

Síntese conceitual de licenciandos em química

Conceptual synthesis of chemistry graduates

Abraão Felix da Penha

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
afpenha@uneb.br

José Luis de Paula Barros Silva

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
jose Luis@ufba.br

Resumo

O trabalho visou identificar a contribuição da abordagem histórico-crítica para a síntese conceitual de estudantes por meio da questão de pesquisa: qual a contribuição de uma abordagem histórico-crítica para a síntese conceitual de licenciandos em química acerca da ligação química? O referencial constituiu-se numa articulação entre a pedagogia histórico-crítica, a psicologia histórico-cultural e a abordagem contextual. A metodologia consistiu numa ação pesquisada, desenvolvida a partir de um componente curricular num curso de licenciatura, coletando dados por meio de questionário e entrevista e tratando-os pela análise de conteúdo. Houve a elaboração de sínteses materializada, linguagem externa e mental dos estudantes após a instrumentalização realizada, indicando um avanço conceitual.

Palavras chave: ligação química, síntese conceitual, ensino e aprendizagem, formação do professor, abordagem histórico-crítica

Abstract

This work had the aim of to identify the contribution of historical-critical approach to students' conceptual synthesis by means of the question of research: what is the contribution of a historical-critical approach to the conceptual synthesis of chemistry graduates in chemistry? The theoretical framework consisted of an articulation between historical-critical pedagogy, historical-cultural psychology and the contextual approach. The methodology consisted of a researched action, developed in a curricular component of a training teachers course, collecting data through questionnaire and interview and treating them by content analysis. It was verified the materialized synthesis of the students' external and mental language after the instrumentalization, indicating a conceptual advance.

Key words: Chemical bond, conceptual synthesis, teaching and learning, teacher training, historical-critical approach

Introdução

A literatura de ensino e de aprendizagem de ciências, e de química, em particular mostra que alunos apresentam ideias distintas das científicas em relação a diversos conteúdos, mesmo após o seu estudo na escola, tais como: átomo (MORTIMER, 1995) e ligação química (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006).

Adotamos como hipótese que tais resultados se devem ao ensino de química ainda empregar abordagens simplistas, como se tais conceitos fossem intuitivos e sem considerar sua elaboração ao longo do tempo. Temos por pressuposto que o ensino das ciências, e da química, deve partir da realidade material, que é complexa e histórica. Portanto, as teorias científicas também são complexas e históricas, pois as ideias para explicar a natureza constituem sistemas conceituais que mudam à medida que a realidade se transforma (MARX; ENGELS, 2007).

Compreendemos que a reflexão sobre tais problemas e a busca de sua superação deve ocorrer na formação inicial do professor de química, que ele leve em consideração os problemas trazidos pela literatura quando da sua prática pedagógica, pois concordamos que o ensino universitário tem, entre outras atribuições: assegurar o domínio de conhecimentos, métodos e técnicas científicas que devem ser abordados de forma crítica, relacionando com a produção social e histórica da sociedade; associar o processo de ensinar/aprender com a pesquisa, criando e recriando situações de aprendizagem e partir do universo cultural e de conhecimentos dos alunos para desenvolver processos de ensino e aprendizagem interativos e participativos (ANASTASIOU; PIMENTA, 2002).

Neste sentido, centramos nossa atenção no conceito de ligação química, considerado fundamental para a compreensão das propriedades dos materiais, de modo que, deve ser dominado pelo futuro professor de química, com a seguinte questão: *qual a contribuição de uma abordagem histórico-crítica¹ para a síntese conceitual de licenciandos em química acerca da ligação química?*

Referencial teórico

O desenvolvimento conceitual do estudante ocorre com uma intencionalidade do professor, em que conhecimentos científicos são veiculados na sua ação didática, que segue cinco passos, conforme o método de ensino da pedagogia histórico-crítica (SAVIANI, 2009).

O processo se inicia com a investigação da *prática social inicial* a ser trabalhada na formação de professores. Esta deve relacionar-se com situações que possam demandar conhecimentos científicos para o seu entendimento, que por sua vez é proposto e se desenvolve num dado contexto. Para isso, faz-se necessário conhecer o nível de desenvolvimento psicopedagógico dos estudantes, prévio ao ensino, ou seja: o conhecimento da prática social e o nível de desenvolvimento psicológico no estado tomado como inicial da formação do professor. Ocorre de tais conhecimentos, muitas vezes, embora nem sempre, se assemelhem a conhecimentos científicos historicamente superados. Os dados obtidos podem sugerir ou indicar informações acerca do estágio de consciência, de sistematização dos conhecimentos, bem como de quão voluntário é seu emprego, informações importantes para avaliar o nível de desenvolvimento atual de cada estudante e sua *zona de desenvolvimento próximo*.

