



Construindo a argumentação de alunos da Educação Básica a partir do ensino por investigação: O modelo atômico de Bohr

K. A. Locatelli, C. H. Zuluaga, S. R. Q. A. Zuliani
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

ARTICLE INFO

Recebido: XX Mes 2013

Aceito: XX Mes 2013

Palavras chave:

Ensino por investigação.
Modelos atômicos.
Dificuldades de aprendizagem.

E-mail:

kalocatelli@fc.unesp.br
carhuzt@gmail.com
silviazuliani@fc.unesp.br

ISSN 2007-9842

© 2015 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

Learning of chemistry in relation to the concept of Atom and Atomic Models, a major difficulty is the students relate them to the macroscopic behavior of the phenomena. Students consider these models as being idealized, with independent existence and not applicable to aspects of reality. Thus, we seek a proposal for teaching and learning in order to overcome difficulties and make possible the recognition of the applicability of the concepts to diverse phenomena. To this end, it proposes an instructional sequence based on Education by Research, based on the phenomenon of the "flame test" to observe and analyze how students argue. This is on the assumption that the argument is favored in investigative practices, because it allows the construction of new concepts and causal explanations, the interconnection to existing concepts and the development of intellectual autonomy. With the analysis of the arguments produced realizes how students relate Science to everyday life, which makes their use essential to evaluate learning and teaching proposal. This paper, we explore through argumentation generated during the learning activity in the construction of concepts related to Atomic Models - one in particular, the Atomic Model Bohr - how students associate macroscopic phenomena to the concepts studied. The analysis of arguments identified students' difficulties in the construction of atomic models when taught in a linear historical approach traditionally used in textbooks. However, when working from visible phenomena oriented structuring of atomic models considering various chemical elements, students can associate different model features newly structured the phenomenon in question. Few works in the area address the problem of the use of atomic models in the interpretation of chemical phenomena from the perspective of investigative learning. By using the argument of the students as a reference for the analyzes, it is clear that the proposal of instruction favors the construction of more elaborate arguments and that students associate the concepts to various phenomena which they can be explained. This result validates the didactic point of view of learning and student interest and makes it an interesting tool in the teaching process.

Na aprendizagem da Química em relação ao conceito de Átomo e Modelos Atômicos, uma grande dificuldade dos alunos é relaciona-los ao comportamento macroscópico dos fenômenos. Os alunos consideram esses modelos como algo idealizado, com existência independente e não aplicáveis a aspectos da realidade. Desta maneira, buscamos uma proposta de ensino-aprendizagem visando superar dificuldades e tornar possível o reconhecimento da aplicabilidade dos conceitos a fenômenos diversos. Para tanto, propõe-se uma sequência didática com base no Ensino por Investigação, partindo do fenômeno do "teste de chama" para observar e analisar como os alunos argumentam. Parte-se do pressuposto que a argumentação é favorecida nas práticas investigativas, pois permite a construção de novos conceitos e de explicações causais, a interligação a conceitos existentes e o desenvolvimento da autonomia intelectual. Com a análise dos argumentos produzidos percebe-se como os estudantes relacionam a Ciência ao cotidiano o que torna seu uso fundamental para avaliar a aprendizagem e a proposta de ensino. Neste trabalho, analisamos através da argumentação gerada durante a atividade de ensino na construção dos conceitos ligados aos Modelos Atômicos – um em específico, o Modelo Atômico de Bohr – como os alunos associam fenômenos macroscópicos aos conceitos estudados. A análise dos argumentos permitiu identificar dificuldades dos alunos na construção dos

modelos atômicos quando ensinados em uma abordagem histórica linear e tradicionalmente utilizada nos livros didáticos. No entanto, ao se trabalhar a partir de fenômenos visíveis orientados para a estruturação dos modelos atômicos considerando diversos elementos químicos, os alunos conseguem associar diferentes características do modelo recém-estruturado ao fenômeno em questão. Poucos trabalhos na área abordam o problema da utilização dos modelos atômicos na interpretação dos fenômenos químicos numa perspectiva de ensino investigativa. Ao utilizar a argumentação dos alunos como referência para as análises realizadas, percebe-se que a proposta de ensino utilizada favorece a construção de argumentos mais elaborados e que os estudantes associam os conceitos a diversos fenômenos onde os mesmos podem ser explicados. Isto valida a sequência didática do ponto de vista da aprendizagem e interesse dos alunos e torna-a um interessante instrumento no processo de ensino.

