

# **Mediação do conhecimento científico em sala de aula e construção social de modelos no processo de formação inicial dos professores de Química**

## **Scientific knowledge mediation in classroom and Modelling-Based Teaching activities in pre-service Chemistry teacher course**

**Vinícius Catão de Assis Souza**

Universidade Federal de Viçosa e Programa de Pós Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais  
vcasouza@ufv.br

**Orlando Gomes de Aguiar Júnior**

Faculdade de Educação e Programa de Pós Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais  
orlando@fae.ufmg.br

### **Resumo**

Atividades de construção social de modelos (*Modelagem*) podem criar um ambiente favorável à interação dialógica e mediação do conhecimento científico em sala de aula. Considerando que os modelos elaborados pelos estudantes podem ser importantes ferramentas para a mediação/legitimação do conhecimento científico, essa abordagem foi analisada a luz da perspectiva Histórico-cultural de Vygotsky. A referida pesquisa contou com 27 licenciandos da disciplina *Instrumentação para o Ensino de Química II*. Após discutirem as atividades de uma sequência didática baseada na construção de modelos para explicar a energia envolvida nas Transformações Químicas, os licenciandos foram confrontados com uma situação que exigia a mediação do professor junto aos estudantes. Os dados foram coletados através de material escrito e filmagem das aulas. As conclusões apontam para a relevância de se abordar na formação inicial dos professores de Ciências/Química questões relativa à mediação pedagógica, favorecendo assim uma melhor articulação do conhecimento científico em sala de aula.

**Palavras chave:** mediação do conhecimento científico, construção social de modelos (*Modelagem*), formação inicial de professores.

### **Abstract**

When well-articulated by teacher, *Modelling-Based Teaching* activities can favors an environment that favors dialogic interactions among peers and knowledge mediation in classroom. Considering that models created by students are important tools for mediation/legitimation of scientific knowledge, this process was analyzed from Vygotsky' Historical-cultural approach. This research included 27 pre-service Chemistry teachers that attended in the course of *Instrumentation for Chemistry Teaching II*. After conducting a series of activities based on building models to explain energy related in chemical changes, pre-

service Chemistry teachers were confronted with a particular situation that required knowledge mediation in classroom. Data were gathered through written materials and videos recording of class activities, from that we conclude about importance of considering in pre-service Science/Chemistry teachers courses questions related to classrooms' pedagogical mediation, in order to promote the acquisition of scientific knowledge by secondary students.

**Key words:** scientific knowledge mediation, modelling-based teaching, pre-service chemistry teacher.

## Referenciais Teóricos

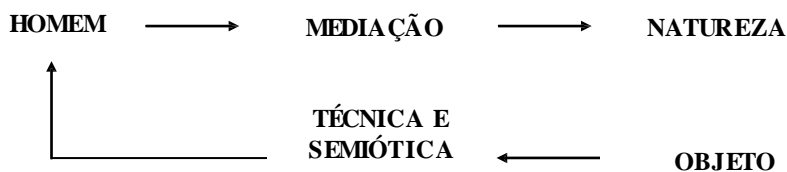
### Abordagem Histórico-cultural de Vygotsky e as relações com o processo de construção e mediação do conhecimento em sala de aula

Considerando a abordagem Histórico-cultural de Vygotsky, o conhecimento pode ser entendido como uma produção social que emerge da atividade humana. De acordo com Pino (2001), três aspectos definem o caráter social da atividade humana: (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, caracterizada pela acumulação da experiência de produção e a possibilidade de acesso aos bens culturais que são produzidos.

A atividade humana 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 na Ciência). De acordo com Luria (1994), historicamente os meios criados pelos homens são os técnicos (para agir sobre a natureza) e os semióticos (para agir sobre os outros e si mesmos). 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 em que se transforma através da aquisição de novos saberes e habilidades. Nesse sentido, o objeto de conhecimento, fonte do saber do sujeito é, ao mesmo tempo, produto desse mesmo saber.

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 1, a relação 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. 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. Trata-se de uma mediação social, uma vez que tanto os meios técnicos quanto os semióticos, tal como a palavra e os diferentes modelos utilizados nas Ciências, são artefatos criados na/pela interação com os outros, em contextos sociais e institucionais específicos.

Pino (2001) ressalta que 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 se passa com todas as funções psicológicas superiores, que são funções de natureza cultural, a constituição do sujeito conhecedor ocorre pela participação ativa do indivíduo nas práticas sociais. 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 (2001), 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.