Segue a *problematização* da prática social, esclarecendo os estágios dos conhecimentos científicos nos diversos momentos em que afloraram os problemas da prática social escolhida,

¹ A abordagem histórico-crítica constituiu-se num referencial teórico oriundo de uma articulação entre a pedagogia histórico-crítica (SAVIANI, 2009), a psicologia histórico-cultural (ELKONIN, 1987 apud FACCI, 2004; LEONTIEV, 2010; GALPERIN, 2001; VIGOTSKI, 2000) e a abordagem contextual (BATISTA, 2007; MATTHEWS, 1994), utilizada em trabalho de doutorado. Neste trabalho são apresentados alguns resultados.

ao longo do seu desenvolvimento, assim como as soluções dos problemas levantados influenciaram no desenvolvimento científico e vice-versa. A identificação de questões a serem resolvidas, suas raízes históricas, os conceitos científicos necessários para a sua compreensão, que também foram produzidos historicamente, são frutos dessa articulação. Assim os estudantes vão iniciando a contextualização do conhecimento.

Estrutura-se uma atividade de aprendizagem, cuja *atividade principal é a de estudo / profissional*, que pode ser, por exemplo, uma atualização de conceito científico. Parte-se do nível de desenvolvimento atual, organiza-se uma ação pedagógica para veicular os conhecimentos necessários, trabalhando na zona de desenvolvimento próximo, verificando através de situações-problemas se esse conteúdo vai se tornando consciente nos estudantes.

Passa-se à *instrumentalização*, onde o professor formador transmitirá os conhecimentos científicos necessários para a compreensão dos problemas identificados na prática social. Neste momento a abordagem contextual poderá contribuir para que os estudantes compreendam o desenvolvimento dos conceitos ao longo do tempo, relacionando ao contexto de sua produção. Nesse processo procura-se situar os estudantes sobre a ciência e como ela se desenvolve, chegando ao conhecimento científico em discussão. Os estudantes devem expressar as suas reflexões sobre este conhecimento, incluindo as implicações para o ensino de química. A sua verbalização é uma ação importante para a atividade de aprender o conteúdo que está sendo abordado. Para tanto a mediação feita pelo professor será fundamental neste processo. A fala dos estudantes em sala durante a exposição do professor inicia a *catarse*.

Na *catarse* busca-se a percepção da dinâmica dos conhecimentos científicos, com suas controvérsias e eventuais soluções ou permanências, bem como a explicitação dos compromissos sociais tanto na produção, quanto no emprego das ciências. Desse modo, os estudantes poderão elaborar uma síntese dos conhecimentos e uma compreensão mais rica e complexa da realidade, através da prática social sob estudo.

Para essa elaboração algumas ações serão necessárias, tais como: leitura de textos, respostas a questões escritas e orais após a instrumentalização em sala de aula utilizando textos, correspondendo à *etapa materializada*; respostas a questões escritas e orais após a instrumentalização em sala de aula, sem uso de textos, correspondendo à *etapa da linguagem externa*. Essas ações também demandarão operações por parte dos estudantes. Assim as ações e operações vão sendo conscientizadas, passando a uma *etapa mental*, onde elas ocorrem internamente. Como a *catarse* envolve a síntese dos estudantes, então se criou as categorias: *síntese materializada*, *síntese linguagem externa* e *síntese mental*.

Então, os estudantes poderão desenvolver ações de modo mais crítico e, possivelmente, mais efetivo, na *prática social final*, em que se busca verificar a utilização do aprendizado em outras situações.

Metodologia

O método utilizado foi a ação pesquisada, que consistiu no: planejamento de uma melhora da prática, implantação da melhora planejada, descrição dos efeitos da ação e avaliação dos resultados da ação (TRIPP, 2005).

O levantamento iniciou no componente curricular Conteúdos de Química para o Ensino Médio, no curso de Licenciatura em Química da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), instituição em que um dos autores leciona, no 2º semestre de 2010. Esse componente foi escolhido porque nele é feita uma discussão crítica sobre os conteúdos a serem ensinados no

Ensino Médio. Ele ocorre em termos de currículo do curso no 6º semestre, penúltimo para que o licenciando se gradue. Prosseguiu até o final de 2013, e neste íterim os investigados tornaram-se licenciados, porém optamos por tratar como licenciandos, conforme feito no começo da investigação.