I. INTRODUÇÃO

As dificuldades na aprendizagem dos modelos atômicos têm diversas causas. Entre elas destacamos a concepção dos modelos. Usualmente os alunos consideram que os modelos são representações exatas da realidade, e não reconhecem a função interpretativa, explicativa e preditiva dos modelos em relação com os fenômenos (Gilbert, 1998). Assim os alunos acreditam que os modelos atômicos apresentados em sala de aula são descobertos e não construções elaboradas para explicar fenômenos químicos e físicos estudados.

Modelos são construções imaginárias ou representações de objetos ou processos, que a comunidade científica constrói e utiliza para explicar algum aspecto da realidade, fazer um estudo do seu funcionamento e representar comportamentos em determinadas condições facilitando sua compreensão e visualização (Bunge, 1976). O modelo é sempre uma aproximação ao que se pretende modelar, mas nunca é completo ou acabado. Este caráter também permite que o modelo seja constantemente reavaliado em sua capacidade de interpretação e, portanto, evoluem em função de sua capacidade interpretativa e preditiva. No processo de elaboração do conhecimento científico o papel dos modelos é fundamental, já que os modelos permitem além estudar, descrever e explicar diversas ideias científicas (Castro, 1992).

Na Química, os modelos atômicos têm o objetivo de representar e descrever a natureza interna da matéria, e a partir da mesma interpretar os diferentes fenômenos químicos. A compreensão da Química precisa que o estudante transite entre a interpretação dos fenômenos no nível macroscópico e sua interpretação no nível sub-microscópico (Johnstone, 1982). Esta característica é identificada pela pesquisa como a maior dificuldade na compressão dos fenômenos e conceitos da Química (Gabel, 1998; Furió, 2000).

Contudo a pesquisa em Ensino de Ciências revela que a compreensão da natureza corpuscular da matéria e dos modelos atômicos é deficiente em estudantes do nível médio, universitários e inclusive professores (Harrison & Treagust, 2002). Ligada a esta situação se encontra uma prática de ensino que não oferece elementos para que o estudante reconheça a natureza dos modelos atômicos e que permitam estabelecer relações entre os modelos estudados e os fenômenos. No processo de ensino, tradicionalmente, privilegia-se a transmissão dos modelos científicos sobre sua construção. Estes são apresentados já construídos sem a possibilidade de o estudante estabelecer relações entre o fenômeno e os modelos.

Nos livros didáticos podemos observar que os modelos atômicos são ensinados em uma linha de evolução histórica que começa com o modelo utilizado na teoria atômica de Dalton chegando até os modelos atômicos de Thompson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld e Schroedinger, passando de um modelo ao outro, de maneira linear, sem que se esclareça a razão das mudanças no modelo, ou seja, sem considerar as perguntas e respostas que oferecia cada modelo, em função da explicação e relação com determinados fenômenos e teorias. Ao final, o estudante acredita que um modelo substituiu ao outro, mas desconhece o valor de cada modelo. Portanto, na abordagem histórica dos modelos atômicos proposto pelos livros didáticos o aluno não percebe o modelo como uma construção provisória. Não percebe também que não existe um modelo correto, mas sim leituras diferentes dos fenômenos macroscópicos que revelam o caráter dinâmico da Química (Melo & Lima Neto, 2012).

Contudo, neste trabalho pretende-se resgatar o aporte que pode oferecer o conhecimento histórico dos modelos atômicos, no reconhecimento dos problemas que permitiram a sua construção. Conforme indicado anteriormente, não se considera um problema a apresentação da história dos modelos atômicos pelos livros didáticos, mas sim, a forma em que esta é utilizada. Esta é apresentada como uma narrativa linear de fatos, onde um modelo é substituído por outro, sem relação com as questões consideradas na sua construção. Desconsideram-se também os problemas, fenômenos e fatos que o envolvem e aos quais não ofereceu respostas satisfatórias, mas que possibilitaram a construção de outros modelos.

