

## Articulações possíveis entre a abordagem Histórico-Cultural de Vygotsky e o trabalho com construção de modelos no contexto da Química

Vinícius Catão de Assis Souza<sup>2</sup> (PG)\* vcasouza@ufv.br, Orlando Gomes de Aguiar Júnior<sup>2</sup> (PQ)

(1) Universidade Federal de Viçosa e Programa de Pós Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais – Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Departamento de Química, Campus Universitário, Viçosa-MG, CEP: 36570-000.

(2) Faculdade de Educação e Programa de Pós Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais – Av. Antônio Carlos 6627, Pampulha, Belo Horizonte – MG, CEP: 31270-901.

*Palavras-Chave: Abordagem histórico-cultural, construção de modelos, ensino de Química.*

**RESUMO:** Algumas pesquisas têm mostrado que o envolvimento dos estudantes em atividades de construção de modelos (*Modelagem*) ajuda a promover um entendimento que vai além da memorização de informações e tende a favorecer o desenvolvimento de um conhecimento mais crítico, que pode ser aplicado a diferentes situações de ensino. Nessa perspectiva, o presente trabalho se alicerça em fontes da literatura relacionadas ao processo de construção de modelos, buscando discutir brevemente a fundamentação de algumas estratégias para o ensino de Química que podem contribuir para o aprendizado das Ciências. As atividades envolvendo construção de modelos, quando bem articuladas pelo professor, podem criar um ambiente favorável à interação dialógica entre os pares no processo de construção do conhecimento científico. Por fim, todo esse processo será aqui analisado a luz da perspectiva histórico-cultural de Vygotsky, considerando que os modelos elaborados pelos estudantes são importantes ferramentas na mediação/legitimação dos saberes em sala de aula.

### PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: DIÁLOGOS POSSÍVEIS COM O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO E MEDIAÇÃO DO SABER

Considerando a abordagem histórico-cultural de Vygotsky, o conhecimento pode ser visto como uma produção social que emerge da atividade humana. De acordo com Pino (2001), três aspectos definem o caráter social da atividade humana, sendo: (i) o planejamento em função de objetivos bem determinados; (ii) a divisão e a organização em ações e operações realizadas por diferentes agentes sociais (LEONTIEV, 2004); e (iii) a socialização dos instrumentos e dos produtos da atividade, ou seja, a acumulação da experiência de produção e a possibilidade de acesso aos bens culturais que são produzidos.

De um modo geral, ser instrumental significa que a atividade está subordinada à criação dos meios adequados para realizá-la ou ao uso dos já existentes, como os vários artefatos culturais disponíveis para mediar o conhecimento (por exemplo, os diferentes modelos utilizados para aproximar a Ciência de uma realidade mais concreta). De acordo com Luria (1994), historicamente os meios criados pelos homens são os técnicos (para agir sobre a natureza) e os semióticos (sistema de signos para agir sobre os outros e si mesmos). Nesse sentido, a ideia de instrumentalidade técnica é central na obra de Marx e Engels, enquanto a ideia relacionada à instrumentalidade semiótica constitui uma importante contribuição de Vygotsky. Pino (2001) destaca que:

De natureza diferente, esses dois tipos de meios têm vários aspectos comuns, principalmente a sua função mediadora, como já o salientou Vygotsky. Cabe

ressaltar que o instrumento técnico, como qualquer outro tipo de produção humana, constitui um objeto *semiótico*, pois é portador da *ideia* que orientou sua produção e que define sua natureza: o que é e para que foi produzido. Isso converte o instrumento técnico num signo, pois permite evocar na mente de quem usa a ação e a finalidade para as quais fora fabricado. Essa dimensão semiótica permite a socialização do seu uso, *fazer* técnico, e faz dele um objeto de conhecimento, *saber* técnico. (PINO, 2001, p. 39)

A natureza instrumental, técnica e semiótica da atividade confere à ação humana a capacidade de transformar o objeto e o sujeito da atividade ao mesmo tempo, como representado por Pino (2001, p. 39) no diagrama da Figura 1:

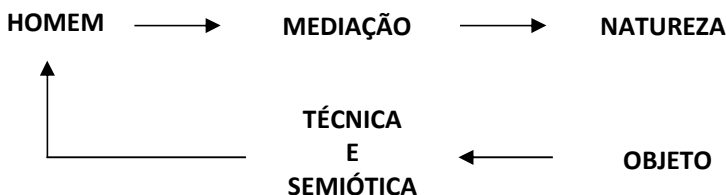


Figura 1. Diagrama representando o ciclo completo da atividade produtiva humana.