O conteúdo investigado foi ligação química, pela existência de relato na literatura de dificuldades dos estudantes com tal conceito (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006). Duas destas são a energia e a regra do octeto associadas com a formação da ligação. Foi realizada uma sequência didática e elaborado um texto didático com tais aspectos, utilizando-se na sua construção uma abordagem contextual.

Os instrumentos de coleta foram: questionário e entrevista. Os dados foram tratados por meio da análise do conteúdo (BARDIN apud TRIVIÑOS, 2012) e correspondem ao momento da catarse, após a instrumentalização (sequência didática e texto didático), envolvendo as *sínteses materializada, linguagem externa e mental*.

Sínteses dos licenciandos em química

As sínteses referem-se a dois estudantes cujos nomes fictícios são Ana e Ari. Por questões de espaço a análise corresponde a três (03) momentos, sistematizados nas Tabelas 1, 2 e 3.

A Tabela 1 traz informações sobre uma ação - *Análise a abordagem de ligação química num livro didático de ensino médio do PNLEM quanto ao seguintes aspecto: presença dos modelos de ligação expostos no texto didático disponibilizado.*

Estudantes	Respostas
Ana	<p>Química e sociedade: volume único, ensino médio / Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mól, (coord) (...) Nova Geração, 2005. (...)Pág. 190-244</p> <p>...</p> <p>A partir da comparação dos modelos foi discutida a formação da ligação química, evidenciando a atração eletrostática entre íons. Observo que tanto o modelo do retículo cristalino quanto este são inseridos no texto sem situá-los historicamente, sem a presença até de rodapé (algo comum em outros livros do ensino médio). Considero importante abordar os nomes e o contexto histórico-filosófico que os modelos foram construídos, pois a forma que os modelos são apresentados dá a entender que surgiram “do além”, prejudicando a compreensão do estudante da própria Ciência Química como construção humana.</p> <p>Mas na próxima página falam um pouco sobre Lewis e sobre a regra do octeto, e o autor traz da seguinte forma:</p> <p>“Essa regra não explicou o motivo da estabilidade dos átomos, mas identificou uma regularidade, observada na época em suas configurações eletrônicas quando fazem ligações químicas.”</p> <p>Ele evidencia que os modelos possuem limitações e traz o exemplo da síntese de gases nobres realizada em 1932 pelo Neil Barlett. Achei interessante a forma que foi abordada, antes da explicação da própria regra, pois desfaz a ideia de que a ligação ocorre para satisfazer ao octeto. O modelo da ligação covalente do livro é baseado na figura 7, Modelo de Thomson com a sobreposição das esferas evidenciando o compartilhamento de elétrons. O autor traz como legenda dos modelos “estrutura de Lewis” sendo que a presença das esferas não faz parte da representação de Lewis, mas de Thomson.</p>
Ari	<p>No livro didático do ensino médio (., p. 143-4, 146) atribui-se a Lewis a chamada “regra do octeto”. Vimos que segundo o texto didático disponibilizado, a teoria de Lewis para a formação da ligação química era baseada no emparelhamento de elétrons, sendo que a “regra” supracitada não era fundamental. No livro, como o foco é a obtenção do octeto – ou dueto – discute-se apenas a estabilidade eletrônica, sem dar relevância à estabilidade energética. O próprio modelo de representação para ligação iônica, o retículo cristalino, aparece numa imagem discreta no canto superior direito da página.</p>

PERUZZO, F.M, CANTO, E. L. do. **Química na Abordagem do Cotidiano.** (...) Moderna: 2006, p 140-162.

TABELA 1: Análise do livro do ensino médio quanto ao uso dos modelos de ligação do texto didático

Ana identifica a presença de modelos: do retículo cristalino, da regra do octeto e o de Thomson, sendo que este último foi atribuído pelos autores a Lewis. O primeiro modelo não é contextualizado, parecendo que surgiu “do além”, dificultando a compreensão do estudante da ciência como construção humana. Afirma que os autores apontam os limites da regra do octeto, inclusive exemplifica a síntese de gases nobres, em 1932. Na verdade é síntese com gases nobres e o ano é 1962, 1932 é o ano do nascimento de Neil Barlett. Quanto à Lewis, Ana nota que é pouco citado e que empregam o termo “estrutura de Lewis” de modo inadequado. Tal fato se deve a uma representação que utiliza as circunferências que lembram ao modelo de Thomson para a ligação covalente (aparece no texto didático disponibilizado). Ocorre que neste não há representação dos elétrons, como o livro didático traz. Elétrons fazem parte da estrutura de Lewis, mas sem a circunferência, de modo que, foi feita uma estrutura de Lewis que rigorosamente não o é. Ana captou isto na análise, ainda que parcialmente.