Cabe destacar, que os conhecimentos históricos nos permitiram identificar estes fatos e fenômenos, cujas análises podem representar o ponto de partida para a construção do modelo e a identificação dos problemas que necessitam ser superados nesta construção.

Diante do exposto, consideramos ser necessário à elaboração de propostas de ensino que permitam relacionar os modelos atômicos com os fenômenos, e que ao mesmo tempo identifiquem o caráter dinâmico e construtivo destes modelos. Nesse sentido, nesta pesquisa, se faz a opção por uma abordagem de Ensino por Investigação, que permita associar a construção do conhecimento científico ao tratamento de situações problemáticas de interesse para o estudante.

Possibilita também planejar uma série de atividades orientadas na solução do problema, que incluem principalmente a elaboração de hipóteses e de estratégias, o que é fundamental neste processo. A comunicação e argumentação que os estudantes fazem de suas ideias, ao serem incentivados a elaborar hipóteses e, principalmente, a expô-las se tornarão espaços para discussões. Nesta proposta o desenvolvimento da argumentação surge como parte integrante e indissociável do processo de Ensino por Investigação.

Pretendemos com esta pesquisa verificar se a qualidade dos argumentos construídos pelos alunos permite-lhes estabelecer relações entre os modelos atômicos e os fenômenos químicos apresentados a partir de uma abordagem de ensino por investigação.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A complexidade do mundo contemporâneo produz a necessidade de formar cidadãos que possuam a capacidade de compreender os fenômenos que o cercam e interferir de forma crítica e contextualizada na tomada de decisões cotidianas.

Essas devem ser estabelecidas tomando como ponto de partida para um ensino que privilegie as interações sociais que podem ser vivenciadas na escola, através de recursos e estratégias que necessitem de uma participação ativa do aluno, tomado como principal responsável pela construção do seu conhecimento e da sua formação como cidadão (Amaral; Xavier & Maciel, 2009). A Ciência pode ser utilizada como uma forma de compreender de modo mais amplo o mundo natural e tecnológico, ao mesmo tempo em que se forma para a cidadania (Paixão & Cachapuz, 2003).

A proposta de Ensino por Investigação no Ensino de Ciências, alvo de diversos estudos é ainda pouco utilizada. Pesquisadores como Cañal (2007), Gil Pérez (1996), Zuliani (2006), Munford & Lima (2007), Bianchini (2011) e Zompero & Laburú (2011) têm colocado em evidência a quão necessária é a mudança nas metodologias utilizadas pelos professores em suas aulas, para que novas alternativas como a experimentação, se constituam em alicerce para a construção do conhecimento, priorizando a argumentação do aluno, através de métodos mais criativos.

De acordo com Munford & Lima (2007), o Ensino por Investigação remete ao uso de propostas alternativas, diferentes das comumente utilizadas nas salas de aula, onde o professor assume uma postura clássica de “anotações no quadro” e os alunos de meros espectadores de uma aula carregada de conceitos e fórmulas. Para Ballenilla (1999), fundamentado em diversas pesquisas sobre o papel da investigação em sala de aula, se impõe ao professor maior responsabilidade, caracterizando-o como o “orientador do processo”.

Cañal (2007), afirma que a utilização da investigação é uma opção solidamente fundamentada, a partir dos conhecimentos de múltiplas propostas em diversas áreas e experiências de inovações curriculares. No entanto, não

devemos caracterizá-la como um método mais ou menos eficiente. A proposta deve ser considerada “como uma formação e construção de habilidades e atitudes, ou seja, uma ferramenta para o desenvolvimento intelectual do indivíduo” (Zuliani, 2006, p. 42).

Para Bianchini (2011, p. 16), a proposta de Ensino por Investigação “pode ser utilizada como um processo orientado que conduz o aprendiz a situações capazes de despertar a necessidade do saber e o prazer pela descoberta do conhecimento”. Segundo Zômpero e Laburú (2011, p. 68), esta perspectiva “possibilita o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico”. A investigação é defendida por Ballenilla (1999) como um princípio articulador dos demais princípios que irão estruturar o processo de ensino-aprendizagem. Para ele “é a investigação de problemas relevantes que estrutura a atividade dos alunos, é clara a importância deste princípio, daí a proposta de utilizar como referência um modelo didático investigativo” (Ballenilla, 1999, p. 66, tradução nossa).