Agindo sobre a natureza, o homem a transforma em produções culturais, ao mesmo tempo que transforma ele mesmo através da aquisição de novos saberes, capacidades e habilidades. Nesse sentido, o objeto de conhecimento, fonte do saber do sujeito é, ao mesmo tempo, produto desse mesmo saber, conforme esquematizado no diagrama da Figura 2.



Figura 2. Ciclo epistemológico equivalente. (PINO, 2001, p. 39)

De acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 1 e 2, a relação tênue existente entre a atividade produtiva (agir sobre o mundo) e a atividade cognitiva (pensar o mundo, as ações realizadas e seus resultados) representa um importante movimento dialético, considerando que os termos que compõem a duplas homem/natureza e sujeito/objeto, ao mesmo tempo que se opõem e se negam, constituem-se mutuamente, pela mediação instrumental/semiótica. Da mesma forma que o homem transforma a natureza, ele a constrói em objeto de conhecimento, como forma de produção cultural, e a si mesmo em sujeito de conhecimento.

Nessa perspectiva, o conhecimento não se explica como um simples ato do sujeito, do objeto e nem da relação resultante da interação entre sujeito/objeto. O conhecimento se estabelece como resultado da relação dialética, mediada semioticamente, entre o sujeito e o objeto, em uma mediação social, uma vez que tanto os meios técnicos quanto os semióticos, como a palavra e os diferentes modelos utilizados nas Ciências, são artefatos de origem social, a que temos acesso na interação com outros sujeitos.

De acordo com Pino (2001), a atividade cognitiva pressupõe a atividade produtiva, uma vez que conhecer implica a conversão dos saberes historicamente produzidos pelos homens em saberes do indivíduo. Como ocorre com todas as funções

psicológicas superiores, que são funções de natureza cultural, a constituição do sujeito conhecedor só ocorre pela participação ativa do indivíduo nas práticas cognitivas sociais. Assim, é possível se apropriar dos saberes historicamente produzidos pelos homens, que representam os objetos de conhecimento por si só, e dos modos de saber e de pensar, que se relacionam aos sistemas lógicos. Nesse sentido, Pino (2001) destaca que:

A capacidade de produzir e de apropriar-se do produto da própria atividade (o que significa não só o uso desses produtos, mas a reapropriação da ideia que eles veiculam) coloca a espécie humana acima da ordem biológica e a introduz na ordem da cultura, a qual não elimina aquela, mas lhe confere uma nova forma de existência: a existência simbólica. (PINO, 2001, p. 41)

De acordo com Vygotsky (2000), entre a coisa em si e a coisa para si interpõe-se a coisa para os outros. O mundo apresenta um significado para o indivíduo porque, primeiramente, teve um significado para os outros. Com isso, na perspectiva histórico-cultural, o ato de conhecer é um processo social e histórico, não um fenômeno individual e natural. Dizer que o real só pode ser conhecido como representação equivale a dizer que conhecer é um processo de natureza semiótica, de modo que a função do signo é favorecer a abstração e a generalização. No contexto das Ciências, os diversos modelos elaborados para prever ou explicar algum fenômeno exerceram/exercem essa função no processo de construção do conhecimento.