Ari identifica que o autor do livro atribui a Lewis a regra do octeto, abordando-a sem tratar do aspecto energético e coloca uma imagem discreta do retículo cristalino, aspectos diferentes do texto disponibilizado.

Assim Ana e Ari utilizaram dados do texto didático disponibilizado para analisar os respectivos livros didáticos de ensino médio em que confrontam as informações trazidas nestes com as do material, possibilitando outro olhar sobre o livro do ensino médio, tendo como referência conhecimentos oriundos da mediação do professor.

Há uma *síntese materializada* feita por ambos, pois recorrem ao texto para confrontar informações e tomar uma posição quanto à ação solicitada. Neste processo, vão se apropriando da atualização conceitual.

Em outra ação, foram questionados aspectos relacionados a assuntos abordados na sequência didática e no texto, mas sem uso de material para consulta.

Uma questão, cujos dados constam da Tabela 2, solicita: *Na abordagem feita em sala e no texto disponibilizado foram tratados de modelos explicativos da ligação química. Comente sobre eles.*

Estudantes	Respostas
Ana	(...), o que mais ficou marcante para mim foi aquela desmistificação da regra do octeto. Toda a abordagem do porquê da regra do octeto (...). Se entender como é que se formavam as ligações, porque formavam as ligações. Aí você desmistificou essa parte, mas, assim, o modelo eu não lembro não. (...) Ele propõe pra tentar explicar a formação da ligação. Só que depois a gente vai observando, no decorrer do discurso que a formação da ligação depende da energia. Toda formação de ligação envolve a liberação de energia, e não que se tenha que ter oito elétrons. E aí a regra do octeto surge para tentar explicar a formação, mas não que a formação da ligação química seja por causa de se ter oito elétrons em cada átomo envolvido na ligação. Eu lembro bastante disso, porque ele explica bem essa parte.
Ari	(...). Não sei se você se lembra, lá, meu comentário de Conteúdos? (...). Desde o modelo de Thomson – tem lá nos livros didáticos – que o elétron está incrustado, e aquela ideia, aquela representação que os elétrons têm um movimento dentro da estrutura. Até a própria estrutura de Lewis, que não dá subsídio para o entendimento da estrutura das substâncias, mas a própria ideia do emparelhamento em torno do átomo, uma ideia tridimensional, que também não aparece nos livros didáticos. (...). Eu sempre chamo atenção que aquilo ali é uma tentativa. Então, toda essa visão, assim, essa ruptura dessas representações são muito comuns nos livros didáticos. Na verdade, só o que aparece de fato nos livros didáticos. Eu estou sempre

chamando atenção que aquilo ali também é apresentado de uma forma que é uma transposição, que aparece lá pelo autor do livro didático. Mas será que o próprio pesquisador que gerou esse conhecimento, o cientista que gerou lá, será que pensou dessa mesma forma? (...).
 (...) Nesse sentido eu sempre tento mostrar que as representações são traduções de uma coisa, na tentativa de se aproximar daquilo que foi proposto. Principalmente, que eu me recordo agora, do modelo atômico do Thomson, e o emparelhamento de elétrons e tal. Lembro que o modelo de Bohr traz também umas coisas de sobreposição, (...). Na verdade o emparelhamento aparece complementar com o compartilhamento. O compartilhamento tem aquelas representações que são um pouco diferentes. Eu nunca tinha visto aquilo, mas está no livro dele, por que não fazer esse paralelo, essa comparação na literatura? (...).

TABELA 2: Comentários sobre modelos da ligação química abordados no texto didático disponibilizado

Ana indica que foi marcante a desmistificação da regra do octeto como a causa da formação da ligação química, sendo a ocorrência desta ocasionada por uma liberação de energia, demonstrando alguma internalização deste conhecimento. Não apareceram no discurso alguns modelos abordados, mostrando que estes de algum modo não foram internalizados, tanto que ela não lembrou e isto pode ter sido ocasionado pela não colocação de situações-problemas pelo investigador sobre tais modelos, bem como o não uso por ela para alguma necessidade que não exigiram uma *atividade profissional / de estudo*.