Este modelo didático se constitui em uma alternativa para formular o conhecimento reduzindo a necessidade de se utilizar modelos tradicionais de ensino, que colocam o professor como um “transmissor” de conhecimento. Pretende-se fomentar maior problematização e o diálogo que envolva teorias e evidências, dando aos alunos a oportunidade de maior participação. Neste sentido, se passa a estimular a argumentação tanto do professor e do aluno, reduzindo a estruturação de representações inadequadas durante a construção do conhecimento (Munford & Lima, 2007).

Para Jiménez-Aleixandre (1998), a argumentação é favorecida nas práticas investigativas, uma vez que propõe situações em que os alunos devem resolver problemas. Autores como Driver, Duschl e Jimenez-Alexandre apontam inúmeros pontos favoráveis ao uso da argumentação. Dentre eles podemos citar a formação de cidadãos mais preparados para enfrentar problemas de maneira crítica, a humanização da Ciência e o desenvolvimento de responsabilidade, juntamente com o trabalho em grupo.

Em outro texto, Jiménez-Aleixandre (2003) relaciona a argumentação com a capacidade de articulação entre dados e conclusões, além da relação entre teoria e prática. Cajén, Castiñeiras & Fernández (2002) elencam diversas habilidades que são desenvolvidas e ampliadas quando os alunos são colocados frente a uma situação de argumentação. Entre elas podemos citar a relação entre identificação de provas e dados, a diferenciação de fatos e explicações teóricas e/ou modelos teóricos e situações reais, a elaboração de explicações e conclusões, o desenvolvimento da razão, a análise crítica de um problema, a avaliação crítica ou modificação de hipóteses. Para Jiménez-Aleixandre (1998), a capacidade de argumentar está relacionada ao planejamento da sequência didática e ao se levar em conta que a situação de aprendizagem se torna o foco central na elaboração de hipóteses, explicações e, teorias para a solução de uma situação problema.

Para Capecchi e Carvalho (2000), a argumentação é uma atividade social, onde professores e alunos elaboram hipóteses que tentam justificar ou excluir explicações para determinados fenômenos da ciência. O uso da argumentação pelos alunos durante uma discussão indica o seu envolvimento com uma posição sobre determinado assunto, o que leva suas considerações ao campo da razão, referindo-se a um ponto de vista ou opinião em particular sobre um determinado tema.

Sobre as maneiras como os argumentos são construídos pelos alunos em sala de aula, Bianchini (2011, p. 37-38) acrescenta que,

Logo que eles começam a ponderar as várias considerações, temos uma antecipação de possíveis reações de um interlocutor, mesmo que estas reações sejam apenas de si mesmo. Assim, quando as pessoas colocam os seus argumentos, elas tentam encontrar as reações dos outros. Se, no momento da argumentação, o argumentador perceber expressões de reprova, ele pode tentar modificar seus argumentos para tentar convencer o outro.

A necessidade de argumentar surge quando existem opiniões divergentes sobre um assunto específico. No entanto, ter uma opinião sobre algo não é o suficiente para iniciar a argumentação. Para Bianchini (2011, p.38) “(...) argumentar só faz sentido se houver um ouvinte ou leitor que entretém dúvida sobre uma opinião ou um parecer divergente (...), começa a partir da presunção, com ou sem razão, de que o ponto de vista do argumentador não é imediato, mas é controverso”. Essa controvérsia acarreta em um avanço do ponto de vista dos alunos, e

consequentemente da comunicação, uma vez que só se pode aceitar ou rejeitar argumentos quando se apresenta hipóteses mais plausíveis que levem a uma conclusão.

Muitas formas de adaptar a argumentação no ensino têm sido sugeridas ao longo dos anos, em especial, no Ensino de Ciências. Desde os primórdios, as discussões entre cientistas pretendem provar ou refutar teorias por meio da argumentação, sendo assim, esses argumentos, sejam eles prós ou contras, servem para justificar teorias. A evolução da Ciência torna-se mais evidente quando se utiliza a argumentação em sala de aula, pois favorece a compreensão dos aspectos dinâmicos da evolução dos conceitos científicos, além de auxiliar na aprendizagem de conteúdos e também na formação pessoal desses alunos (Bianchini, 2011).

