

O PAPEL MEDIADOR DO

PROFESSOR

Lilavate Izapovitz Romanelli

NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO

ÁTOMO

A seção “Pesquisa no ensino de química” relata investigações relacionadas a problemas no ensino de química, explicitando os fundamentos teóricos e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa e analisando seus resultados. Este artigo relata uma investigação sobre o papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo.

► átomo, conceito de modelo, mediação do professor ◀

Este trabalho apresenta resultados de pesquisa realizada durante o curso de doutoramento na Universidade Estadual de Campinas (Romanelli, 1992). Foi desenvolvido a partir de um interesse nas relações que se estabelecem entre aluno, professor e objeto de conhecimento no processo de ensino-aprendizagem de química. A ênfase é no nível do ensino médio, quando são abordados conceitos que envolvem noções abstratas e que requerem a concepção de modelo.

Tendo em vista esse interesse, foi selecionado para estudo o conceito átomo, tendo como objetivo investigar a forma como o professor concebe seu papel de mediação no processo de apropriação desse conceito pelo aluno.

A escola é o lugar eleito socialmente para a construção de tipos específicos de conhecimento, e é aí que a ação docente se configura como uma atividade humana transformadora. Que elementos metodológicos afetam o trabalho dos envolvidos nesta atividade?

Nossa proposta de análise buscou inter-relacionar a situação do ensino, do problema da aprendizagem e dos aspectos afetos ao professor. Professor e aluno refletem seu contexto histórico e geográfico, trazendo expe-

riências de vida diversas decorrentes de suas interações sociais e com o mundo. Essa diversidade torna inevitável a existência de visões diversas sobre os fenômenos que os circundam, uma vez que o objeto de conhecimento não está solto no tempo e não é independente da história. Disso resulta a necessidade de uma intensa negociação de significados em sala de aula.

Por entendermos que a situação de ensino guarda essa dinâmica, nossas análises e discussões fundamentaram-se nas proposições sócio-interacionistas de Vygotsky (1984, 1989). Essa

perspectiva teórica é especialmente promissora no que respeita ao papel da instrução, enquanto constitutiva do desenvolvimento do aluno, à qualidade da mediação do professor e à complexidade dos processos de conceitualização do aluno.

O desenvolvimento do conceito átomo em sala de aula demanda um processo de ensino e aprendizagem que envolve noções abstratas — a concepção de modelos, palavras e símbolos. O processo de apropriação do conceito pode adquirir características muito complexas em vista do re-

conhecimento de que esse conceito é um modelo científico e, como tal, transitório, uma hipótese que contribui para a interpretação da constituição e das propriedades das substâncias. Como as relações que se estabelecem entre o aluno e o objeto de conhecimento são fundamentalmente deflagradas pelo professor, preocupou-nos sobremaneira investigar as questões:

- Em que medida o professor tem claro que um dos aspectos essenciais da sua mediação implica a abordagem do átomo como modelo?
- Como o professor se manifesta quanto ao fato de todos os modelos e teorias serem tentativas de dar sentido ao mundo?
- Como o aluno está construindo seu conhecimento sobre o átomo tendo em vista a mediação do professor?

A escola é o lugar eleito socialmente para a construção de tipos específicos de conhecimento, e é aí que a ação docente se configura como uma atividade humana transformadora

A aprendizagem do conceito átomo, por escapar à esfera das percepções, passa a demandar da palavra um papel diferenciado. Na experiência intuitiva, no cotidiano, a palavra aparece mediando a relação das pessoas com a experiência em-

pírico-concreta. Não é mais assim a construção de conceitos científicos (Vygotsky, 1989, p. 71-101), em especial conceitos que envolvem modelos, pois em relação a esses o trabalho em nível de proposições de linguagem substitui a experimentação sensorial. Será que o ensino leva em conta essa complexa dimensão das funções da linguagem na construção do conhecimento?

O processo de formação de conceitos no adolescente é caracterizado por um movimento contínuo de idas e vindas de um estágio primitivo de

pensamento (acesso ao objeto de conhecimento pelas sensações e experimentação) para um mais amadurecido (acesso ao objeto de conhecimento por formulação de hipóteses ou especulações que podem independe da experimentação). A aprendizagem dos conceitos científicos envolve os alunos na construção de modelos mentais para entidades que não são percebidas diretamente. Um dos aspectos das idéias dos alunos que tem grandes implicações na aprendizagem de conceitos científicos é a de que o ato de perceber domina o ato de pensar (Driver, Guesne e Tiberghien, 1985).