Ari aponta alguns modelos de átomos e de ligações citados no texto didático disponibilizado: Thomson, Lewis e Bohr. No caso de Bohr, há uma imprecisão, pois a sobreposição que é mostrada é de um modelo de Thomson para o emparelhamento. Há uma precisão na maioria das colocações feitas sobre o conteúdo científico, mostrando alguma internalização deste conhecimento. Entretanto cabe colocar que o fato de está usando o material no ensino leva-o a ler periodicamente e isto auxilia no processo de internalização do conteúdo.

Ambos realizam uma *síntese linguagem externa*, não consultam fontes e sim o pensamento.

Numa outra ação, que consta da Tabela 3, foi perguntado: *Como você articulou / articula / articularia os modelos da ligação química abordados no ensino de ligações químicas no nível médio?*

Estudantes	Respostas
Ana	<p>Lá eu explico o que é a ligação química, que depende das partículas atrativas e repulsivas do átomo. Diferente da ligação iônica, covalente e metálica. Porque a gente dá a tabela periódica, e aí trabalha a energia de ionização e afinidade eletrônica, vai comparando a energia de ionização e a afinidade eletrônica entre os átomos. Quando um tende... que não tem energia de ionização, porque é (...) e o outro tem afinidade... Ah, na covalência, não, aí ocorre o compartilhamento de elétrons porque tem essa diferença. Não é favorável como na iônica. E na metálica que eu explico da questão dos elétrons, que são deslocados, e é a partir da atração dos cátions e elétrons, há uma liberação de energia, aí todos... A ligação, eu trabalho assim. Aí vai comparando, energia de ionização, na iônica é o ciclo de Born-Haber. Claro que eu não falo assim, como a gente trabalha em nível superior.</p> <p>(...) no final você tem uma recompensa, o sistema é estabilizado e ocorre a liberação de energia que promove a ligação, (...).</p> <p>(...)</p> <p>É, e aí eu chego a apresentar, mas não chego a detalhar bastante a regra.</p> <p>É, mas a formação daquele composto envolveu uma liberação de energia que promoveu... que possibilitou a formação, sem a necessidade deles terem o octeto completo.</p> <p>(...)</p>
Ari	<p>(...). Porque também no ensino médio a gente acaba fazendo uma evolução dos modelos, de como o modelo acabou contribuindo em relação ao anterior. Esses modelos nunca foram subjugados porque a gente acaba utilizando um modelo ou outro. Basicamente é também mostrar que a principal referência que eles têm talvez não esteja mostrando de fato as informações que o modelo propõe. Também passa por uma transformação. Principalmente em relação ao modelo de Thomson. Porque quando a gente fala de estrutura de Lewis, por</p>

exemplo, que também é foco naquela parte de teoria de ligação, a gente não entrou ainda na parte de geometria, aí tem a dificuldade do amadurecimento em relação à abstração, na idealização da geometria, da visualização. Então eu não busco tanto fazer aquela relação dos aspectos espaciais com o modelo do emparelhamento, com a ideia do emparelhamento, como aparece aquela ideia. Então eu acho que a estrutura de Lewis, como é apresentada, é suficiente, até então, para aquele nível de ensino ali, para atender aquela demanda ali...

Dos pontinhos, dos pares de elétrons, porque eu acho que descreve melhor, talvez seja o foco nessa parte, da estabilidade eletrônica. Falar da estabilidade eletrônica, que é baseando-se na estrutura eletrônica dos gases nobres, (...). Também como a parte de energia ali também, não é... Aí a gente vai falar de estabilidade eletrônica... Claro, antes disso tudo, para falar... Fala de energia, de estabilidade e tal. Mas como é que se entendia estabilidade com base no emparelhamento de elétrons. Então, a estabilidade aqui não é aquela estabilidade energética. A estabilidade eletrônica contribui para a estabilidade energética. (...). Tem outra coisa também: o foco na história, concepção histórica, eu não dei ainda para o primeiro ano. Pelo menos esse ano eu não fiz isso, quando eu peguei a turma do primeiro ano. Mas basear o estudo das ligações químicas nas propriedades. Tem aquela ideia do composto iônico... (...). Pego um composto iônico, experimento na sala, condutividade elétrica, com difusão, aquece um, aquece o outro e tal, avalia o próprio estado, a própria fase em que a matéria se encontra. Lá tem laboratório, então dá para fazer essa... Articular, não é? Esse ano eu fiz isso. Faço na disciplina Química Experimental, e peguei um experimento mais simples, para acabar caracterizando as energias das ligações com as propriedades. É uma ideia ótima, principalmente porque apesar do modelo de ligação iônica ser diferente do modelo de ligação covalente, essa relação de ligação covalente e ligação iônica é meramente teórica. Eu acho que tudo é energia e tal. Do mesmo modo que a ligação 100% iônica não existe... Claro que a gente não fala isso, mas a ideia de que... Assim, as substâncias, o que as caracteriza é a energia com a qual... que caracteriza as propriedades é a energia com a qual as partículas estão unidas. Então, é nessa ideia, talvez numa abordagem que é fenomenológica, que é experimental, aí passo essa ligação, faço esse link. Que foi o que o senhor fez no texto também. (...)