Jimenez-Aleixandre (2006), afirma que a utilização da argumentação como ferramenta na aprendizagem de Ciências torna-se um grande aliado na construção do conhecimento científico e compreensão do mundo natural, desempenhando um papel que visa a elaboração de explicações, modelos e teorias, assim como fizeram os cientistas no passado para justificar uma evidência. Porém, deve-se levar em conta a linguagem utilizada na sala de aula, elaborando, assim, atividades que promovam o desenvolvimento da linguagem científica. Necessitamos de componentes que auxiliem na alfabetização científica, ou seja, é de fundamental importância a promoção de diálogos em sala de aula que propiciem aos alunos formas de aprender a linguagem científica, o que é compartilhado por Lemke (1990).

A argumentação fomentada em sala de aula apoia o desenvolvimento de processos cognitivos, pois através do raciocínio este “torna-se público e espera-se que os estudantes explicitem suas afirmações com evidências e avaliem as opções ou explicações alternativas (Bianchini 2011, p. 46)”.

Driver; Newton & Osborne (2000) evidenciam a importância de mudanças na prática de ensino, a fim de permitir o desenvolvimento da capacidade argumentativa dos alunos. Para estes autores, a principal barreira para o desenvolvimento dessas habilidades consiste na pouca atenção dada pelos professores à argumentação nas salas de aula.

Portanto, novas formas de ensino deverão ser encontradas para o desenvolvimento das aulas, incentivando a participação e elaboração dos pensamentos dos alunos na resolução de problemas apresentados durante a aula. No entanto, torna-se crucial a ampliação do conhecimento dos professores, bem como de suas competências argumentativas e de gestão da participação dos alunos no decorrer das discussões (Bianchini, 2011).

Osborne & Simon (2004) elaboraram 5 (cinco) níveis de argumentos, utilizando como referencia o modelo de Toulmin. Os níveis têm por base as características dos argumentos elaborados pelos sujeitos em contextos científicos e sócio-científicos. Os argumentos classificam-se a partir da utilização de dados, reivindicações, justificação, suporte e qualificadores para apoiar os argumentos pressupondo um envolvimento para produzir afirmações, elaboração de explicações, produzindo reforço à própria explicação ou se opondo aos argumentos de outras pessoas. De que maneira um argumento é melhor que outro? Nesta linha de raciocínio Osborne *et al.* (2004) desenvolveram uma estrutura para a análise da qualidade do argumento traçando duas grandes distinções.

A primeira premissa é que para um argumento apresentar razões e fundamentos (dados), justificação, ou apoio para fundamentar a afirmação, ultrapassando senso comum e desenvolvendo o pensamento racional, é necessário que o sujeito tenha desenvolvido a capacidade de justificar e defender suas crenças. O argumento mais simples é o constituído por uma afirmação. São importantes porque são os primeiros passos para iniciar a diferenciação entre argumentos. A oposição é uma reafirmação, que essencialmente é uma interação discursiva incapaz de resolver o problema, pois não permite a criação de argumentos de maior qualidade.

No segundo nível, os argumentos apresentam motivos que contêm dados ou justificativas, seguidas de argumentos consistindo de reivindicações, justificativas e refutações.

Na opinião de Osborne *et al.* (2004), argumentos com refutações são de melhor qualidade, pois episódios de oposição, sem refutação têm o potencial de continuar sem mudança real. Além disso, a capacidade de usar réplicas consiste numa habilidade mais complexa, pois o indivíduo deve integrar duas teorias: a original e a alternativa. No Tabela I apresentam-se os cinco níveis propostos por Osborne *et al.* (2004) e adaptados para a análise aqui proposta.