Os dados para esta pesquisa foram construídos a partir de (a) transcrição de aulas sobre o átomo de três professores de escolas públicas; (b) questionário e entrevistas aplicados aos alunos após o ensino sobre o átomo, com o propósito de avaliar seu conhecimento a respeito desse conceito, e (c) transcrição dos encontros que mantivemos com cada professor. Frente a esse conjunto de dados, efetuamos análise proposicional¹ tanto das aulas quanto das respostas dos alunos e análise do conteúdo das falas do professor nos encontros. Procuramos, então, diagnosticar a percepção dos professores sobre seu papel no processo, através da investigação de suas concepções de ensino, de aprendizagem frente aos dados obtidos e do conceito átomo, principalmente quanto ao seu caráter de modelo.

A coleta de dados para cada classe das três escolas ocorreu em quatro momentos: observação das aulas, aplicação de questionário a todos os alunos da classe observada, realização de entrevistas com parte dos alunos da classe e realização de encontros com o professor.

A análise desses conjuntos de dados organizou-se em torno de dimensões conceituais do objeto de conhecimento focalizado. As principais foram: a constituição do átomo, sua representação gráfica e o conceito

de modelo. Por exemplo, frases que continham informações como “prótons fazem parte do núcleo” configuraram proposições da dimensão *constituição do átomo*. A proposição “o núcleo ocupa a região central” ou “para Dalton, o átomo era uma bolinha” foram consideradas na dimensão *representação gráfica* e como *conceito de modelo* consideramos, por exemplo, “os modelos de Dalton e Thomson ainda podem responder a algumas questões”.

Para obtermos os dados de aprendizagem dos alunos, organizamos o questionário com questões mais diretas com relação às dimensões conceituais de interesse para o estudo. Assim, dentre as questões propostas solicitamos um desenho de como o aluno ou a aluna imaginava o átomo. O desenho elaborado acabou sendo o foco central das questões que ocorreram nas entrevistas que fizemos com parte dos alunos em cada classe.

Os encontros com cada professor constituíram a última etapa do trabalho, por meio da qual buscamos reunir dados e argumentos para caracterizar a análise que ele ou ela fazia sobre seu ensino e a aprendizagem dos alunos. Estudando essa análise apresentada pelos professores, foi possível investigar como concebiam o objeto de conhecimento, o papel do aluno no processo de conhecimento e seu próprio papel.

Antecedendo o primeiro encontro, entregamos a cada professor todas as transcrições de suas aulas sobre o átomo e, com base nesse conteúdo, buscamos diagnosticar as idéias do professor sobre o ensino, o conceito de átomo e de modelo, procurando captar suas estratégias de mediação para o encontro aluno—objeto de conhecimento.

O segundo encontro foi planejado de forma a apresentar ao professor os resultados do questionário respondido pelos alunos. Visávamos investigar a avaliação do professor sobre as respostas dos alunos e sua interpretação.

Um professor, um livro-texto... e os alunos?

A abordagem dada ao ensino pelo primeiro professor (P_1) refletia inteiramente a do livro adotado. Uma apresentação histórica de todos os modelos foi feita na primeira aula e os desenhos correspondentes do livro foram passados na lousa. As demais aulas (perto de 80% do total) foram dedicadas a mais algumas informações sobre o modelo atômico atual e às regras de preenchimento de elétrons em níveis e subníveis do átomo e a exercícios sobre isso. O trecho abaixo pode ilustrar a natureza da abordagem do professor P_1 :

...mesmo quem não estudou química já ouviu falar (...), já teve uma idéia do que seja o átomo. Agora vocês imaginem antigamente: os cientistas nunca tinham ouvido falar em átomo!

Sua idéia de modelo ficava confusa, tendo em vista a maneira com que interagiu com as informações disponíveis:

Rutherford (...), ele não sabia quantas camadas tinha a eletrosfera. (...) Aí, mais tarde veio Bohr e (...) pegou a estrutura atômica de Rutherford e aperfeiçoou e descobriu então quantas eram as camadas.