TABELA 3: Ensino de ligação química no nível médio

Ana cita a liberação de energia e não detalha a regra do octeto. Isso ajuda a desfazer a ideia do octeto como a causa da ligação química. Não aparecem outros modelos abordados. A ênfase quando da sequência nos outros modelos, além do octeto, foi para mostrar que houve outras tentativas, então obrigatoriamente não teria que ir para a sala de aula do ensino médio.

Ari utiliza alguns modelos: Thompson e Lewis, sendo que este último, a representação dos elétrons com pontinhos, sem usar o modelo cúbico, devido aos estudantes não terem amadurecimento. Associa a estabilidade eletrônica à estabilidade energética, indicando que a primeira contribui com a segunda.

Eles elaboram uma *síntese mental*, momento em que repetem um mesmo entendimento que aparecem nas sínteses materializada e linguagem externa, indicando uma estabilização da compreensão.

Considerações finais

A abordagem histórico-crítica possibilitou que os estudantes formulassem uma síntese conceitual acerca da ligação química evidenciada por sínteses parciais, materializada, linguagem externa e mental, constituindo um processo de assimilação do conteúdo por etapas, demonstradas nas situações da pesquisa.

A partir da análise evidenciou-se que houve uma internalização nos estudantes que atingir o octeto não é o motivo das ligações químicas acontecerem, bem como que ao formar uma ligação química há uma diminuição de energia, por meio de citações que incorporaram a gênese do conceito abordada na sequência didática e disponibilizada num texto didático.

Agradecimento

Bolsa PAC-UNEB

Referências

- ANASTASIOU, L. G. C.; PIMENTA, S. G. *Docência no ensino superior*. São Paulo: Cortez, 2002.
- BATISTA, I. L. Reconstruções histórico-filosóficas e a pesquisa em educação científica e matemática. In: NARDI, R. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras Editora, 2007. p. 257-272.
- FACCI, M. G. D. A periodização do desenvolvimento psicológico individual na perspectiva de Leontiev, Elkonin e Vigotski. *Caderno Cedes*, v. 24, n. 62, p. 64-81, 2004.
- FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. *Química Nova na Escola*, n.24, p. 20-24, 2006.
- GALPERIN, P. Y. Sobre la formación de las imágenes sensoriales y de los conceptos. In: ROJAS, L. Q. (Comp.). *La formación de las funciones psicológica durante el desarrollo del niño*. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001, p. 27-39.
- LAKATOS, I. History of science and its rational reconstructions. In: HACKING, I. (org.) *Scientific Revolution*. Hong Kong: Oxford University, 1993.
- LEONTIEV, A. N. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In VIGOTSKI, L.S.; LURIA, A.R.; LEONTIEV, A.N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. Tradução: José Cipolla-Neto et al. 11. ed. São Paulo: Ícone, 2010, p. 59-83.
- LEWIS, G. N. *Valence and the structure of atoms and molecules*. New York: Dover Publications, 1966.
- MARX, K.; ENGELS, F. *A ideologia alemã*. São Paulo: Boitempo, 2007.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.12, n. 3, p.164-214, 1994.
- MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*, n.1, p. 23-26, 1995.
- SAVIANI, D. *Escola e democracia*. 41. ed. rev. Campinas: Autores Associados, 2009.
- TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.
- TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. 1. ed., 21. reimp. São Paulo: Atlas, 2012.
- VIGOTSKI, L. S. *A Construção do Pensamento e da Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.