Seguindo essas discussões, a escola desponta como um espaço por excelência onde os estudantes poderão ter acesso e se apropriar dos conhecimentos historicamente construídos pela cultura humana. Tais conhecimentos (científicos ou não) lhes permitirão outras leituras do mundo no qual estão inseridos. No contexto das Ciências, Driver, Asoko, Leach, Mortimer e Scott (1999) afirmam que

[...] aprender Ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez denominada mais apropriadamente como estudo da natureza – nem de desenvolver ou organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender Ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos alunos, através de eventos discrepantes. Aprender Ciências requer que crianças e adolescentes sejam introduzidos numa forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo. (DRIVER et al., 1999, p. 36)

As abordagens conhecidas como alternativas para o ensino de Ciências não são centradas no discurso expositivo do professor, com o usual desinteresse dos estudantes, mas no desenvolvimento de uma prática dialogada, que busca a negociação dos significados através das interações discursivas estabelecidas na dinâmica da sala de aula. De acordo com Mortimer e Machado (1997),

[...] a construção do conhecimento em sala de aula depende essencialmente de um processo no qual os significados e a linguagem do professor vão sendo apropriados pelos alunos na construção de um conhecimento compartilhado [...]. A superação de obstáculos passa necessariamente por um processo de interações discursivas, no qual o professor tem um papel fundamental, como representante da cultura científica. Nesse sentido, aprender Ciências é visto como um processo de “enculturação” (DRIVER, ASOKO, LEACH, MORTIMER & SCOTT, 1994), ou seja, a entrada numa cultura diferente da cultura do senso comum. Nesse processo, as concepções prévias do estudante e sua cultura cotidiana não têm que necessariamente ser substituídas pelas concepções da cultura científica. A ampliação de seu universo cultural deve levá-lo a refletir

sobre as interações entre as duas culturas, mas a construção de conhecimentos científicos não pressupõe a diminuição do *status* dos conceitos cotidianos, e sim a análise consciente das suas relações. (MORTIMER & MACHADO, 1997, p. 168-167)

Bakhurst (2007) destaca que na perspectiva vygotskyana, é desejável que os educadores incentivem os estudantes a desenvolverem uma apreciação crítica, independente do assunto estudado, pois o objetivo da educação não é a assimilação de algo pronto (*pseudo conhecimento*), mas o desenvolvimento do questionamento crítico e reflexivo para a construção de novos saberes. Nesse sentido, é fundamental que os estudantes tenham a oportunidade de educarem a si mesmos (enquanto sujeitos produtores e apropriadores da cultura), atribuindo sentidos ao processo de (re)construção dos conhecimentos na sala de aula, de modo que o conhecimento não seja algo inculcado pelo professor como uma única forma de saber.

### **O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE MODELOS NA CIÊNCIA E SUA RELAÇÃO COM A AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO EM SALA DE AULA**

Explicar cientificamente um determinado fenômeno consiste em recorrer a teorias e modelos para usá-los como ferramentas interpretativas e não apenas descrever um conjunto de procedimentos a serem executados na resolução de exercícios canônicos. Quanto aos aspectos descritivos, os modelos elaborados no campo das Ciências buscam explicar de forma satisfatória os diferentes fenômenos da natureza e não reproduzi-los com precisão, considerando que eles representam apenas uma forma limitada de aproximação da realidade.

Nesse sentido, é possível inferir que os modelos se juntam a outros instrumentos de mediação do conhecimento científico e experimentos, como um ingrediente essencial na prática da Ciência (MORRISON & MORGAN, 1999). De acordo com Justi (2006),

O significado de modelo tem sido discutido, dentre outros, por cientistas, filósofos da Ciência, psicólogos, linguistas e educadores. Atualmente, a visão mais aceita é a de que um modelo é a representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema, criado com um objetivo específico (GILBERT, BOULTER & ELMER, 2000). Segundo destacam Morrison e Morgan (1999), a palavra representação não é usada somente para casos em que exista um tipo de exibição de aspectos visuais da entidade modelada, mas sim como uma representação parcial que, ao mesmo tempo, “abstrai de” e “traduz em outra forma” a natureza dessa entidade. (JUSTI, 2006, p. 175)

Os modelos científicos são frequentemente complexos e/ou expressos em formas de representações complexas (como, por exemplo, expressões matemáticas). Por isso, o que se ensina nas aulas de Química são simplificações desses modelos, chamadas de *modelos curriculares* (GILBERT, BOULTER & ELMER, 2000).