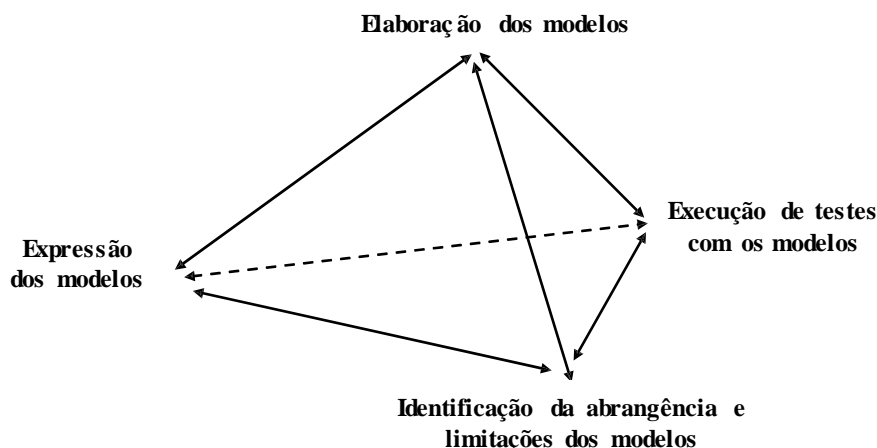
Ao se pensar no conceito de mediação, é fundamental considerar duas vertentes relacionadas a ele que, a princípio, parecem ser díspares: o processo de representação mental e o fato dos sistemas simbólicos que se interpõem entre sujeito e objeto de conhecimento ter sua origem no campo social. De acordo com Pino (1991), a mediação pode ser considerada toda intervenção de um terceiro elemento que possibilita a interação entre os termos de uma relação. Para Pereira, Benite e Benite (2011, p. 52), a mediação pedagógica (relação estabelecida entre professor ⇔ aprendizagem ⇔ estudante) pode ser entendida como “*a atitude, o comportamento do professor que se coloca como ponte entre o aprendiz e sua aprendizagem e que ativamente contribui para que o aprendiz chegue aos seus objetivos*”.

Smolka e Mortimer (2011) destacam que o trabalho de Vygotsky amplia a noção de *mediação por instrumentos*, trazendo a ideia de *mediação por signos*. Nesse sentido, os autores ressaltam que “*Wertsch chama a atenção para a preocupação de Vygotsky com a semiótica e os sistemas de signos e não apenas com a simples restrição à linguagem verbal*” (SMOLKA & MORTIMER, 2011, p. 98). Com essa discussão, Wertsch amplia o modo de estabelecer sua noção de ação mediada como uma forma de análise em que é impossível desvincular o agente mediador dos meios mediacionais utilizados. Surge assim o termo *indivíduo-agindo-com-meios-mediacionais*, que reflete a *tensão irreduzível* estabelecida entre o indivíduo e os meios mediacionais. A *ação mediada* vai assumindo características importantes, tais como: a materialidade dos meios mediacionais; os diversos objetivos de uma ação; os limites e as

possibilidades próprias de todos os meios mediacionais; a diferença entre dominar e apropriar-se de algum meio mediacional; dentre outras (SMOLKA & MORTIMER, 2011).

### Ensino de Química fundamentado no processo de construção social de Modelos (*Modelagem*)

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 sobre as outras, conforme apresentado na Figura 2, proposta por Justi (2010).



**Figura 2:** 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. É importante ressaltar que os modelos, mesmo sendo limitados, são essenciais para o processo de construção e legitimação do conhecimento científico, considerando que, além de fazerem parte da estrutura fundamental da Ciência, favorecem articulações que extrapolam os saberes dessa área.

Após a discussão em pequenos grupos de um 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.

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 pode provocar 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* –, 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 pelo professor, enfatizando o poder explicativo das ideias/representações propostas, suas abrangências e limitações. Através dessa dinâmica interativa e dialógica estabelecida em sala de aula (MORTIMER & SCOTT, 2003), o professor apresentará o modelo curricular ou seus elementos não presentes nos modelos propostos pela turma.

Nesse sentido, o presente trabalho busca discutir a análise de parte da avaliação final relativa a uma sequência de atividades envolvendo a construção social de modelos (*Modelagem*). O objetivo dessa avaliação final aplicada ao final do processo de ensino foi compreender o modo como os professores de Química em formação inicial mediariam o conhecimento científico em sala de aula a partir das atividades trabalhadas em sala de aula.

