

O entendimento das ligações químicas além das palavras

Karina Ap. F. Dias de Souza ^(PG), Arnaldo Alves Cardoso ^(PQ)

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Departamento de Química Analítica, Rua Prof. Francisco Degni s/nº, C.P. 355, CEP 14800, Araraquara-SP

kfreitas@posgrad.ig.unesp.br

Palavras Chave: *ligações químicas, modelos mentais, pensamento teórico*

Introdução

O sucesso na resolução de problemas desvinculado do verdadeiro domínio conceitual do conhecimento trabalhado tem sido objeto das pesquisas em ensino de ciências há vários anos ¹. No caso específico da química, ciência que trata da proposição de explicações sub microscópicas para os fenômenos que ocorrem no universo, o fato é agravado pelo elevado número de conceitos, muitas vezes abstratos, que devem ser trabalhados e correlacionados tanto mentalmente quanto simbolicamente, com o intuito de entender, explicar e prever a ocorrência dos fenômenos naturais. É justamente a dificuldade imposta por esse trabalho mental, a manipulação de partículas sub microscópicas, que faz com que muitos estudantes atenham-se à simples constatação dos fenômenos, sem que haja uma maior preocupação ou interesse acerca dos porquês da química.

Nesse contexto, os modelos desempenham importante papel no ensino e na aprendizagem das ciências, uma vez que atuam como intermediários “visualizáveis” entre o mundo imaginário da teoria e as vivências experimentadas no mundo ². São, então, formas de aproximação entre o universo macroscópico que vivemos e o universo invisível das moléculas e átomos. Assim, dificilmente algum tópico abarcado pelo ensino de ciências, especificamente da química, será discutido sem que seja utilizado, em algum momento, pelo menos um modelo para explicar determinados aspectos desse conteúdo. Isso sugere que, para entender os assuntos relativos às ciências, os estudantes devem, primeiramente, aprender e vivenciar essa “linguagem”.

De acordo com Driver e colaboradores ³:

“Quem aprende precisa ter acesso não apenas às experiências físicas, mas também aos conceitos e modelos da ciência convencional. O desafio está em ajudar os aprendizes a se apropriarem desses modelos, a reconhecerem seus domínios de aplicabilidade, dentro desses domínios, a serem capazes de usá-los”. (Driver et al, 1999, p. 34) ³

Esse processo, porém, não está isento de obstáculos, como o imposto pela dificuldade em acessar e prever a interpretação que os estudantes farão dos modelos utilizados com objetivo pedagógico, a qual é fortemente influenciada pelas diferentes vivências e concepções do indivíduo ⁴. Assim, apesar do potencial explicativo e “visual” que os modelos apresentam, as diversas interpretações possíveis podem culminar em concepções alternativas ⁴. Como resultado dessas considerações tem-se que a construção das representações mentais, além de valorizada, deve ser cautelosamente trabalhada, uma vez que pode evidenciar as idéias prévias do aprendiz, bem como as estratégias de raciocínio adotadas perante novas situações.

O uso de desenhos como ferramenta para a pesquisa das concepções prévias dos estudantes

Diversos trabalhos descritos na literatura propõem a utilização de desenhos que representem microscopicamente um dado sistema sob investigação como um método alternativo para a superação das dificuldades impostas pelo raciocínio abstrato e como tentativa de conhecimento dos modelos mentais elaborados pelos estudantes ^{5,6,7,8,9}. Para Nakhleh ⁷, os estudantes capazes de interpretar e propor representações microscópicas para os fenômenos químicos estão mais interessados no “porquê” do que no “como” da ciência, característica que os diferencia dos indivíduos que meramente resolvem os problemas propostos de forma mecânica e acrítica.

Morris e Rouse ¹⁰, considerando o grande potencial e complexidade do raciocínio humano, defendem que é possível que nosso sistema de processamento de informações esteja adaptado ao processamento espacial desses dados, o que levaria ao armazenamento das informações também dessa maneira. Parece aceitável, então, supor que os modelos mentais são mais frequentemente pictóricos e ilustrativos do que simbólicos.

Com base no exposto, o presente trabalho discute os resultados de uma atividade na qual 18 estudantes do terceiro ano do ensino médio elaboraram desenhos representando microscopicamente sistemas constituídos por substâncias iônicas e covalentes em diferentes estados físicos.

