizam os aspectos qualitativos do conteúdo relacionado à cinética química.

É grande a diversidade de modelos didáticos encontrados, de modo que a maioria dos tipos de modelos está presente nos cinco livros, com exceção dos esquemas, que só estão presentes no livro B, o qual abarca a maior diversidade de tipos de modelos, seguido pelos livros A e D (Tabela 2). Os modelos gráficos e representacionais e os desenhos/imagens estão presentes em todos os livros analisados.

As analogias estão presentes apenas nos livros A e B. O livro A, por exemplo, relaciona a velocidade de carros e tartarugas ao se chocarem com a energia envolvida em uma reação química.

Nessa obra, um dos textos apresentados baseou-se em exemplos do cotidiano, tais como: as reações que ocorrem no *air bag* e na explosão do trinitrotolueno para as reações rápidas; a formação da ferrugem, no caso das reações lentas; e o apodrecimento de frutas, um exemplo de reações que podem ser retardadas, por resfriamento.

Tabela 1: Modelos didáticos apresentados nos livros analisados e sua quantidade.

Tipo de modelo didático	LIVRO						Total
	Quantidade de modelos (números absolutos)						
	A	B	C	D	E	F	
Analogia	2	1	1	2	----	5	11
Macroscópico	7	16	5	2	2	2	34
Microscópico	----	2	----	3	----	10	15
Macroscópico e microscópico	2	2	----	----	2	----	6
Macroscópico e representacional	1	----	3	1	1	1	7
Microscópico e representacional	5	3	4	6	3	2	23
Esquema representacional	----	----	----	2	----	2	4
Gráfico e microscópico	1	1	----	3	----	1	6
Gráfico e representacional	4	8	11	1	7	18	49
Total de modelos	22	33	24	20	15	41	155

Tabela 2: Diversidade de modelos apresentada nos livros analisados.

Tipo de modelo	Livro				
	A	B	C	D	E
Matemático	X	X	-----	X	X
Gráfico	X	X	X	X	X
Representacional	X	X	X	X	X
Microscópicos	X	X	X	X	Praticamente ausente
Macroscópico	X	X	X	X	
Esquemas	---	X	---	---	---
Desenhos/Imagens micro	X	X	X	X	X
Desenhos/Imagens macro	X	X	X	X	X

A utilização de abordagens e modelos que induzem à mecanização do ensino é encontrada nos livros A, B e E. Nesse último, encontra-se grande quantidade de fórmulas e quadros com definições sintéticas, que contribuem para um estudo fragmentado, linear e algorítmico.

Foi constatado, ainda, que todos os livros apresentam algum tipo de equívoco conceitual. Os livros A, B e D, em alguns momentos da abordagem, apresentam informações que podem reforçar as concepções alternativas dos estudantes. Como exemplo, no livro E, os autores afirmam que o catalisador é integralmente recuperado. Essa afirmação é equivocada e induz o leitor a acreditar que os catalisadores são de utilização infinita. Sabe-se, por exemplo, que nos processos industriais em que os catalisadores são utilizados, sua reposição deve ser feita periodicamente. O livro B, ao conceituar complexo ativado (*A diferença entre a energia armazenada no complexo ativado e a armazenada dos reagentes é chamada energia de ativação, p. 119*), sugere que há energia armazenada nas ligações, contribuindo para o desenvolvimento (ou reforço) de concepções alternativas, tal como a recorrente e equivocada visão de que os alimentos armazenam energia, que desconsidera ser a energia resultante devida ao saldo energético do processo de digestão, o qual envolve quebra de ligações e formação de novas ligações entre as moléculas.

Com relação à visão de Ciência apresentada nas unidades relativas à cinética química, pôde-se observar que os autores dos livros A, B e E apresentam uma visão de Ciência mais próxima da empirista, enquanto a visão daqueles dos livros C e D tende à racionalista. Isso é confirmado ao se analisar a relação dessas obras com a experimentação. Ao apresentarem/proporem experimentos, os autores dos livros A, B e E enfatizam sua utilização como comprovação dos conceitos abordados, atribuindo à experimentação um caráter apenas ilustrativo; as questões são propostas para serem respondidas apenas a partir da observação; e não há proposição de reflexão para a construção de modelos. Essa visão de ensino dos autores é manifesta nessa sequência didática e reflete uma visão de Ciência empirista. Por sua vez, os autores dos livros C e D utilizam a experimentação como base para introduzir a abordagem conceitual,

corroborando sua perspectiva diferenciada sobre o fazer científico.

