

Desenvolvimento conceitual de licenciandos em química sobre a regra do octeto.

Abraão Felix da Penha¹ (PQ)*; José Luis de Paula Barros Silva² (PQ). *afpenha@uneb.br
¹Universidade do Estado da Bahia - DCET- Campus I; ²Universidade Federal da Bahia – Instituto de Química

Palavras-Chave: ligação química, regra do octeto, ensino e aprendizagem, formação do professor, abordagem histórico-crítica.

Resumo: O objetivo foi compreender o desenvolvimento conceitual de licenciandos em química acerca da regra do octeto por meio de uma abordagem histórico-crítica. O referencial teórico constituiu-se numa articulação entre a pedagogia histórico-crítica, a psicologia histórico-cultural e a abordagem contextual. A metodologia consistiu numa ação pesquisada, desenvolvida num componente curricular de um curso de licenciatura, coletando dados por meio de entrevista, observação e questionário e tratando-os pela análise textual. Verificou-se o avanço no entendimento que o octeto não é a causa para a ocorrência da ligação química, evidenciado pelas sínteses materializada e mental dos estudantes após a instrumentalização realizada. É possível o uso do referencial na formação inicial, pois todo conceito científico tem uma gênese, na pesquisa, articulando a um problema e na extensão, dialogando com os professores (as) da educação básica, numa formação continuada.

Introdução

As propriedades dos materiais são explicadas por meio da estrutura da matéria. Assim uma das áreas de conhecimento construída pelo homem foi a química e em seu interior ou dialogando com ciências afins, diversos conceitos foram ou são criados. Esses são importantes para os cientistas, mas também para a formação dos indivíduos, por isso veiculado na escola, necessitando então, de professores para seu ensino.

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), ligação química (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006) e solubilidade (GOUVEIA; OLIVEIRA; QUADROS, 2009).

Adotamos como hipótese que tais resultados se devem ao ensino costumeiro de química 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, analisando um aspecto conceitual: a regra do octeto. A questão de pesquisa é: *qual a contribuição de uma abordagem histórico-crítica¹ para o desenvolvimento conceitual de licenciandos em química acerca da regra do octeto?*

Referencial teórico

O desenvolvimento conceitual do estudante por meio da escola ocorre com uma intencionalidade do professor, onde conhecimentos científicos são veiculados na sua ação didática, que segue cinco passos.

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 informar acerca do estágio de consciência, de sistematização dos conhecimentos, bem como de quão voluntário é seu emprego, informações necessárias para delimitar inferiormente a *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, 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, onde 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.

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 (PENHA, 2014), em que parte dos resultados são aqui apresentados. Uma parte do texto aqui apresentado constituiu trabalho apresentado no X ENPEC com o título Desenvolvimento conceitual de licenciandos em química: a regra do octeto em discussão.

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 criou-se as categorias: *síntese materializada*, *síntese linguagem externa* e *síntese mental*.

Então, os estudantes poderão desenvolver ações de modo mais crítico e, possivelmente, mais efetivas, 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.

O conteúdo investigado foi a regra do octeto e a sua relação com a formação da ligação química. As razões para a escolha foram: importância histórica deste modelo e a existência de relato na literatura de dificuldades dos estudantes com tal aspecto (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006)

Os instrumentos de coleta foram: entrevista, observação e questionário. Os dados foram analisados por meio de uma análise textual (MORAES; GALIAZZI, 2011) do tipo análise do conteúdo (BARDIN apud TRIVIÑOS, 2012).

Desenvolvimento conceitual dos licenciandos

O desenvolvimento conceitual refere-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, 3 e 4.

Na *prática social inicial*, um dos aspectos levantados foi o nível de conhecimento sobre a regra do octeto e a ligação química por meio da afirmação — As ligações seriam formadas apenas para satisfazer a regra do octeto. Explique. — as informações obtidas encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1: Respostas dos estudantes relacionando formação da ligação química e a regra do octeto antes da instrumentalização

Estudantes	Respostas
Ana	A regra do octeto não abrange todos os compostos que existem. Elementos da família 3A fazem três ligações e quem vai explicar é a teoria da ligação de valência. Então nem sempre vai poder ser só a regra do octeto.
Ari	A regra do octeto se aplica para certo número de compostos. A palavra regra não é adequada, porque o número de exceções é extenso. O maior erro aí, apesar da regra do octeto, eu acho que é a palavra apenas, porque ele absorve o conceito de ligação química baseando-se talvez num esquema didático. A regra do octeto, em minha opinião, é para facilitar o ensino, somente. Porque ligação química, na verdade, precisa ser interpretada a partir do balanço energético, (...).