TABELA I. Classificação e característica dos argumentos de acordo com os níveis de argumentação segundo Osborne *et al.* (2004).

| | |
|---------|--|
| Nível 1 | Consiste em argumentos que são simples afirmações ou uma afirmação contra outra afirmação |
| Nível 2 | Reivindicações com qualquer um dos dados, justificativas ou suporte, sem qualquer refutação |
| Nível 3 | Série de afirmações ou reafirmações com os dados ou justificativas ou suporte com refutações ocasionais |
| Nível 4 | Argumentos com uma reivindicação, uma refutação claramente identificável. Pode ter várias alegações e contra-alegações |
| Nível 5 | Argumento estendido com mais de uma contraprova. |

Fonte: Osborne *et al.* (2004), tradução nossa.

Com base nestas premissas buscaremos analisar, a partir da inserção de uma atividade investigativa em uma aula de Química tradicional, realizada com alunos do primeiro ano do Ensino Médio, a qualidade dos argumentos desenvolvidos na construção de um texto síntese sobre os Modelos Atômicos. Com base nesta análise pretende-se verificar se os alunos conseguem estabelecer relações entre os modelos explicativos formulados e os fenômenos explicados por eles.

III. METODOLOGIA

III.1 Caracterização da pesquisa e dos sujeitos

Esta pesquisa se define como pesquisa qualitativa, importante no campo de Ensino de Ciências nas duas últimas décadas, por superar a tradição experimentalista de tipo quantitativo herdada do positivismo (Gutierrez, 2000). Caracteriza-se uma pesquisa qualitativa na perspectiva de Bogdan e Biklen (1991) que afirmam que:

[...] a expressão pesquisa qualitativa agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características. Os dados são ricos em pormenores descritivos, relativo a pessoas, locais e conversas e de complexo tratamento estatístico. As questões a pesquisar não se estabelecem mediante operação de variáveis, sendo, outrossim, formuladas com o objetivo de pesquisar os fenômenos em toda sua complexidade e em contexto natural. Ainda que se possam selecionar questões específicas na medida que reolem os dados, não se faz com o objetivo de testar hipóteses prévias ou responder questões. Privilegiam essencialmente, a compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos de investigação, as causas exteriores são consideradas de importância secundária. Recolhem os dados em função de um contato aprofundado com os indivíduos, nos seus contextos ecológicos Naturais (Bogdan & Biklen, 1994, p. 16).

Considera-se a presente pesquisa como qualitativa, pois nela se pretende descrever a situação, comportamentos, reação dos sujeitos de pesquisa (alunos) em seu próprio contexto, através de uma intervenção participante, caracterizada pelo planejamento e aplicação de uma proposta de ensino por investigação para observar os processos argumentativos que os estudantes desenvolvem ao estudar o modelo atômico de Bohr e sua relação com os fenômenos químicos.

Dentre as duas grandes correntes nos enfoques da pesquisa qualitativa: a pesquisa interpretativa e a pesquisa ação.

Optou-se pela pesquisa interpretativa que se preocupa principalmente em compreender e descrever os processos e situações educativas que ocorrem em contexto (Gutierrez, 2000). Trata-se, portanto, de uma pesquisa interpretativa de tipo participativo, onde se procura uma interação entre o pesquisador e o grupo em estudo em relação à intervenção

que se faz. A finalidade deste tipo de pesquisa não é a predição nem o controle, mas sim a compreensão dos fenômenos e a formação das pessoas que nela participam, para que seu agir seja mais refletivo, integral e eficiente.

Os Sujeitos desta pesquisa constituem-se num grupo de 23 alunos de uma turma da primeira série do Ensino Médio (média de idade entre 15 a 17 anos), do período noturno, de uma Escola Pública da cidade de Bauru, interior do Estado de São Paulo. A Unidade Escolar escolhida para a aplicação da sequência elaborada apresenta um alto índice de evasão escolar. Está situada em um bairro habitado em sua maioria por indivíduos de classe social de baixa renda e os alunos matriculados não apresentam idade acima do esperado para o nível escolar. Dois motivos podem ser os responsáveis pela evasão: a necessidade de trabalho como fonte de renda no período integral e a falta de motivação/interesse nos estudos.