Quanto aos dados de aprendizagem, os alunos de P_1 evidenciaram uma regularidade de respostas quanto à dimensão de *constituição do átomo* e se dispersaram em relação às outras. Em seus desenhos e, principalmente, em suas falas, pode-se constatar por vezes uma confusão entre átomo e núcleo do átomo, como neste exemplo: “o átomo é a menor partícula do núcleo”. Para outro aluno, “os elétrons estão entre as camadas” (Fig. 1); para outro, ainda, “há um limite entre o núcleo e a eletrosfera” (Fig. 2). Muitos estudantes representaram, nos desenhos, uma linha que circunscrevia as partículas do núcleo. Para um desses, aquela linha representava “um material constituído por uma substância meio gelatinosa”. A dispersão nos dados refletiu, a nosso

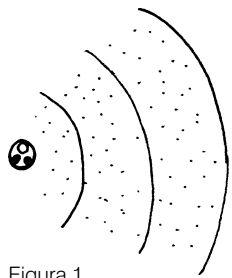


Figura 1

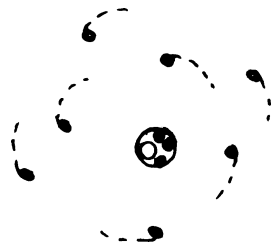


Figura 2

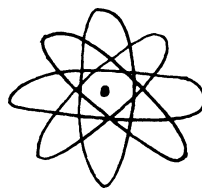


Figura 3

ver, o fato de as sistematizações conceituais oferecidas pelo professor em sala de aula terem sido insatisfatórias, carentes de consolidação.

Um professor, os textos... e o tempo?

O ensino de átomo pelo segundo professor (P_2) baseou-se em especial numa abordagem histórica do desenvolvimento do conceito, ao longo de várias aulas. P_2 descreveu muitos aspectos sobre o átomo além daqueles relacionados às dimensões que perseguíamos. Incorporou textos extras, reportagens e muitas descrições sobre como ocorreram as pesquisas científicas que levaram ao desenvolvimento dos modelos atômicos. Recorrendo a analogias para dar idéia das dimensões atômicas, posicionou-se criticamente em relação aos fatos que nos costumam ser transmitidos:

As noções (em ciências) sofrem modificações (...) A tentativa de dar informações sobre o átomo contraria nosso raciocínio habitual.

P_2 ouvia os alunos, mas principalmente para fazer de sua fala, longa e descritiva, o ponto de partida de um novo tema ou para lhes captar um pensamento:

Se você estivesse no lugar de Thomson, que tipo de reformulação você faria desse modelo?

Quanto aos dados de aprendizagem, destacamos que para a representação do átomo ocorreu uma franca reprodução do desenho que o professor fizera na lousa (Fig. 3) todas as vezes que se fazia referência ao modelo atualmente aceito. Entretanto, essa figura não teve o mesmo significado para todos os alunos. Alguns disseram que “os prótons, os elétrons

e os nêutrons estão em torno do átomo”. Os alunos de P_2 demonstraram mais familiaridade com muitas idéias em relação à experimentação em ciências e às teorias e modelos gerados na evolução da concepção de átomo. Isto parece refletir a convivência com as exposições do professor. Contudo, ainda assim encontramos idéias como “a figura (que está no livro) é a foto do átomo” e “modelo é o desenho das partes da matéria”.

Um professor, um projeto alternativo... e a sistematização?

O ensino do terceiro professor (P_3) acompanhado se configurou de modo bastante diferenciado dos anteriores, tendo em vista a adoção de uma proposta de ensino que implicava a participação ativa dos alunos quanto aos textos e instruções de atividades e experimentações, quase sempre em grupo. A proposta visava favorecer ao aluno condições de elaboração e discussão de suas idéias. O papel do professor, neste caso, era o de administrar as atividades dos alunos, acompanhando-os constantemente, discutindo com os grupos. Nos momentos em que um novo conceito deveria ser consolidado, cabia ao professor reunir as idéias dos alunos, ouvi-las, socializá-las e sistematizá-las de forma a conduzir a aprendizagem para os conceitos cientificamente aceitos. A interação de P_3 com os alunos foi muito boa e, de fato, abriu espaço para a especulação dos alunos, seguindo a orientação da proposta

que abordava todas as dimensões focalizadas na pesquisa.