Os estudantes mostraram entendimento que as ligações não se formam apenas para satisfazer a regra do octeto. Para Ana a regra do octeto explicaria uma parte dos compostos e neste caso ela concordaria parcialmente com a afirmação da questão, que se constituiria na sua generalização.

Ari concordaria também parcialmente com a afirmação, mas na sua generalização entra um componente energético. Ele acrescenta que a regra “é para facilitar o ensino, somente”, o que estabelece distância do estatuto científico químico.

Para os estudantes a regra do octeto aparece ainda com alguma força, como se fosse um dogma (MORTIMER, 1994) do qual não consegue se libertar, ainda que empregue outro modelo, como Ana cita na sua explicação e Ari ao afirmar que a interpretação deve ser a partir do balanço energético, mas não exclui a regra.

As respostas se afastam do considerado cientificamente correto: toda ligação química para ser formada necessita de uma diminuição de energia e de uma mudança na eletrosfera dos átomos envolvidos. Há uma relação, pois ao diminuir a energia ocasiona mudança na eletrosfera e vice-versa, sendo que não é uma composição específica da eletrosfera, no caso, possuir oito elétrons na última camada de um átomo (regra do octeto), o que determina o abaixamento energético ou ocasiona a ligação.

Assim, estruturou-se uma sequência didática procurando atuar na *zona de desenvolvimento próximo*, transmitindo um conhecimento capaz de ser aprendido e que o estudante ainda não soubesse.

Durante a *problematização*, expôs-se informações da literatura sobre ideias de estudantes após a educação formal que diferem das aceitas pela comunidade científica, dentre estas: as ligações seriam formadas apenas para satisfazer a regra do octeto. Discutiu-se modelos explicativos da ligação química após a proposição do

elétron: a regra dos oito proposta por Abegg e outros modelos para a ligação, separando aqueles que representam a transferência de elétrons dos que representam o compartilhamento de elétrons, sendo formulado neste processo a regra do octeto (CHAMIZO; CRUZ-GARRRITZ; GARRITZ,1991; LEWIS, 1966). Essa separação foi feita por questões didáticas, mas também por questões contextuais, já que eram dois programas de pesquisa que ocorriam simultaneamente (LAKATOS, 1993; NIAZ, 2001). A exposição foi feita de maneira dialogada e ao final desta os estudantes informaram desconhecer os aspectos abordados.

A abordagem contextual do conteúdo constituiu-se numa *instrumentalização*, subsidiando uma *atividade profissional / de estudo*, pois se inseriu em uma preparação profissional. Tal processo ocorreu de uma forma direta com a sequência didática e também indireta ao ser disponibilizado um texto organizado numa ordem semelhante à apresentação feita em sala, para que se constituísse em um material de estudo. A seguir serão analisados dados referentes às ações realizadas pelos estudantes após a instrumentalização.

Foi feita a mesma afirmação que a anterior a instrumentalização, sendo possível consultar os materiais disponibilizados: apresentação em sala e texto construído pelo investigador. As informações estão expostas na Tabela 2.

TABELA 2: Respostas dos estudantes relacionando formação da ligação química e a regra do octeto após a instrumentalização

Estudantes	Respostas
Ana	As ligações químicas não são formadas para satisfazer a regra do octeto, pois a regra do octeto foi um modelo criado para explicar a formação das ligações químicas. A formação da ligação química é decorrente da estabilidade do composto formado devido à liberação de energia pelo sistema.
Ari	Nesse caso, o estudante associa estabilidade eletrônica com estabilidade energética. Atingir configuração eletrônica de gás nobre necessariamente não indica a obtenção de uma estabilidade energética maior (estado de menor energia)

Ana, em relação ao momento anterior à *instrumentalização* afirma algo novo, explicita que a regra do octeto é um modelo para a ligação química e acrescenta que é decorrência da liberação de energia. Já Ari incorpora que ao atingir o octeto (configuração eletrônica de gás nobre) não implica em ter uma menor energia, e tal diminuição energética é o que explicaria a formação da ligação química.

Em ambos os casos Ana e Ari fazem uma *síntese materializada* adequada, demonstrando a incorporação de informações veiculadas nos materiais disponibilizados, no caso que a regra do octeto é um modelo, presente no discurso de Ana e que a configuração eletrônica do gás nobre, outro modo de se referir à regra do octeto, estaria associada à estabilidade eletrônica, terminologia utilizada pelo professor investigador quando da execução da sequência didática, presente no discurso de Ari.

Em outra situação, solicitou-se: Comente sobre a seguinte sentença: “O que estabiliza o cloreto de sódio é a formação de octetos de elétrons de valência nos íons cloreto e sódio.”. As informações constam na Tabela 3.