## Aspectos metodológicos

### Questão de pesquisa, amostra e coleta dos dados

A questão de pesquisa que norteará esse trabalho será: *Após realizarem uma sequência de atividades relacionadas à construção social de modelos em sala de aula (Modelagem), como os licenciandos em Química mediam o conhecimento científico quando são confrontados com dificuldades apresentadas pelos estudantes?*

Os licenciandos em Química participaram de atividades que compunham uma sequência didática aplicada ao longo de quatro aulas de 100 minutos. Essas atividades se relacionavam ao processo de construção social de modelos para explicar a energia envolvida nas transformações químicas. Ao final das aulas, foi aplicada uma avaliação que apresentava, dentre outras questões, a seguinte situação problema:

*Em uma determinada aula de Química na 2ª Série do Ensino Médio, o professor realizou a carbonização do açúcar ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), adicionando sobre ele ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). A reação ocorrida no sistema liberou para o ambiente vapor d'água e trióxido de enxofre ( $SO_3$ ), sendo este último percebido pela sensação irritante causada por este gás nos olhos, vias orais e nasais. A liberação de gás fez com que o carbono, um dos produtos da reação, expandisse seu volume, conforme apresentado na figura a seguir.*



30 segundos após o início da reação



60 segundos após o início da reação



120 segundos após o início da reação



180 segundos após o início da reação

*Ao final do processo, o professor passou o béquer entre os alunos para que eles percebessem o aquecimento intenso do recipiente. Em seguida, pediu a eles que elaborassem uma explicação para a transformação química observada, caracterizando o processo como exotérmico.*

*Em grupo, os alunos começaram a discutir as possíveis causas do aquecimento intenso provocado pela reação. Ao final, um dos grupos apresentou a seguinte conclusão: “De acordo com o modelo cinético molecular das partículas, quanto mais afastados estiverem as partículas, maior a sua energia cinética. Quanto mais juntas, menor a sua energia cinética. Considerando que a energia cinética do sistema se refere a temperatura, é possível concluir que a expansão observada no sistema contendo açúcar e ácido sulfúrico pode ser explicada pela agitação nas partículas, permitindo que elas fiquem com mais energia, que é percebida na forma de calor.”*

*Supondo que você seja o(a) professor(a) dessa turma, como discutiria com o grupo a consistência ou não da explicação apresentada para a referida transformação química?*

A referida avaliação foi aplicada a um grupo de 27 licenciandos que cursavam a disciplina de *Instrumentação para o Ensino de Química II*, oferecida para o curso de licenciatura em Química (sétimo período). Os dados foram coletados através dos materiais escritos e filmagens das aulas. Todos os licenciandos envolvidos assinaram o *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido*, declarando ciência da pesquisa e aceitando participar da mesma. Os materiais escritos produzidos pelos estudantes foram transcritos e posteriormente analisados, estabelecendo categorias para as referidas respostas. Todos os licenciandos foram identificados com o código L, associado a um número de ordem atribuído aleatoriamente, em uma sequência de L1 a L27.

## **Resultados e discussão**

Ao analisar as respostas apresentadas pelos licenciandos nessa avaliação final, constatou-se que dezoito deles buscaram utilizar estratégias de ensino que articulavam possibilidades de mediação do conhecimento científico em sala de aula, considerando os aspectos didáticos abordados nas atividades de modelagem realizadas durante as aulas de *Instrumentação para o Ensino de Química II*.

Considerando a situação problema apresentada aos licenciandos, dentre as estratégias possíveis para a mediação junto aos estudantes, destacam-se o uso de (contra)exemplos, analogias, equações matemáticas e questionamentos, buscando assim estabelecer uma aula dialógica e interativa durante o processo de (re)construção do conhecimento científico (MORTIMER & SCOTT, 2003). Além disso, eventualmente alguns licenciandos buscaram utilizar os modelos trabalhados em sala de aula ou algumas das ideias discutidas com eles, de modo a explicar o saldo energético associado aos processos termoquímicos por meio da quebra e formação das ligações ocorridas durante a transformação química. É importante ressaltar que a característica principal da mediação pedagógica proposta por esses licenciandos se relaciona ao fato de as discussões propostas não terem a intenção de apresentar a resposta direta aos estudantes, buscando sempre discutir as ideias apresentadas por eles com o uso de instrumentos mediadores do conhecimento.

Em relação ao tipo de mediação proposta para a situação apresentada anteriormente, temos o seguinte panorama, com alguns exemplos:

- Nove licenciandos apresentaram, discutiram e/ou exploraram conceitos científicos com os estudantes;

*Pensando sobre o nosso sistema, se houve uma reação química, após certo tempo há outras substâncias. A reação do açúcar com o ácido formou carbono,  $SO_3(g)$  e  $H_2O(g)$  e o que nós observamos é, portanto, a expansão do carbono com aquecimento. Esse aquecimento provoca um aumento da energia cinética dos átomos de carbono e das moléculas de gases que são liberadas (segundo o modelo cinético molecular), mas a origem desse aquecimento está relacionada com o balanço energético das ligações que são rompidas (absorvem energia) e das que são formadas (liberam energia). Ou seja, esse aumento de temperatura tem origem na  $\Delta H = H_p - H_r$ . No nosso caso,  $H_p < H_r$  e, portanto,  $H_p - H_r < 0$ , o que é percebido pela liberação de calor. O modelo cinético molecular relaciona energia cinética com temperatura, mas no nosso sistema, esse aumento de temperatura teve origem na reação química. (L15)*