Com relação aos dados dos alunos, podemos nos deter no fato de que as representações gráficas se resumiram a apenas três tipos, portanto dispersando menos que nos outros casos. Há algumas afirmativas peculiares, como “o átomo só existe se existirem essas três partículas (próton, elétron e nêutron)” (Fig. 4) e “não há partículas como os nêutrons entre os elétrons, por isso eles não ficam juntos” (Fig. 5). Para conceituar modelos os alunos deram respostas muito longas, tendendo a enunciar os modelos propostos em ordem cronológica. Apesar da coerência da maioria das respostas com as idéias expostas sobre modelos, um aluno afirmou: “o átomo foi visto no microscópio”.

Considerações em relação à aprendizagem

Dentre as dimensões consideradas, a *constituição do átomo* evidentemente envolve um grupo de atributos bem mais estabelecidos tradicionalmente no ensino do que as outras.

Provavelmente, a natureza classificatória de muitos dos atributos atrai o professor (e, também, o aluno) na determinação, muitas vezes automática, do conteúdo a ser ensinado e estudado.

Quanto à dimensão *conceito de modelo*, vemos que a abordagem de todos os professores, embora

por meio de ênfases diferenciadas, apresentou a idéia de modelo com um caráter dedutivo. Segundo eles, os cientistas fizeram experiências, e a

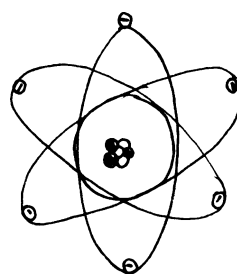


Figura 4

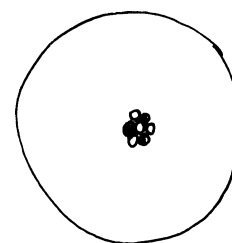


Figura 5

partir dos resultados destas ocorria a mudança nos modelos. Outro aspecto muito associado ao conceito de modelo foi sua atribuição aos cientistas. Acreditamos que a idéia dessa atribuição restrita inibiu a possibilidade da manifestação do professor no sentido de elaborar seu próprio modelo, bem como de estimular modelos elaborados pelos alunos.

Ao investigarmos as idéias sobre matéria e sua relação com átomos, percebemos que os alunos incorporaram a forma dos átomos como unidades isoladas que se somam de maneira vaga para constituir a matéria. Na tentativa de abordar o átomo através da matéria, estabeleceram um divórcio entre o nível macroscópico, sensorial, e o explicativo, o ideacional, inconsistência compatível com o modo como o ensino foi organizado e desenvolvido.

Muitos alunos chegaram ao ensino médio já concebendo átomos e moléculas mas, entre eles, imaginam um 'meio' contínuo variável, podendo ser ar, conforme as circunstâncias. Esta categoria de concepção é bem estável na mente dos alunos. Sua existência pode ser explicada pelo conflito que vivem entre o raciocínio científico e o cotidiano (Anderson, 1990). Na maneira científica de conceber a matéria, as partículas dinâmicas, entre as quais há o vazio, são consideradas um modelo relativo ao mundo observável. Isto significa, portanto, que o pensamento científico sobre a matéria se dá em dois níveis diferentes, porém relacionados. O processo de construção desse conhecimento tem se estabelecido provavelmente como uma oscilação entre a experimentação e a elaboração abstrata da mente humana.

Quando nossa atenção é dirigida para a forma como os alunos lidaram com a representação gráfica, um aspecto significativo emerge: os átomos raramente foram considerados pelos alunos no sentido hipotético, mas foram aprendidos como fatos, da mesma forma que apreenderam sobre fatos do mundo observável. Isto porque as

dimensões da representação gráfica e do modelo do átomo se superpuseram em suas manifestações.

Podemos dizer, em vista da análise dos dados, que o resultado da aprendizagem desse processo de 'modelar' e representar o átomo pode ser configurado em três níveis graduais de apreensão. Em um nível de elaboração primitiva, alguns alunos afirmaram que

A riqueza das relações emergentes do encontro entre professor, aluno e objeto de conhecimento depende do modo como o professor vai atribuir significado à ação do aluno e à sua própria

"o átomo era a figura do livro/o desenho do professor". Em um nível subsequente, encontramos a maioria dos alunos relacionando a figura a uma forma de representar o átomo. Finalmente, em nível de maior elaboração mental, apareceu a categoria: "a figura é uma forma de representar a idéia". Somente este tipo de resposta traduz desenvolvimento avançado na mente do aluno do conceito de modelo.