TABELA 3: Respostas dos estudantes quanto à estabilidade do cloreto de sódio ser devida a formação de octetos

Estudantes	Respostas
Ana	(...). Bom, aqui você pode desmistificar pelo ciclo de Born-Haber. Quando você tem energia de ionização, quando ele se transforma de sódio para o cátion monovalente. E para ele poder se transformar precisa absorver energia, então ele vai ficar mais instável. Para poder ele ter os oito elétrons ele precisa ficar mais instável. Ele não se desestabiliza, mas isso por causa da ligação, da pressão eletrostática entre os íons de sódio e de cloro. (...). É acompanhado por aquela liberação do valor mais alto e aí... eu desmistificaria já assim.
Ari	(...). Na minha concepção a estabilidade está relacionada com a energia. Então, o que estabiliza seriam as doações energéticas, o estado inicial e o estado final. Se antes do processo as espécies as quais estão envolvidas ali têm uma energia que é maior, que são menos estáveis, é menos estável que a final, então esse processo tende a acontecer. Então, essa estabilidade do cloreto de sódio está relacionada lá com as energias de interação entre o cátion e ânion que estão interagindo ali, o cloreto e o sódio estão interagindo, e não simplesmente pela formação do octeto. (...). Porque não é qualquer ânion de cloro e qualquer cátion de sódio que vai promover essa estabilidade. Depende, é claro, das energias dos estados, do estado inicial e do estado final. (...). Mas depende disso, e não da formação de oito elétrons. Claro que a formação de oito elétrons é uma contribuição. Talvez a busca pela estabilidade eletrônica seja uma contribuição de uma maior estabilização do sistema. Existem outras energias envolvidas nesse processo que não são necessariamente da formação do octeto. Então, assim, o octeto é um processo. É um modelo explicativo da formação de um processo, que vai acabar justificando por que o estado final vai ser menos energético que o estado inicial. A estabilidade está relacionada com isso, e não necessariamente com a formação do octeto.

Ana comenta sobre como se dá a diminuição de energia. Tal decréscimo energético apareceu na Tabela 2. Ela demonstrou uma consciência sobre este aspecto conceitual, ou seja, a estabilização não se dá devido à formação dos octetos e sim pela liberação de energia de valor mais alto, a energia reticular que faz referência, embora não cite o nome.

Ari amplia ao seu discurso anterior que o octeto é um modelo explicativo que contribui para a estabilidade do sistema, mas não a sua causa. Utiliza também os termos estabilidade eletrônica, discutido na apresentação em sala e no texto como parte do processo de estabilização do sistema. Indica que a estabilidade se relaciona com o decréscimo energético e não com a formação do octeto. Tais aspectos apareceram nas Tabelas 1 e 2.

Tanto Ana como Ari apontam que atingir o octeto não garante a estabilidade e sim a questão energética, algo já dito na *prática social inicial* e também num momento posterior, na *catarse*, na *síntese materializada* em que houve a possibilidade de uso do

texto. Ocorre que neste momento eles reforçaram aspectos anteriormente colocados e agregaram elementos novos.

Em outra ação solicita-se: Após as informações veiculadas como ensinaria a regra do octeto no nível médio? As respostas estão apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4: Respostas dos estudantes sobre o ensino da regra do octeto no nível médio

Estudantes	Respostas
Ana	<p>(...). A questão que eu faço é chamar atenção que aquilo ali não é o essencial para que ocorra a ligação química. Vai envolver a liberação de energia, independente de ter oito elétrons. (...). Mas o que levou à formação do composto, por exemplo, o NaCl, o cloreto de sódio, o Na+ fica com oito elétrons, e o cloro também. Mas o que levou à formação do cloreto de sódio foi a liberação de energia, que no final do processo liberou uma quantidade de energia, ficando menos instável. (...)</p> <p>Porque houve liberação de energia. E também não deixar que eles achem que é... Foi uma forma de explicar. É o certo, tem que fazer, ficar observando a quantidade que tem cada um. Foi se observando que isso se repetia, mas não é o essencial para que ocorra a formação.</p>
Ari	<p>Eu chamo atenção assim, que essa ideia da regra, na verdade, é um modelo para tentar justificar a estabilidade de espécies quando ligadas, quando na formação de ligações. E aí, com base nisso, a ideia é quando eles adquirem estabilidade eletrônica de gás nobre. (...). No ensino médio a gente acaba fazendo essa relação mais forte. Um átomo adquire estabilidade eletrônica quando ele adquire configuração eletrônica de gás nobre. Então, a formação da ligação química é baseada nessa estabilidade, que é uma estabilidade eletrônica. Existe a estabilidade energética, mas a estabilidade eletrônica acaba contribuindo para a estabilidade energética, e aí a gente faz essa relação, de estabilidade eletrônica com... A gente acaba considerando que a estabilidade do átomo, a estabilidade energética como um todo depende da estabilidade eletrônica, e por conta disso, para adquirir esta estabilidade ele precisa adquirir configuração eletrônica de gás nobre. E nisso são oito elétrons lá na última camada, no nível de valência, no nível mais energético. Mas em alguns casos, quando começam a aparecer aqueles elementos de transição, já não são oito. Mas isso a gente não chama atenção no ensino médio. (...)</p>

Ana foca na estabilidade energética e não no octeto. Assim, ela traz uma visão para o ensino semelhante a sua *síntese mental* apresentada na Tabela 3, indicando uma internalização de uma generalização adequada do aspecto conceitual abordado: ligação química ocorre com diminuição de energia, independente se a última camada do átomo ficará com oito elétrons ou não.