Os diferentes modelos apresentam funções de grande relevância, algumas delas destacadas a seguir: auxiliar na visualização de entidades abstratas; facilitar a comunicação; descrever processos; atuar como agentes que simplificam uma teoria ou uma série de dados (empíricos ou não); fundamentar a proposição e a interpretação de experimentos sobre a realidade; fundamentar a proposição de explicações e previsões.

Em relação à aprendizagem, é importante ressaltar que ela pode ocorrer em dois momentos distintos durante o processo de ensino: na construção e na utilização do

modelo. Quando se constrói um modelo, é possível criar um tipo de estrutura representativa, desenvolvendo assim uma forma de pensar científica. Por outro lado, quando se usa um modelo, aprende-se sobre a situação representada por ele (MORRISON & MORGAN, 1999).

Na busca incessante por compreender o universo e as misteriosas incógnitas da natureza, o homem constrói modelos que representam aspectos tanto do mundo físico quanto do social e manipula esses modelos ao pensar, planejar e tentar explicar eventos desse mundo (MAIA & JUSTI, 2009). Dessa forma, modelos sempre estão presentes no processo de construção e apropriação do conhecimento científico.

Vários estudos têm mostrado que a utilização de modelos no ensino de Ciências, na perspectiva de promover a construção social do conhecimento, contribui de modo relevante para o desenvolvimento da aprendizagem. Dentre as pesquisas realizadas no campo das Ciências, destacamos, por exemplo, Barab, Hay, Barnett e Keating (2000), Barbosa (2003), Buty e Mortimer (2008), Collins e Gentner (1987), Maia e Justi (2009), Mendonça e Justi (2009), Souza e Justi (2010, 2011, 2012), Vosniadou (2002), dentre outras não menos expressivas.

Além disso, a proposta de ensino baseada na utilização de modelos dialoga com as diretrizes colocadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, onde está destacado que uma das competências gerais a serem desenvolvidas pelos estudantes diz respeito ao uso de ideias, conceitos, leis, modelos e procedimentos científicos. Mais especificamente, espera-se que o ensino de Química forneça condições para o estudante “reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos para situações problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos” (BRASIL, 1999, p. 32).

Nesse contexto, a introdução dos estudantes em atividades de construção de modelos pode permitir o desenvolvimento de conhecimentos específicos por meio dos próprios modelos criados e debatidos com o grupo. Além disso, eles poderão ser capazes de avaliar tais modelos, desenvolvendo um potencial crítico em relação àqueles utilizados no ensino e na Ciência, tendo a oportunidade de compreender o processo de construção dos mesmos – sob um aspecto geral e na Ciência, em específico – assim como são construídos (JUSTI & GILBERT, 2002).

Dessa maneira, o processo envolvendo a construção de modelos se mostra bastante promissor como uma metodologia de ensino que está de acordo com a perspectiva histórico-cultural e os anseios para a educação científica contemporânea, considerando que os estudantes se engajam ativamente na construção de novos conhecimentos. Além disso, as concepções prévias dos estudantes são extremamente relevantes nesse processo, pois é a partir delas que os modelos são construídos e/ou reformulados. Assim, os modelos elaborados nos grupos de trabalho poderão representar importantes instrumentos na mediação do conhecimento científico, permitindo aos estudantes conhecerem os desafios inerentes ao processo de construção coletiva da Ciência.

Finalmente, é importante enfatizar que esse processo de ensino permite aos estudantes aprenderem sobre o processo de construção da Ciência, tendo em vista que uma das mais importantes atividades dos cientistas é construir, testar e validar modelos. E considerando que a construção e o emprego de modelos representam um dos alicerces da pesquisa científica, compreender a abrangência e relevância desse processo significa (re)conhecer as bases sobre as quais se desenvolve o conhecimento científico (GOBERT & BUCKLEY, 2000; HALLOUN, 2004; MORRISON & MORGAN, 1999).