Considerações sobre os professores

De maneira bem resumida, podemos destacar as seguintes considerações sobre estas investigações: os professores ficaram perturbados ao ver sua própria fala como "objeto de análise". Embora apresentassem, de imediato, uma rejeição ao registro dessa fala, foram encorajados a uma condição de reflexão.

Acreditamos que, como afirmam Góes e Tunes (1990), "a ação de analisar, embora não seja condição suficiente, mostra-se necessária a um redirecionamento deliberado das práticas em sala de aula" (p. 25). Todos os professores admitiram a existência de problemas no processo de ensino, mas divergiram quanto aos fatores a que atribuíram responsabilidades. Ao considerarmos o conteúdo do discurso dos professores, constatamos que situaram no âmbito externo à sua responsabilidade as soluções ou modificações necessárias para a melhoria da aprendizagem; não estabeleceram relações entre seu ensino — a ação

pedagógica — e as dificuldades apresentadas pelos alunos. As possibilidades de melhoria nos resultados da aprendizagem não se estabeleceram, fundamentalmente, em função das transformações do ensino. Para o primeiro professor, por exemplo, a aprendizagem não foi a desejável porque "a escola não tem laboratórios" e "os alunos não têm base". Para o segundo professor, falta-lhe tempo para ser possível "incorporar mais textos", mais conteúdo. Em um desabafo, o segundo professor disse "(...) é mais cômodo ter algumas coisas mais ou menos estruturadas, mesmo que eu saiba que até incorretas ou (...) pouco eficaz mesmo no que diz respeito ao processo ensino-aprendizagem, mas eu acho que a gente se acomoda um pouco e vai repetindo". Assim sendo, parece-nos existir uma concepção de educação que divorcia aprendizagem e ensino.

Isolados em sua prática cotidiana, a maioria dos professores não tem como considerar que por seu trabalho perpassa necessariamente um processo de transformação do conhecimento, tanto no momento em que ele próprio tem acesso a esse conhecimento e dele se apropria quanto no momento em que o apresenta para o aluno. A riqueza das relações emergentes do encontro entre professor, aluno e objeto de conhecimento depende do modo como o professor vai

Em geral, os professores não se preocupam com a maneira como os alunos aprendem nem com o porquê desse aprendizado

atribuir significado à ação do aluno e à sua própria. O processo de aprendizagem do aluno "resulta de uma apropriação das formas de ação, que é dependente tanto de estratégias e conhecimentos dominados

pelo sujeito quanto de ocorrências no contexto interativo" (Góes, 1991).

Quanto às características das interações dos professores com o objeto de conhecimento, pudemos constatar que: o primeiro professor, considerando o conhecimento científico do átomo bem estabelecido e organizado, apresentou-o aos alunos como se ele fosse um corpo inviolável, sem que sua atitude no ensino pusesse em apreciação qualquer aspecto

do mesmo. Assumiu o conceito átomo com tendo natureza estática e atribuiu-se a responsabilidade de torná-lo disponível ao aluno tal qual o tomou. Ao redispô-lo acriticamente, esperava reconhecê-lo retomado, da mesma forma, pelo aluno: “Eu imaginava que eles fossem fazer direitinho: a eletrosfera, o núcleo (...). Eu nunca imaginei que viesse, por exemplo, uma bolinha... Não sei como o átomo dele é assim.” Na mediação do segundo professor também foi observado um ensino concebido por transmissão. Entretanto, encontramos um professor parcialmente ativo quanto à maneira pela qual se colocou frente ao objeto de conhecimento. O conteúdo não chegou para o aluno como a mesma ‘matéria prima’ apresentada nos livros ou textos. O professor interagiu, no momento do ensino, com o objeto de conhecimento, criticando sua abordagem no livro-texto e relacionando-o a diversas informações contextuais — interpretando-o, enfim. De certa forma, esta postura do professor evidenciou para o aluno o processo de interação sujeito—objeto de conhecimento. O professor envolveu-se com o conteúdo e evidenciou a existência de muitas relações do conceito átomo com o processo de sua construção e com o cotidiano das pessoas. O terceiro professor omitiu-se quanto à manifestação de sua maneira de ver o objeto de conhecimento e confiou demais na possibilidade da aprendizagem dos alunos pela interação exclusiva com o material escrito. Disto decorreu uma dificuldade de aproximação das idéias construídas pelos alunos sobre o conceito átomo com o conceito mais atual estabelecido cientificamente. O terceiro professor, por exemplo, reconheceu sua própria dificuldade em tecer as ligações entre as idéias dos alunos e as aceitas cientificamente: “Esse negócio de fechar melhor certas coisas... Então, você tem que ter jogo de cintura para enfiar aquela linha, sabe.”