Ari foca na estabilidade eletrônica, como algo mais forte no ensino médio. Porém sinaliza que a estabilidade energética depende da estabilidade eletrônica e para que o átomo se estabilize precisa adquirir a configuração eletrônica de gás nobre. Há situações envolvendo elementos de transição que já não é assim, mas não chama atenção. Assim, ele traz uma visão para o ensino médio com certa incoerência com sua *síntese mental* apresentada na Tabela 3, indicando uma internalização inadequada de

uma generalização do aspecto conceitual abordado: ligação química ocorre com diminuição de energia, independente se a última camada do átomo ficará com oito elétrons ou não. Porém adota um comportamento conforme uma certa “moda” para o nível de ensino investigado. De qualquer modo há uma consciência sobre o que estaria correto, não colocando que as ligações químicas são formadas apenas para satisfazer a regra do octeto, embora apresente inconsistências em relação ao ciclo de Born-Haber.

Isso ocorreu numa fase, em que não tinham à disposição nenhum material, necessitando recorrer ao seu pensamento, demonstrando uma apropriação desse assunto, ou seja, um aprofundamento na consciência sobre este, configurando-se numa internalização, passando para uma *síntese mental*, em que buscaram os recursos teóricos, incluindo a instrumentalização feita.

Considerações finais

Os estudantes inicialmente compreendiam que a regra do octeto não é a justificativa para formar a ligação química, entretanto havia imprecisões com relação à questão energética e articulação disto com o octeto. Partimos então para abordar a gênese desse conceito, uma vez que ela não apareceu nas respostas e também por ter conhecimento de que isso não é discutido em outro momento no curso e nem aparece nos livros didáticos de Química Geral, onde é veiculado o conteúdo.

A partir de uma avaliação após a sequência didática evidenciou-se que houve uma ampliação na compreensão dos estudantes de 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 em sala e disponibilizada num texto didático.

Essas evidências também indicaram que os estudantes chegaram a uma prática social final diferente da inicial, em relação ao conceito, podendo influenciar na mediação didática desse conteúdo no ensino médio, quando da atuação como professores.

O desenvolvimento conceitual no conteúdo investigado evidenciou que tal processo pode ocorrer com qualquer conceito científico, possibilitando uma atividade de aprendizagem em que o estudante no processo de apropriação do conhecimento passe por momentos de síntese.

A investigação procurou contribuir na compreensão sobre a aprendizagem e o desenvolvimento de adultos, particularmente licenciandos em química, sendo possível a utilização do referencial teórico no ensino, em qualquer componente curricular da formação inicial do licenciado, pois nestas são veiculados conceitos que tem sua gênese, mas também na pesquisa aprofundando a sua articulação a um problema a ser investigado e na extensão, dialogando com a comunidade de professores (as) da educação básica, constituindo-se numa formação continuada.

Agradecimentos e apoios

À UNEB por ceder espaço à investigação, bem como ao apoio, por meio da bolsa PAC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- CRUZ-GARRRITZ, D.; CHAMIZO, J.A.; GARRITZ, A. *Estrutura atômica: um enfoque químico*. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, 1991.
- 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.
- GOUVEIA, V. P.; OLIVEIRA, S. R.; QUADROS, A. L. Uma reflexão sobre aprendizagem escolar e o uso do conceito de solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. *Química Nova na Escola*, v. 6, n. 1, p. 23-30, 2009.
- 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.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. 2. ed. rev. Ijuí: Unijuí, 2011. (Coleção Educação em Ciências)
- MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*, n.1, p. 23-26, 1995.
- MORTIMER, E. F.; MOL, G.; DUARTE, L. P. Teoria do octeto e ligação química no ensino médio: dogma ou ciência. *Química Nova*, v. 17, n. 3, p. 243-252, 1994.
- NIAZ, M. A rational reconstruction of the origin of the covalent bond and its implications for general chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, v.23, n.6, p.623-641, 2001.
- PENHA, A. F. Desenvolvimento conceitual de licenciandos em química por meio da abordagem contextual. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências), Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2014.
- 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.