O contato com os alunos foi relativamente curto, durando apenas o tempo de realização da sequência didática elaborada, ou seja, aproximadamente 180 minutos. Não houve contato prévio entre os pesquisadores e os alunos da Unidade Escolar. O contato se deu apenas com a direção da escola que organizou uma “Feira de Ciências” na unidade e solicitou auxílio com atividades que pudessem motivar esses alunos para a diminuição do índice de evasão.

III. 2 Descrição da sequência didática (minicurso)

O tema Modelos Atômicos foi trabalhado através da proposta investigativa por um grupo de quatro alunos que cursavam o quinto ano do curso de Licenciatura em Química em uma Universidade Estadual na cidade de Bauru e desenvolvida na disciplina Estágio Supervisionado em Ensino de Química. Foi realizado a partir de uma experiência qualitativa presente rotineiramente nos laboratórios de Química, o “teste de chama”. O único requisito necessário para escolha do tema era que o conteúdo a ser aplicado estivesse contido no Currículo de Química do Estado de São Paulo ao nível escolar escolhido.

A sequência didática havia sido elaborada na disciplina de Estágio Supervisionado em Ensino de Química I por um grupo de três estudantes que levavam em conta exclusivamente o uso de uma metodologia tradicional e a utilização de uma “experiência” para comprovar a teoria. Dessa maneira, não havia espaço para o diálogo entre os alunos e o grupo de licenciandos que organizaram e aplicaram o minicurso.

No semestre seguinte, durante a disciplina de Estágio Supervisionado no Ensino de Química II, houve uma alteração nos grupos de licenciandos responsáveis pela elaboração e aplicação dos minicursos e para a sequência em destaque, foi decidido que seria utilizado o mesmo material do minicurso elaborado no semestre anterior. No entanto, durante a análise das atividades desenvolvidas anteriormente, o docente responsável pela disciplina solicitou que fossem feitas alterações para que a sequência estivesse baseada em alguns fundamentos do Ensino por Investigação, utilizando o mínimo necessário, um aporte tradicional. As análises e sugestões de alterações para a sequência didática foram realizadas em dois encontros presenciais, num total de 8 horas, que ocorreram durante as aulas da disciplina, com a participação e contribuição do docente responsável e também dos demais alunos da turma. Entretanto, a tomada de decisões era de responsabilidade de cada grupo de licenciandos.

Com as sugestões recebidas, a primeira preocupação do grupo foi a elaboração de uma situação problema, onde os estudantes pudessem se interessar pelas supostas discussões fomentadas no decorrer do minicurso, propondo explicações para essa situação. Um dos integrantes do grupo sugeriu a utilização do mesmo experimento usado anteriormente para comprovar a teoria, mas, dessa vez, com um enfoque problematizador para explicar um fenômeno cotidiano, ou seja, as cores dos fogos de artifício. Todos os integrantes do grupo aderiram à ideia e a partir de então o experimento que utiliza diversas soluções com elementos químicos (cátions) distintos seria utilizado para observar as diferentes cores geradas no teste de chama proposto.

A preocupação surgida *a posteriori* voltou-se para o levantamento dos conhecimentos prévios necessários para que os alunos pudessem acompanhar e participar das discussões que seriam iniciadas. Como não havia contato prévio com a turma para a qual seria aplicado o minicurso, resolveu-se estruturar esses conhecimentos a partir do objetivo principal, ou seja, *auxiliar os alunos na compreensão do modelo de movimentação dos elétrons sugerida por Niels Bohr a partir do teste de chama e da evolução da história dos Modelos Atômicos*. Dessa maneira, o grupo de

licenciandos passou a admitir que os estudantes necessitavam de um conhecimento básico sobre a estrutura do átomo. Entretanto, a sequência programada anteriormente já contava com uma descrição da evolução histórica dos modelos e o pressuposto admitido, era de que isso poderia auxiliar a construção da teoria de estrutura atômica por si só.

Os licenciandos prepararam uma apresentação em *slides* utilizando, animações para facilitar a compreensão e “*visualização*” dos fenômenos apresentados, “acreditando” que isto auxiliaria os alunos na elaboração de hipóteses sobre a ligação entre o teste de chama e o Modelo Atômico de Bohr. Levando em conta a importância da elaboração de hipóteses pelos alunos, como ferramenta para o direcionamento da discussão, um integrante do grupo sugeriu a utilização de uma Tabela Periódica. Desta maneira os alunos poderiam analisar questões específicas relacionadas às propriedades de cada elemento químico utilizado durante o experimento e assim construir suas hipóteses com a inclusão de todos os dados e fenômenos apresentados.