### Discutindo os livros

No livro A, há preocupação em pontuar que a Ciência é um empreendimento humano, sujeito a erros e limitações. No desenvolvimento do tema, encontram-se experimentos e dados experimentais que precedem o desenvolvimento das atividades, além de contextualização e exemplos macroscópicos que permitem ao estudante associar o conteúdo estudado a fatos cotidianos. Para a abordagem do tema, observa-se a utilização de analogias, diversos gráficos e modelos microscópicos, fórmulas e mecanismos de reação, que apoiam o texto. Por outro lado, essa obra favorece a mecanização do aprendizado por meio do uso de caixas conceituais, da abordagem matemática com ênfase na execução de cálculos, do uso de algoritmos em detrimento da compreensão do significado do conhecimento. Houve, ainda, a identificação de alguns equívocos conceituais que podem fazer com que os estudantes proponham modelos distantes daqueles preconizados no contexto do conhecimento científico escolar.

No desenvolvimento do conteúdo, foram identificados dois modelos distintos de cinética química: corpuscular e cinético, abordados a partir de diversos modelos didáticos. Há a utilização de experimentos, dados experimentais e imagens de experimentos para a visualização de alguns dos conteúdos relacionados à cinética química, ilustrações e analogia para a contextualização. A unidade é permeada pela utilização de gráficos e modelos microscópicos, podendo-se identificar também o uso de modelos macroscópicos, matemáticos e representacionais (fórmulas químicas).

Para os autores do livro C, a Química/Ciência é apresentada como um empreendimento humano constituído por três aspectos básicos: fenômenos, teorias/modelos e as representações. A existência dos modelos é naturalizada mediante sua apresentação. As discussões acerca da cinética química voltam-se ao estudo teórico-prático em detrimento da ênfase em equações matemáticas. As atividades propostas exigem uma postura ativa em relação à aquisição

do conhecimento. Todos os tópicos são introduzidos por intermédio de textos que contextualizam o conhecimento proposto e são acompanhados de representações macroscópicas e das equações químicas que representam as reações envolvidas nos processos. No desenvolvimento dos conteúdos, observa-se que a utilização de gráficos e de representações microscópicas aliadas a modelos representacionais corresponde a 75% dos modelos utilizados.

Nos tópicos relacionados à cinética química, no livro D, os autores optam por uma abordagem construtivista, por meio de sua organização curricular em espiral. Não se identifica, no decorrer da unidade, a utilização de abordagens matemáticas para explicação de quaisquer dos processos. Os autores optam por abordar diversos tópicos qualitativamente a partir de textos históricos e/ou contextualizados. As discussões são iniciadas mediante experimentos e desenhos representando fenômenos observáveis macroscopicamente, que facilitam que o estudante estabeleça relações com o conteúdo abordado, conduzindo-o a pensar sobre os processos em nível microscópico. Os modelos microscópicos são utilizados como apoio para as discussões, assim como modelos representacionais e gráficos, mas não se encontram analogias, o que pode contribuir para prevenir equívocos conceituais dos estudantes.

O desenvolvimento do tema cinética química no livro E é realizado por meio de uma abordagem mais conservadora, na qual se enfatizam as relações expressas por equações matemáticas em detrimento da compreensão dos fenômenos. Há grande utilização de equações matemáticas e algoritmos, modelos representacionais, fórmulas, gráficos e tabelas enquanto, em quase toda a unidade, nota-se a ausência da utilização de modelos macroscópicos e microscópicos. Há uma tentativa de contextualização no início da unidade ao serem apresentados um texto e imagens relacionados ao tema mas, ao longo do desenvolvimento do conteúdo, esses elementos não são retomados ou explicados, exercendo, portanto, uma função meramente ilustrativa.

### Considerações finais

Concebendo que a construção do conceito de cinética química seria favorecida pelo emprego de modelos didáticos, entendemos que o mais adequado seria a associação de diferentes modelos como, por exemplo, microscópicos, macroscópicos e representacionais e gráficos.