## ENSINO DE QUÍMICA FUNDAMENTADO EM MODELAGEM: UMA BREVE REFLEXÃO SOBRE O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE MODELOS E A ARTICULAÇÃO COM DIFERENTES SABERES

Em relação ao processo de construção de modelos, Justi e Gilbert (2002) propuseram um esquema – chamado de *Modelo de Modelagem* – que tenta sintetizar algumas das principais etapas que permeiam a produção do conhecimento científico, sendo que cada uma delas exerce influências recíprocas, conforme apresentado na Figura 3, proposta por Justi (2010).

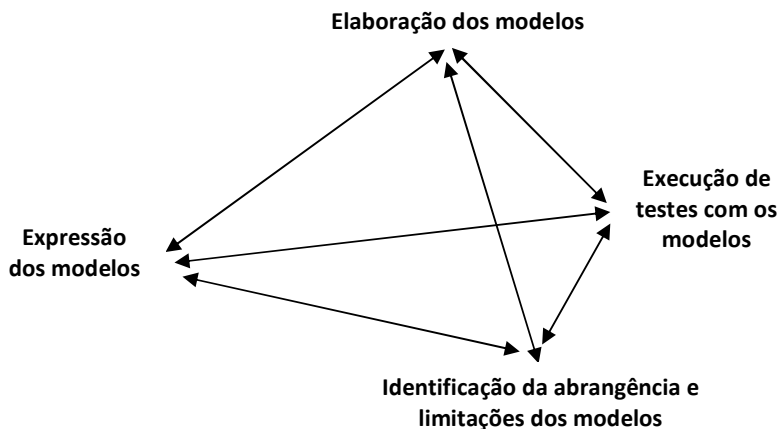


Figura 3. Relacionamento entre as principais etapas envolvidas no processo de construção de modelos (JUSTI, 2010, p. 223).

O processo de construção de modelos se inicia pela consideração do fenômeno que se deseja estudar, limitando-se os aspectos que serão contemplados na representação. A partir daí, o estudante elabora e discute com os demais colegas e o professor um modelo para seu objeto de estudo, levando em conta as observações sobre o fenômeno com o qual vai trabalhar ou os dados teóricos/empíricos que possivelmente subsidiarão a construção do modelo inicial.

Para efeito de distinção entre o *modelo concreto* que posteriormente será elaborado, esta primeira ideia que ainda não foi expressa fisicamente é chamada de *modelo mental*. A ideia referente ao conceito de *modelo mental* será aqui entendida como um modelo que ainda não foi concretamente expresso, considerando que este passa por processos de reelaborações mentais, influenciadas, sobretudo, pelos conhecimentos prévios dos estudantes e pela interação estabelecida com os colegas e o professor (ambiente sociocultural ao qual está inserido). Nesse sentido, essa primeira ideia poderia ser considerada um *modelo cognitivo preliminar*, sendo que o produto final (o *modelo expresso concretamente*) seria a culminância de um processo de (re)construções e articulações coletivas de sentidos para as representações que se relacionam as Ciências, contexto que nos interessa analisar.

É importante ressaltar que todos os modelos (mentais ou concretos) apresentam limitações, sejam elas linguísticas ou operacionais, sobretudo na forma de se descrever verbalmente/concretamente a ideia a ser expressa. Os modelos, então, representariam uma dos modos possíveis, e muitas vezes “grosseiro”, de se aproximar as ideias científicas, com sua ampla abstração, de uma realidade mais palpável. Desse modo, eles são essenciais para o processo de construção e legitimação do conhecimento científico, considerando que, além de fazerem parte da estrutura fundamental da Ciência, eles favorecem articulações que extrapolam os saberes dessa área.

Tal *modelo mental* é elaborado a partir da integração dessas “experiências” iniciais com o fenômeno e, posteriormente, a seleção de uma “origem” adequada como, por exemplo, uma fonte a partir da qual uma analogia possa ser estabelecida ou relações matemáticas serem utilizadas.