A escolha do tema deu-se em função do momento do ano letivo em que a atividade foi desenvolvida e da indiscutível importância do estudo das ligações químicas enquanto pré-requisito para a compreensão de diversos temas relevantes em química.

O desenvolvimento da atividade deu-se com base nos pressupostos construtivistas¹¹ de que:

- o conhecimento não é transmitido, mas ocorre a partir da participação efetiva do aprendiz;
- as idéias prévias que o aprendiz traz consigo influenciam o processo de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, os objetivos do trabalho foram:

- conhecer os modelos mentais apresentados pelos estudantes acerca do tópico "ligações químicas", bem como as possíveis concepções alternativas existentes;
- avaliar a utilização dos modelos elaborados pelos estudantes como integrantes de uma estratégia para promoção de uma aprendizagem mais significativa.
- promover uma discussão acerca do caráter e importância dos modelos na construção do conhecimento científico.

Metodologia

Conforme descrito anteriormente, propôs-se a estudantes do terceiro ano do ensino médio de uma escola particular uma atividade na qual esses representassem sistemas constituídos por substâncias iônicas e covalentes em diferentes estados físicos através de desenhos. Os desenhos elaborados foram entregues ao professor ao final de uma aula introdutória ao estudo das ligações químicas. É importante destacar que a aula na qual foi desenvolvida a atividade era uma aula complementar, ou seja, os estudantes já tinham tido a oportunidade de familiarizar-se com o conceito de ligações químicas.

Em aula posterior, nova atividade foi proposta aos alunos. Nesse novo encontro os modelos elaborados na atividade anterior foram compilados e apresentados aos estudantes juntamente com dados experimentais referentes à condutividade elétrica, pontos de fusão e de ebulição das substâncias trabalhadas. Solicitou-se, então, que os estudantes iniciassem uma discussão, mediada pelo professor, com o objetivo de selecionar os modelos que melhor explicassem as observações e dados apresentados.

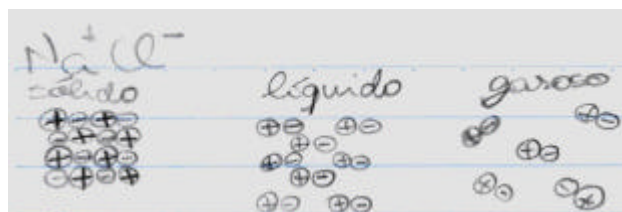
Resultados e Discussão

As concepções dos estudantes e seus modelos para as ligações químicas

Serão apresentadas nesse trabalho apenas as representações mais significativas obtidas com as atividades propostas.

As concepções apresentadas por estudantes de diferentes níveis de ensino acerca do fenômeno de formação das ligações químicas, bem como das características dos compostos chamados iônicos, covalentes e metálicos, estão apresentadas e discutidas em diferentes trabalhos de pesquisa preocupados com o ensino de conceitos químicos^{12, 13, 14}. Algumas das concepções alternativas mencionadas nesses artigos foram também observadas durante a realização das atividades que deram origem a esse trabalho, como a confusão entre o significado das ligações iônica e covalente, explicitada principalmente na interpretação dos pares iônicos como moléculas¹⁴. Seguem abaixo duas das representações que evidenciam a existência dessa concepção:

Estudante 5:

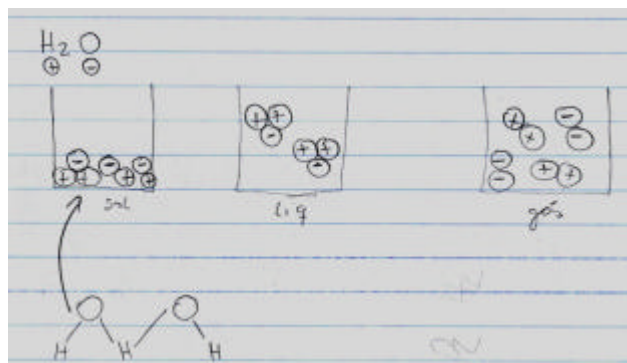


Estudante 12:



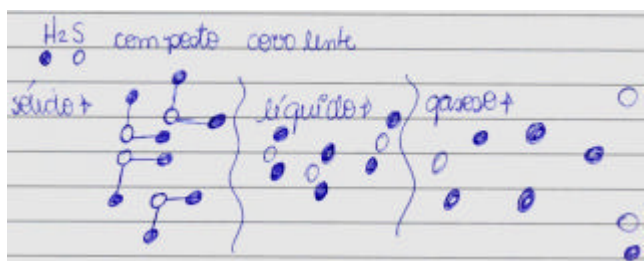
É importante destacar que a inclusão da representação de substâncias iônicas no estado gasoso, apesar de a discussão acerca da vaporização de líquidos iônicos ser bastante recente, teve o papel de reforçar a idéia da constante construção e reconstrução do conhecimento científico. O intuito, então, foi o de desenvolver a capacidade de previsão dos estudantes a partir de modelos previamente estabelecidos.