Diante dessa suposição, de maneira geral, as obras analisadas contemplam essa associação em maior ou menor grau. Embora diversos fenômenos macroscópicos possam ser explicados por meio de conceitos da Química, os conceitos que elucidam tais fenômenos situam-se na dimensão microscópica. Assim, é relevante ressaltar que o uso dos modelos microscópicos aliados aos representacionais apareceu com maior frequência nos livros analisados. No entanto, cabe salientar que a análise desses livros permitiu que identificássemos indícios de que alguns modelos apresentados pelos autores não dialogam com o texto, sendo muitas vezes

utilizados de maneira descritiva ou ilustrativa, com excessiva abordagem matemática, não contribuindo para a estruturação dos conceitos referentes à cinética química.

Partindo da análise das seis coleções de livros didáticos, acreditamos que o aprendizado da cinética química seria favorecido por uma abordagem permeada pela associação das perspectivas presentes na obra organizada por Santos e Mól e naquela de Mortimer e Machado.

Entendendo que o currículo tradicional não propicia a flexibilidade de conteúdo, nossa proposta encontra-se delimitada pelas ideias de Jerome Bruner (Coelho; Borges, 2006), que propõe um currículo em espiral, cuja abordagem do conteúdo ocorra em diferentes níveis de complexidade. Essa preocupação em abordar o conhecimento a partir de seus diferentes níveis de complexidade é, inclusive, uma das indicações importantes das orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2002) e está refletida na construção de algumas propostas curriculares, tais como a dos estados de São Paulo e do Paraná. Nessa perspectiva, propomos que os estudos seriam trabalhados a partir de três temas norteadores, como explicitado a seguir:

1. A velocidade de uma reação química. Por que é importante conhecê-la e controlá-la?
2. Fatores que influenciam a velocidade das reações.
3. Modelo para compreender a velocidade das reações químicas.

Partindo dessa proposta, no 1º ano do Ensino Médio, seria introduzido o estudo qualitativo da velocidade das transformações químicas por meio da experimentação. Esse estudo estaria presente em práticas investigativas e não a partir de roteiros fechados a serem seguidos estritamente, estimulando os estudantes a refletirem sobre os fenômenos observados, apoiados nas dimensões macroscópica e microscópica, quando for o caso.

No 2º ano, após estudarem os modelos atômicos, em especial o de Dalton, partindo da compreensão dos fenômenos macroscópicos, seriam desenvolvidas práticas referentes aos fatores envolvidos no controle da velocidade das transformações, com alteração de variáveis como temperatura, concentração e superfície de contato. A partir de então, os modelos microscópicos estariam presentes, sustentando o modelo cinético (os choques com energia e orientação adequadas) aliado à interpretação de gráficos.

---

**Camila Lima Miranda** (camilamiranda\_clm@gmail.com), licenciada em Química pela Fundação Santo André, mestre em Ensino de Ciências (habilitação: Ensino de Química) pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (PIEC) da Universidade de São Paulo (USP), é doutoranda pelo PIEC/USP. São Paulo, SP – BR. **Camila Strictar Pereira** (camilastriactar@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), mestre em Ensino de Ciência (habilitação: Ensino de Química) pelo PIEC/USP, é doutoranda pelo PIEC/USP. São Paulo, SP – BR. **José Richardson Mattiello** (jr.mattiello@yahoo.com.br), licenciado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), é mestrando em Ensino de Ciência (habilitação: Ensino de Química) pelo PIEC/USP. São Paulo, SP – BR. **Daisy de Brito Rezende** (dbrezend@iq.usp.br), doutora em Química Orgânica pela USP, é docente do Instituto de Química (USP) e orientadora do PIEC/USP. São Paulo, SP – BR.