Após a elaboração do *modelo mental*, é importante decidir como esse modelo será expresso. Nesse processo, é possível a ocorrência de alterações em ambos – *modelo mental* e *modelo expresso* – até o momento em que um esteja satisfatoriamente em consonância com o outro. Em seguida, o modelo expresso obtido deve passar à etapa de testes, que podem ser via experimentos mentais e através de planejamento e realização de testes empíricos. Segundo Justi (2006), essa etapa pode ser caracterizada pela ocorrência sucessiva desses dois tipos de testes ou pela utilização de um único tipo, dependendo essencialmente do modelo com o qual se está trabalhando, dos recursos disponíveis e dos conhecimentos prévios dos sujeitos que participam do processo.

Se o modelo falhar nos testes, é possível propor modificações nele ou rejeitá-lo, caso não apresente aplicabilidade na explicação da situação proposta, o que conduzirá a uma reavaliação dos elementos que foram utilizados para a sua elaboração. Porém, se os estudantes perceberem que o modelo obteve êxito nos testes submetidos, isso indica que ele alcançou os objetivos para os quais foi construído.

Após a obtenção desse modelo possivelmente adequado à situação em questão, ele deverá ser socializado na turma, de modo que os demais estudantes possam avaliar a ideia expressa, validando o modelo ou não, por meio do reconhecimento de sua aplicação/abrangência em outras situações. No contexto da Ciência, essa última etapa é de fundamental importância, pois corresponde à divulgação do modelo à comunidade científica que, além do importante papel de contribuir com novos conhecimentos para a elaboração final do modelo, poderá aceitá-lo ou rejeitá-lo.

Conforme descrito anteriormente, podemos perceber que o processo é dinâmico e não linear. Tal fato pode ser evidenciado pelas setas duplas da Figura 3, demonstrando que algumas das etapas apresentadas podem influenciar em outras.

Em situações de ensino fundamentadas nesta visão do processo de construção de modelos, os estudantes deverão se envolver em todas as etapas de trabalho com o seu grupo, sendo coerentes com a realidade escolar – e, em certo sentido, com a própria produção do conhecimento científico. Além disso, Justi (2006) enfatiza que o engajamento dos estudantes é fundamental para que eles tenham uma evolução no processo de apropriação do conhecimento. Assim, a comunicação do modelo construído pelo grupo à turma é um processo de socialização que provoca esse envolvimento, pois é o momento em que os estudantes deverão apresentar o suporte de suas ideias e avaliar o conhecimento que produziram.

Pensando-se no relacionamento desse processo com as atividades a serem desenvolvidas pelo professor durante a aula, é necessário destacar que compete a ele, primeiramente, definir os objetivos da estratégia a ser trabalhada. É importante que se tenha claro um modelo referência – o *modelo curricular* –, ou seja, aquele que se espera que os estudantes aprendam. Entretanto, é importante que o professor não se prenda a esse modelo como a única possibilidade ou como o único modelo *correto*, pois os estudantes podem propor modelos também coerentes e com abrangências de explicação e previsão adequadas.

Após identificar os diversos modelos produzidos na aula, o professor não deverá simplesmente sentenciar os modelos como corretos ou incorretos, mas buscar apresentar novos subsídios que possam se contrapor às incoerências observadas, permitindo que os estudantes reflitam sobre seus modelos através da proposição de

experimentos. Quando os estudantes chegarem a um modelo consensual, que pode não ser o curricular, é fundamental que o professor busque mediar, de forma instrucional, a apresentação desse *modelo curricular*. Isso porque nesse momento é importante que os modelos elaborados pelos estudantes e todo o processo vivenciado por eles sejam legitimado e valorizado, enfatizando o poder explicativo das ideias/representações propostas, suas abrangências e limitações e, através desse contexto, apresentar o modelo curricular (ou seus elementos não presentes nos modelos propostos pela turma).

Cabe destacar também que o trabalho envolvendo a construção de modelos no ensino pode abranger três instâncias distintas de aprendizagem: (i) aprendizagem de modelos curriculares; (ii) aprendizagem sobre a natureza do conhecimento científico e o papel de modelos no processo de construção desse conhecimento; e (iii) o desenvolvimento de competências inerente à construção de novos saberes científicos.