O contrário, ou seja, a representação dos compostos covalentes como substâncias constituídas por íons também foi observado. O exemplo abaixo ilustra a ocorrência dessa concepção e revela, ainda, confusões acerca dos processos de interação eletrostática e de estabelecimento de ligações intermoleculares.

Estudante 7:

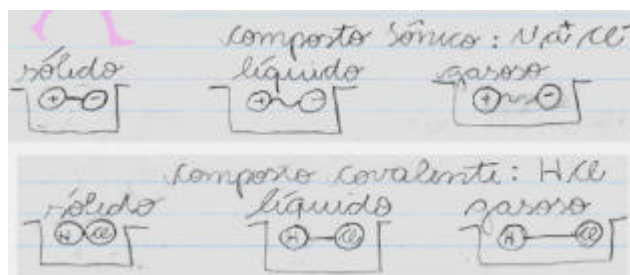
Uma possível justificativa para a existência dessa concepção é o mau entendimento do conceito de polaridade, provavelmente num momento anterior de sua formação escolar, ou à própria “supervalorização” da ligação iônica discutida por Riboldi e colaboradores¹⁶. Um outro ponto importante a ser destacado na representação acima é a compreensão do estudante acerca dos processos de interação intermolecular, especialmente das “ligações de hidrogênio”. No destaque dado pelo estudante, o átomo de hidrogênio aparece como responsável pela ligação entre duas moléculas de água. Acreditamos que essa concepção pode estar relacionada com a própria denominação da referida força intermolecular, muitas vezes chamada “ponte de hidrogênio”. Assim, a idéia de “ponte” estaria muito mais vinculada à idéia vivenciada no universo macroscópico, ou seja, à uma união firme entre dois pontos. Esse fato corrobora com a substituição do termo “ponte” por “ligação de hidrogênio”.

Ainda em relação à representação dos compostos covalentes, alguns estudantes propuseram que a passagem de um estado físico a outro implica o rompimento das ligações químicas intramoleculares. Essa interpretação evidencia a não compreensão dos termos substância química e transformação física, bem como a não consideração (ou confusão) da existência de interações intermoleculares. A existência dessa concepção também foi relatada por De Posada¹³, em trabalho publicado em 1999.

Estudante 17:

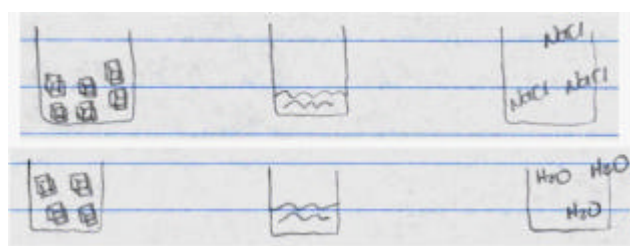
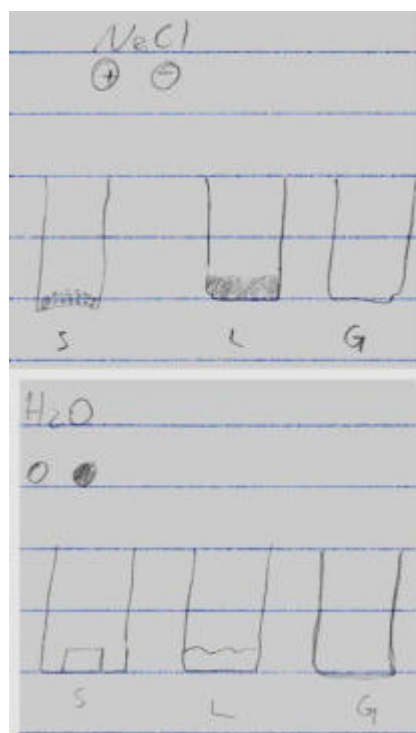
Apesar de não ter sido uma concepção encontrada na literatura, também foi evidenciado o entendimento da ligação química como algo que

possui propriedades “elásticas”, conforme observado na seguinte representação:

Estudante 1:

Na representação acima o estudante entende a mudança de estado físico como um simples distanciamento entre os átomos, sem que haja rompimento da ligação existente entre eles, a qual seria “esticada”.