- Quatro licenciandos estabelecem um diálogo com os estudantes, buscando confrontar as ideias apresentadas com novos questionamentos;

*Inicialmente, eu iria perguntar para os alunos se esse modelo que eles propuseram explica o que aconteceu, pois acredito que eles devem dizer que realmente explica a referida transformação química. No entanto, falarei para eles que os modelos devem ser testados e darei outro exemplo de reação exotérmica, mas não exemplo que darei a transformação é exotérmica. Porém, no exemplo que darei, a transformação é exotérmica, mas não ocorre a expansão do sistema. Perguntarei para eles: o modelo que vocês propuseram inicialmente explica esse exemplo que citei agora? Como não explica, orientarei os alunos a reformular o modelo que eles propuseram, até obter uma explicação mais consistente para as transformações químicas exotérmicas. (L2)*

- Cinco licenciandos propuseram uma possível interação dos estudantes com o experimento descrito, sugerindo alguma atividade demonstrativa, apresentando exemplos ou contraexemplos, além de discutir a possibilidade de manipular os modelos propostos durante a aula.

*Minha explicação seria: de fato, a energia cinética está relacionada ao movimento das moléculas, portanto este fenômeno sozinho não explica o aquecimento ao final da reação. De posse de bolinhas coloridas, representaria os diferentes átomos envolvidos na reação, mostrando que novas substâncias foram formadas e que esta energia envolvida está no “saldo” de quebras e formações de ligações entre os átomos, formando novas substâncias. Dado que a formação de uma ligação química libera energia e a sua quebra demanda gasto de energia. Neste último momento da discussão, acho também conveniente o conceito de sistema e vizinhança ser abordado. (L17)*

Os demais licenciandos ( $n = 9$ ) não se remeteram aos modelos discutidos em sala de aula, além de não proporem possibilidades de mediação para explicar o processo de quebra e formação das ligações associado à referida transformação química, justificando assim o saldo energético final associado aos processos termoquímicos em estudo.

## Conclusões

É importante que o processo de formação inicial de professores permita aos futuros docentes vivenciarem diferentes possibilidades de mediação do conhecimento científico em sala de aula. Para isso, os professores em formação devem ser confrontados com situações problemas que os permitam articularem diferentes saberes discutido nas disciplinas formativas, de modo

a se sentirem mais seguros no momento em que deverão colocar em prática essas ações em sala de aula.

Os dados desse trabalho nos permite concluir que a maioria dos licenciandos (n = 18) buscou assumir uma ação docente que permeia a sociointeração em sala de aula, sobretudo após vivenciarem uma sequência didática que discute a construção social do conhecimento científico por meio de atividades práticas. Entretanto, uma parcela expressiva desses licenciandos (n = 9) basearam suas intervenções no modelo de *transmissão-recepção* do conhecimento, propondo uma explicação direta sem a possibilidade de mediar o processo de (re)construção da ideia que surgiu a partir da observação experimental realizada pelos estudantes. E isso parece indicar que as atividades de *Modelagem* discutidas nas aulas tiveram pouco impacto nas ações docentes propostas por esses licenciandos. Isso porque as respostas apresentadas deram indícios de que esse grupo preferiu lançar mão de um modelo de ensino ainda predominante na maioria das instituições de ensino e que busca apresentar o conhecimento científico de forma pronta e acrítica aos estudantes.

## Agradecimentos e apoios

Aos licenciandos que participaram dessa pesquisa, CAPES, FAPEMIG e CNPq.

## Referências

- 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.
- 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.
- MORTIMER, E. F. & P. SCOTT. **Meaning making in secondary science classroom**. Maidenhead, UK: Open University Press, 2003.
- PEREIRA, L. L. S., BENITE, C. R. M. & BENITE, A. M. C. Aula de Química e Surdez: sobre interações pedagógicas mediadas pela visão. **Química Nova na Escola**, v.33, n.1, p. 47-56, 2011.
- 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.
- SMOLKA, A. L. B. & MORTIMER, E. F. James V. Wertsch: a primazia da razão mediada. In: Rego, T. C. (org.). **Cultura, aprendizagem e desenvolvimento – Volume 2**. Petrópolis, RJ: Vozes, p. 91-119, 2011.
- VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.