## Referências

- BATISTA, A.A.; JUSTI, R. Modelos no ensino de ligações químicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA. 9, 2000. *Atas...* Porto Alegre, 2000.
- BITTENCOURT, C.M.F. Em foco: história, produção e memória do livro didático. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 471-473, 2004.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRANDÃO, R.V.; ARAUJO, I.S.; VEIT, E.A. Concepções e dificuldades dos professores de Física no campo conceitual da modelagem científica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, p. 669-695, 2010.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.
- CAMPOS, C.; CACHAPUZ, A. Imagens de ciência em manuais de química portugueses. *Química Nova na Escola*, n. 6, p. 23-29, 1997.
- CARVALHO, N.B.; JUSTI, R. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 23 (extra), 2005.
- COELHO, G.R.; BORGES, O. A evolução dos modelos sobre circuitos elétricos em um currículo recursivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS EM ENSINO DE FÍSICA. 10, 2006. *Atas...* Londrina, 2006.
- ECHEVERRÍA, A.R.; MELLO, I.C.; GAUCHE, R. Livro didático: análise e utilização no Ensino de Química. In: SANTOS, W.L.P.; MALDANER, O.A. (Orgs.). *Ensino de química em foco*, p. 263-286. Ijuí: Unijuí, 2010.
- FERREIRA, P.F.M.; JUSTI, R. Modelagem e o “fazer ciência”. *Química Nova na Escola*, n. 28, p. 32-36, 2008.
- FREITAG, B.; COSTA, W.F.; MOTTA, V.R. *O livro didático em questão*. São Paulo: Cortez, 1989.
- HECK, A. Modeling chemical kinetics graphically. *The Chemical Educator*, n. 17, p. 137-146, 2012.
- JUSTI, R. Las concepciones de modelos de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias. In: CAAMAÑO, A. (Ed.). *Didáctica de la física y química*. Barcelona: Graó, 2010a. p. 85-104.
- \_\_\_\_\_. Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W.L.P.; MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de química em foco*. Ijuí: Unijuí, 2010b. p. 209-230.
- JUSTI, R.; GILBERT, J. A cause of ahistorical science teaching: use of hybrid models. *Science Education*, v. 83, n. 2, p. 163-177, 1999a.
- \_\_\_\_\_. History and philosophy of science through models: the case of chemical kinetics. *Science & Education*, v. 8, n. 3, p. 287-307, 1999b.
- \_\_\_\_\_. History and philosophy of science through models: some challenges in the case of ‘the atom’. *Journal of Science Education*, v. 22, n. 9, p. 993-1009, 2000.
- \_\_\_\_\_. Models and modeling in chemical education. *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, n. 17, p. 47-68, 2003.
- LIMA, A.A. *O uso de modelos no ensino de química: uma investigação acerca dos saberes construídos durante a formação inicial de professores de Química da UFRN*. 2007. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
- LÔBO, S.F.; MORADILLO, E.F. Epistemologia e a formação docente em Química. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 39-41, 2003.
- MACEDO, E. A imagem da ciência: Folheando um livro didático. *Revista de Ciência da Educação*, v. 25, n. 86, p. 103-129, 2004.
- MAIA, J.O.; SÁ, L.P.; MASSENA, E.P.; WARTHA, E.J. O livro didático de química nas concepções de professores do ensino médio da região sul da Bahia. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 21, p. 115-124, 2011.
- MALDANER, O.A. *A formação inicial e continuada de professores de Química*. 3. ed. Ijuí: Ed. Ijuí, 2006.
- MARTORANO, S.A.A. MARCONDES, M.E.R. As concepções de ciência nos livros didáticos de química, dirigidos ao ensino médio, no tratamento da cinética química no período de 1929 a 2004. *Investigações em Ensino de Ciências*, n. 14, p. 341-355, 2009.
- MARTORANO, S.A.A.; MARCONDES, M.E.R. Progressive transition of chemistry teachers’ models of chemical kinetics teaching based on the study of historical development of this subject. *La Chimica nella Scuola*, n. 3, p. 218-224, 2012.
- MILAGRES, V.S.O.; JUSTI, R.S. Modelos de ensino de equilíbrio químico – algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 13, p. 41-46, 2001.
- NÍAZ, M. Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, n. 12, p. 97-100, 1994.

**Abstract:** *Teaching models and chemical kinetics: wondering about what has been presented in chemical textbooks selected by PNELEM.* In Science and in its teaching, models play an important role in the construction of knowledge, since, despite phenomena are observed macroscopically, the concepts involved in their explanations belong to the microscopic level, and the construction of knowledge and proper vision of science involves the use of models. Considering both the importance of the use of models and the role of the textbook in teaching, we relate present the various models of chemical kinetics present in chemistry textbooks selected by PNLEM/2012-14, as well as the visions of science identified in those books.

**Keywords:** textbook, models, chemical kinetics.