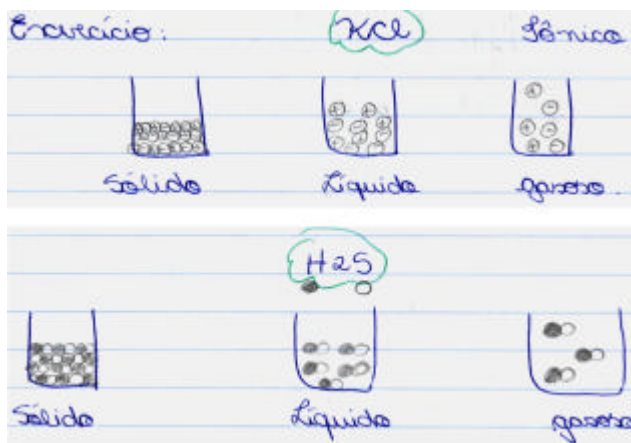
Outra observação importante tem relação com a dificuldade que alguns estudantes apresentaram em propor uma representação microscópica, ou seja, em trabalhar mentalmente no universo das partículas como íons e moléculas.

Estudante 4:Estudante 6:

É possível que essa dificuldade esteja relacionada, principalmente, com a maneira de apresentação desses conteúdos pelos livros didáticos, cujos autores dificilmente preocupam-se com a discussão dos fenômenos em nível microscópico, e até mesmo com a postura adotada pelo próprio docente frente ao raciocínio teórico. Pode-se supor, ainda, o distanciamento, por parte dos estudantes, de um amadurecimento cognitivo com relação ao pensamento abstrato.

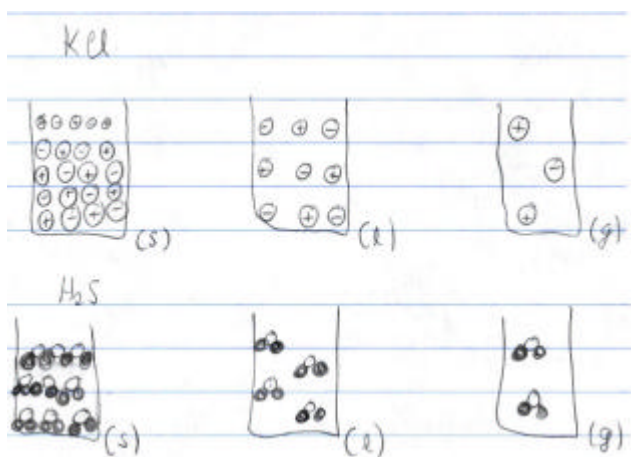
Apenas três estudantes forneceram representações apontando em uma direção mais próxima do modelo atualmente aceito para as duas substâncias, ainda que sem uma aparente representação clara para ligações intermoleculares., fato que pode ser atribuído tanto a uma dificuldade de representação quanto a uma limitação conceitual.

Estudante 16:



O estudante acima, apesar de não ter representado a molécula de ácido sulfídrico adequadamente, apresentou a idéia de que os compostos covalentes possuem as moléculas enquanto unidade principal encontra-se preservada. Uma representação muito semelhante foi proposta pelo estudante 13.

Estudante 18:



Considerando os exemplos acima discutidos, poderíamos fazer algumas suposições gerais sobre as representações propostas. Os modelos elaborados pelos estudantes sugerem uma deficiência na compreensão de conceitos básicos fundamentais para o entendimento dos processos químicos e físicos e para a explicação, em nível microscópico, das modificações sofridas pela matéria. Dentre eles podemos citar os próprios conceitos de substância, íon e molécula, bem como o entendimento sobre o significado de uma transformação química e suas diferenças em relação a um fenômeno físico. Além disso, conceitos igualmente importantes como polaridade de moléculas e o seu significado na formação de compostos em diferentes estados físicos também se mostraram pouco claros para os estudantes.