Por fim, Maia (2009) destaca que essas atividades apresentam caráter investigativo, permitindo aos estudantes elaborarem modelos como forma de desenvolver a compreensão sobre um determinado fenômeno em estudo, que pode ser concreto ou abstrato. Nesse sentido, as atividades investigativas podem contribuir para o desenvolvimento de conhecimentos de conteúdos específicos, além de permitir o desenvolvimento do conhecimento sobre a condução e a interpretação dos processos de investigação nas Ciências. A medida que os estudantes participam ativamente dessas atividades, eles podem assimilar importantes habilidades científicas ao articular princípios das Ciências e fazer uso de práticas indispensáveis em tais atividades. E elas permitiriam compreender a construção das Ciências e, sobretudo, o porquê ainda se usam modelos que, aparentemente, foram superados ao longo da história, percebendo que eles formam um dos alicerces fundamentais para o desenvolvimento de novas teorias.

#### **RELATOS DE PESQUISAS SOBRE MODELOS E MODELAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA: ESTRATÉGIAS E POSSIBILIDADES RUMO À CONSTRUÇÃO DE NOVOS SABERES**

Recentemente, algumas pesquisas foram desenvolvidas a partir da perspectiva apresentada anteriormente. Maia e Justi (2009), Mendonça e Justi (2009) e Souza e Justi (2010, 2011, 2012) desenvolveram suas pesquisas baseados em estratégias para o ensino de Química planejadas e conduzidas na perspectiva de construção de modelos para os temas de *Equilíbrio Químico*, *Ligação Iônica* e *Termodinâmica e a energia envolvida nas transformações químicas*, respectivamente.

Nesses trabalhos, as questões de pesquisa estavam relacionadas à aprendizagem dos estudantes e à extensão em que a abordagem de ensino favoreceu a ocorrência da mesma. Além disso, as investigações foram realizadas em situações regulares de ensino, sendo as aulas ministradas por professores que tinham um bom conhecimento sobre o processo de construção de modelos e que haviam participado da elaboração das estratégias de ensino.

Nestas pesquisas, que se encontram detalhadamente descritas nos trabalhos referidos anteriormente, o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes foi analisado a partir dos registros em vídeo de todas as aulas (incluindo discussões de grupos individuais), do material escrito produzido nas aulas (inclusive na avaliação de aprendizagem do conteúdo) e de observações dos professores e pesquisadores envolvidos. As análises dos dados evidenciaram que os estudantes demonstraram um entendimento bastante amplo dos temas químicos estudados em cada uma das situações e uma compreensão adequada sobre a natureza e a utilização dos modelos,



assim como sobre a importância do processo de elaboração de modelos na construção do conhecimento científico. Além disso, eles se engajaram em todas as etapas do processo, principalmente naquelas resultantes da introdução de questões desafiadoras e nos momentos em que defenderam seus modelos e discutiram aspectos divergentes desses em relação aos modelos apresentados pelos colegas. Nesses momentos, eles demonstraram a utilização de um raciocínio criativo, coerente com suas ideias anteriores, com as evidências e informações as quais eles tiveram acesso e com as ideias discutidas no grupo ou entre os grupos. Como resultado, a maior parte dos grupos foi capaz de elaborar e reformular seus modelos.

Por fim, a análise das discussões ocorridas nos grupos e nas turmas mostrou que os estudantes buscaram estabelecer relações dos conceitos discutidos com outros domínios de conhecimento (principalmente oriundos da Biologia e da Física). Os resultados também mostraram que a aprendizagem não aconteceu somente em momentos específicos de *insight*, mas ao longo dos processos de ensino que, nos três casos, tiveram a duração de poucas semanas.

Acreditamos que esses resultados apontam para o fato de o trabalho envolvendo construção de modelos aqui discutido poder ser usado para fundamentar a elaboração de estratégias de ensino promissoras e inovadoras para se ensinar conteúdos não só de Química, mas de outras áreas das Ciências. Considerando os resultados obtidos até então, esperamos que os estudantes aprendam não só os conteúdos científicos relativos aos temas em estudo, mas também possam desenvolver habilidades relacionadas ao processo investigativo de fazer Ciência e de construir socialmente o conhecimento – aspecto coerente com a abordagem histórico-cultural de Vygotsky e as visões contemporâneas para o ensino de Ciências.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKHURST, D. Vygotsky's Demons. In: Daniels, H., Cole, M. & Wertsch, J. (Eds.). **The Cambridge Companion to Vygotsky**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

BARBOSA, J. P. V. **Evolução dos modelos mentais de energia**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte, 2003.