Considerações finais

Nossos resultados apontam para a efêmera ou inexistente relação que os professores fizeram entre os conceitos de teoria, modelo e representação gráfica deste. Assim como

são frágeis suas reflexões sobre o ensino desses aspectos, também não explicitaram elementos que anunciassem uma concepção sistematizada do processo de aprendizagem. Não há evidências de preocupações sobre como os alunos aprendem, ou especulações sobre o porquê do que foi aprendido. Não houve ocorrência, a não ser nas aulas do terceiro professor, de situações em que se buscassem argumentos sobre as concepções dos alunos, como se estas fossem completamente irrelevantes. Quando o professor admite tais espaços em seu trabalho, está dando um primeiro passo para a compreensão de que os processos de aprendizagem não são etapas desarticuladas na vida escolar do aluno, mas que podem ser explicadas à luz de teorias psicológicas. A partir de então, torna-se possível organizar ou estruturar o ensino de forma nem dogmática nem arbitrária. Assim, tanto se respeita a condição do aluno quanto a sistematização do conteúdo.

Acreditamos ser possível alterar, mesmo que lentamente, o perfil de nossos professores, representados por esses três casos. Precisamos elevar, simultaneamente, o nível de reflexão e a capacidade de atuação dos professores que já se encontram nas escolas e dos que se aplicam a cursos de licenciatura. Para isso, é necessário promover interações entre pesquisadores e professores com vis-

tas ao estabelecimento de condições em que o processo de trabalho pedagógico possa ser disposto para análise do professor. É função do pesquisador atuar na sistematização e redisposição desses dados para o professor, encorajando-o ao desenvolvimento de critérios de análise e categorização dos resultados de seu trabalho docente.

É urgente promovermos mudanças no ensino das ciências em geral e da química, mas os atuais resultados sugerem que as possibilidades de inovações pedagógicas estão condicionadas tanto à explicitação pelo professor de suas concepções sobre seu papel mediador no processo de construção do conhecimento quanto à compreensão pelo professor da dinâmica de interação do sujeito-aluno com conceitos que demandam alto grau de abstração.

Lilavate Izapovitz Romanelli é bacharel, licenciada e mestre em química pela UFMG, especialista em ensino de ciências pela Universidade de Londres e doutora em educação pela Unicamp; docente no ensino médio do Colégio Técnico, na licenciatura em química, na especialização em ensino de ciências no CECIMIG e no mestrado da Faculdade de Educação da UFMG.

Nota

1. A análise proposicional consiste em extrair orações que expressam definições conceituais ou atributos conceituais. Por exemplo: átomo é uma partícula, átomo tem elétrons.

Referências Bibliográficas

- ANDERSON, B. Pupils' conception of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, n. 18, p. 53-85, 1990.
- DRIVER, R., GUESNE, E., TIBERGHIEN, A. (Eds.) *Children's ideas in science*. Londres: Open University Press, Milton Keynes, 1985.
- GÓES, M.C. A natureza social do desenvolvimento psicológico. *Cadernos Cedes*, n. 24, p. 17-24, 1991.
- GÓES, M.C. TUNES, E. Um estudo de operações de análise apresentadas por professores na discussão de questões de ensino. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 6, n. 1, p. 23-36, 1991.
- ROMANELLI, L.I. Concepções do professor sobre seu papel mediador na construção do conhecimento do conceito átomo. Tese de doutorado. Faculdade de Educação da Universidade

Estadual de Campinas, 1992.

VYGOTSKY, L.S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1989.

VYGOTSKY, L.S. *Formação social da mente*. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1984.

Para saber mais

JUSTI, R. S. Sobre espaços vazios e partículas - Movimento de idéias sobre a descontinuidade da matéria em um processo contínuo de ensino-aprendizagem de química no II Grau. Dissertação de mestrado. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1991.

MORTIMER, E.F. Evolução do atomismo em sala de aula; mudança de perfis conceituais. Tese de doutorado. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1994.