A falta de conceitos básicos bem estabelecidos certamente é uma barreira para um nível de maior abstração onde é necessário que o estudante compare modelos similares e promova extrapolações de situações conhecidas, de modo a elaborar explicações para as mais diversas situações propostas dentro de um mesmo universo do conteúdo químico.

Também foi observada certa relutância, por parte dos alunos, em desenvolver a atividade, sob a justificativa de que "é muito difícil imaginar". Essa alegação evidencia a pouca intimidade e a falta de habilidade em trabalhar com o nível microscópico de entendimento da Química.

A segunda etapa da atividade foi utilizada, então, como momento de construção de uma nova forma de raciocínio e de incentivo ao pensamento teórico, desenvolvida a partir do conhecimento e idéias dos estudantes.

A discussão dos modelos em sala de aula: construindo o "pensar cientificamente"

Na semana seguinte os modelos propostos foram apresentados aos estudantes juntamente com os dados experimentais sobre a condutividade elétrica e pontos de fusão / ebulição das referidas substâncias em diferentes estados físicos. Fez-se necessária, na ocasião, a discussão acerca das montagens experimentais utilizadas para evidenciar a condução de corrente elétrica pelos materiais, bem como os conceitos envolvidos nesse processo.

De posse das informações a cerca das propriedades dos materiais nos diferentes estados físicos iniciou-se a discussão, mediada pelo professor, sobre a adequação ou não dos modelos propostos para a explicação das características mencionadas. Nesse momento tomou lugar um importante processo metacognitivo, de reconhecimento da limitação ou inadequação dos modelos propostos, evidenciado pela substituição, por alguns estudantes, dos modelos por eles propostos pelos sugeridos pelos colegas e que pareciam melhor explicar a observação experimental. Falas como "Ah... Então o meu está errado!" ou "Então o meu não explica" foram

bastante comuns durante o desenvolvimento da atividade.

Esse auto-questionamento é essencial para a construção do aprendizado. De acordo com Ribeiro¹⁴, é no processo de auto-apreciação e auto-controle cognitivo que o indivíduo assume um papel ativo e construtivo no seu próprio conhecimento.

Acreditamos que um aspecto interessante depreendido da atividade, além de possibilitar o conhecimento das concepções dos estudantes acerca do conceito trabalhado, é a promoção do ato de “pensar cientificamente”. Assim, dentre vários modelos possíveis, os estudantes deveriam chegar a um consenso (modelo consensual), baseando-se nos dados experimentais, ou seja, deveriam construir o conhecimento teórico com base no conhecimento empírico, refutando os modelos inadequados e propondo explicações cada vez mais satisfatórias. E assim desenvolvem-se, de fato, as ciências: a teoria científica não deve ser reduzida ao simples resultado de uma atividade experimental, esquecendo o papel do homem como agente de interpretação e criação. A atividade permitiu, então, discutir o papel da ciência no estabelecimento da ligação entre o pensamento e a realidade sob questionamento, atribuindo concretismo tanto a um quanto a outro¹⁷.

Conclusões

O presente trabalho, além de proporcionar algumas contribuições ao conhecimento das concepções prévias e concepções alternativas acerca do tema “ligações químicas”, evidenciou a importante dificuldade que os estudantes apresentam em trabalhar mentalmente com partículas microscópicas. O fato se agrava quando é necessário que o estudante proponha explicações e faça previsões acerca de sistemas que sofreram pequenas modificações em arranjos de organização entre um estado inicial e outro final. O grande problema dessa deficiência materializa-se, conforme discutido na introdução, na capacidade de resolução de problemas sem que haja, necessariamente, um verdadeiro entendimento microscópico do fenômeno, necessário para o entendimento do conceito químico presente no processo.

A utilização dos modelos propostos pelos alunos apresentou, nesse sentido, algumas vantagens ao aprendizado como:

- promoção de um processo auto-reflexivo: os estudantes tiveram a oportunidade de questionar os próprios modelos e, através da discussão em grupo, propor explicações mais adequadas, o que supomos tenha proporcionado uma aprendizagem mais significativa;

- valorização do pensamento teórico como complementar ao conhecimento empírico: os estudantes passaram a compreender melhor a importância do raciocínio abstrato na elaboração

das teorias científicas, ou seja, a idéia da ciência enquanto atividade humana tornou-se mais próxima e inteligível;

- a discussão permitiu que o aluno vivenciasse como um modelo pode ser trabalhado pela ciência para explicar fenômenos e que o melhor modelo é aquele que pode ser utilizado como uma forma de explicação e previsão dos mecanismos que regem as modificações químicas ou físicas da matéria;

- a atividade ofereceu espaço para a introdução de novos conceitos e idéias a partir do interesse e necessidade dos estudantes como solubilidade em água, condução de corrente elétrica em soluções, entre outros.