BARAB, S. A., HAY, K. E., BARNETT, M., & KEATING, T. Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. **Journal of Research in Science Teaching**, v.37, p.719-756, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretaria da Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

BUTY, C., & MORTIMER, E. F. Dialogical/Authoritative Discourse and Modelling in High School Teaching Sequence on Optics. **International Journal of Science Education**, v.30, p.1635-1660, 2008.

COLLINS, A., & GENTNER, D. How people construct mental models. In: D. Hollan & N. Quinn (Eds.), **Cultural models in language and thought**. Cambridge: Cambridge University Press, p.243-265, 1987.

DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. F., & SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in classroom. **Educational Researcher**, v.23, p.5-12, 1994. In:

Tradução de Mortimer, E. Construindo conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, n.9, p.31-40, 1999.

JUSTI, R. Modelos e Modelagem no Ensino de Química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: Santos, W. L. P. & Maldaner, O. A (Org.), **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Ed. Uniju, p.209-230, 2010.

GILBERT, J. K., BOULTER, C. J., & ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, p.3-17, 2000.

GOBERT, J., & BUCKLEY, B. Introduction to model-based teaching and learning in science education. **International Journal of Science Education**, v.22, p.891-894, 2000.

HALLOUN, I. A. **Modeling Theory in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2004.

JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, v.2, p.173-184, 2006.

JUSTI, R., & GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, v.24, n.4, p.369-387, 2002..

LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. 2ª Ed. São Paulo: Centauro, 2004.

LURIA, A. R. **Desenvolvimento Cognitivo: seus fundamentos culturais e sociais**. 2ª ed., São Paulo: Ícone, 1994.

MAIA, P. F. **Desenvolvimento de Habilidades em Atividades de Modelagem**. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2009.

MAIA, P. F., & JUSTI, R. Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-Based Teaching. **International Journal of Science Education**, v.31, p.603-630, 2009.

MENDONÇA, P. C. C., & JUSTI, R. Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: Análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem - Parte 2. **Educación Química**, v.20, p.373-382, 2009.

MORTIMER, E .F.; & MACHADO, A. H. Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: por que o gelo flutua na água? **Anais do Encontro sobre teoria e pesquisa em ensino de Ciências: linguagem, cultura e cognição**, Belo Horizonte, p.167-190, 1997.

MORRISON, M., & MORGAN, M. S. Models as mediating instruments. In M. S. MORGAN & M. MORRISON (Eds.), **Models as mediators**. Cambridge: Cambridge University Press, p.10-37, 1999.

NERSESSIAN, N. J. Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In L. MAGNANI, N. J. NERSESSIAN & P. THAGARD (Eds.), **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery**. New York: Kluwer and Plenum Publishers, p.5-22, 1999..

PINO, A. O biológico e o cultural nos processos cognitivos. In Mortimer, Eduardo F. Smolka Ana L. B. **Linguagem, Cultura e Cognição: reflexões para o ensino na sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

SOUZA, V. C. A., & JUSTI, R. Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.10, p.1-26, 2010.

SOUZA, V. C. A., & JUSTI, R. Interloquções possíveis entre linguagem e apropriação de conceitos científicos na perspectiva de uma estratégia de modelagem para a energia envolvida nas transformações químicas. **Revista Ensaio**, v.13, p.31-46, 2011.

SOUZA, V.C.A., & JUSTI, R. Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a História da Ciência. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.1, n.2, p. 305-405, 2012.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VOSNIADOU, S. Mental Models in Conceptual Development. In L. MAGNANI, N. J. NERSESSIAN & P. THAGARD (Eds.), **Model-based Reasoning in Scientific Discovery**. New York: Kluwer and Plenum Publishers, p.353-368, 2002.