No decorrer da atividade, para se alcançar o objetivo prévio estabelecido de discutir e conceituar ligações químicas, foi fundamental o papel do professor enquanto mediador do processo de construção do conhecimento e de desenvolvimento do “pensar quimicamente”, orientando seus estudantes no sentido de um pensamento teórico-abstrato complementar ao conhecimento empírico-concreto, mais atrelado aos sentidos, e por esse motivo de menor complexidade intelectual. De acordo com Echeverría¹⁸:

“O pensamento empírico origina-se e pode se desenvolver fora da Escola, pois suas fontes estão vinculadas à vida cotidiana das pessoas. Promover na Escola o pensamento empírico leva a que o ensino escolar contribua muito pouco para o desenvolvimento das capacidades intelectuais dos alunos”.(Echeverría, 1993, p. 13)¹⁸

Por fim, citamos Karel Kosik¹⁸ e sua obra “Dialética do concreto”, onde o autor discute com muita propriedade a importância da mediação do professor de ciências no direcionamento de seus alunos à conquista da capacidade de abstração:

“A realidade não se apresenta aos homens, à primeira vista, sob o aspecto de algo que cumpre intuir, analisar e compreender teoricamente (...) apresenta-se como o campo em que se exercita a sua atividade prático-sensível, sobre cujo fundamento surgirá a imediata intuição prática da realidade (...) Por isso, a praxis utilitária imediata e o senso comum a ela correspondente colocam o homem em condições de orientar-se no mundo, de familiarizar-se com as coisas e manejá-las, mas não proporcionam a compreensão das coisas e da realidade” (Kosik, 1976, p. 10)¹⁹

Agradecimentos

Aos estudantes que colaboraram participando da pesquisa e a CNPq pela bolsa concedida para o desenvolvimento do trabalho.

¹ Halloun, I. A.; Hestenes, D. *Am. J. Phys.*, 53, 11, 1985.

² Gilbert e Boulter, 1995 In: Justi, R.; Gilbert, J.K. *Science and Education*, 1999, .8, 287-307.

³ Driver, R. et al. *Química nova na Escola*. 1999, 9, 31 – 40.

⁴ Harrison, A.G.; Treagust, D.F. 1996, *Science Education*, 80, 509-534.

⁵ Sanger, M.J.J. *J. Chem. Ed.* 2000, 77, 6, 762 - 767.

⁶ Angelini, M.C. et al. *Ed. Quím.* 2001, 149 - 157.

⁷ Nakhleh, M.B. *J. Chem. Ed.* 1993, 70, 1, 52 - 55.

⁸ Harrison, A.G.; Treagust, D.F. *Science. Eucation.*, 2000, 84, 352-381.

⁹ Hill, D. *Res. Sci. Ed.* 1988, 18, 290-297.

¹⁰ Morris, N.M.; Rouse, W.B. *Psychological Bulletin*, 1986, 3, 349-363.

¹¹ Mortimer, E. F. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

¹² Özmen, H. *J. Sci. Ed. Tech.* 2004, 13, 2, 147-159.

¹³ De Posada, J.M. *Enseñanza de las Ciencias* 1999, 17, 2 227-245.

¹⁴ Birk, J.P.; Kurtz, M.J. *J. Chem. Ed.* 1999, 76, 1, 124 – 127.

¹⁵ Ribeiro, C. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 2003, 16, 1, 109-116.

¹⁶ Riboldi, L.; Óscar, P.; Héctor, O. *Enseñanza de las Ciencias*, 2004, 22, 2, 195-212.

¹⁷ Pereira, O. *O que é teoria*. 1.ed. São Paulo: Brasiliense, 1982.

¹⁸ Echeverría, A.R. *Dimensão empírico - teórica no processo de ensino – aprendizagem do conceito de soluções no ensino médio*. 1993. 185 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1993.

¹⁹ Kosik, K. *Dialética do concreto*. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.