III. 3 Caracterização do minicurso

A sequência didática elaborada teve duração de aproximadamente três horas-aula abordando o tema Modelos Atômicos e apresentou a seguinte estrutura de atividades:

1. Preparação de soluções alcoólicas dos elementos químicos cobre, cálcio, sódio, estrôncio, potássio, bário e lítio. E realização do teste de chama como uso de um maçarico portátil. Comparação das cores produzidas pelas soluções com o teste com água destilada.
2. Proposição de duas questões: “qual o motivo da mudança de coloração da chama do maçarico?” e “qual a explicação para cada solução apresentar uma cor diferente?”.
3. Apresentação de slides com a evolução do conceito de Modelos Atômicos aos alunos de maneira linear, com ênfase nos fatos históricos explicativos para a substituição de um modelo por outro.
4. Separação dos alunos em grupos de quatro a seis alunos, apresentação de uma Tabela Periódica solicitando aos alunos a observação das posições dos elementos químicos e suas propriedades específicas. Apresentação da questão: “como você imagina ser esse elemento químico com base em cada um dos Modelos Atômicos que estudamos?”. Discussão verbal das respostas apresentadas.
5. Nova realização do experimento proposto por dois alunos e registro das explicações por escrito.
6. Exposição das hipóteses para a sala e discussão de sua validade.

As discussões realizadas por alunos e professores, sobre as hipóteses elaboradas, tiveram por objetivo levantar as concepções desses alunos e confrontá-las com a teoria, auxiliando-os na busca por justificativas ligadas aos conceitos referentes ao tema. Posteriormente, utilizando os dados que os alunos tinham em mãos, os Modelos Atômicos foram sistematizados com a finalidade de promover a construção do Modelo Atômico de Bohr, buscando explicações para a situação problema.

Sintetizando, a proposta investigativa apresentou a seguinte estrutura:

- Apresentação de uma situação problema;
- Apresentação das questões;
- Introdução dos “materiais de apoio” para a elaboração das hipóteses;
- Elaboração das hipóteses;
- Apresentação das hipóteses;
- Discussão e validação das hipóteses;
- Busca por explicações;
- Discussão geral e sistematização do modelo.

III. 4 Coleta de dados

Para a coleta de dados utilizamos além da observação, um único instrumento: o registro elaborado pelos alunos sobre as ideias discutidas e a elaboração de hipóteses e de um texto síntese para posterior apresentação aos demais grupos.

Sustenta-se que ao ter a necessidade de registrar por escrito uma explicação, sua construção passa por um processo de reflexão onde o sujeito precisa estruturar suas ideias de forma coerente, para torná-las inteligíveis aos demais membros do grupo. Estes registros serão utilizados para a análise aqui proposta.

IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As análises dos resultados foi realizada sob duas perspectivas: avaliação da qualidade dos argumentos em relação à sua estrutura, para o qual se utiliza a proposta de Osborne *et al.* (2004), além da análise de como os argumentos elaborados pelos estudantes conseguem relacionar o fenômeno observado ao modelo atômico de Bohr, através do conhecimento cientificamente compartilhado. Ao final, se faz uso destas duas análises para verificar como os alunos conseguem estabelecer relações entre o modelo atômico de Bohr e o fenômeno explicado.

IV. 1. Análises da qualidade dos argumentos em função de sua estrutura

Tomando como ponto de partida a questão de Osborne *et al.* (2004) que orienta a busca para a definição de como um argumento pode ser classificado como “melhor” que outro, analisou-se a qualidade dos argumentos produzidos pelos alunos no documento descrito, com base na estrutura desenvolvida pelos autores e apresentada no referencial teórico.

Dessa maneira, argumentos mais simples constituídos apenas por uma afirmação também foram considerados, uma vez que são de fundamentais, pois se constituem no primeiro passo para se criar argumentos mais elaborados e completos.

Considerando níveis mais elaborados de argumentos, observamos que as afirmações vêm acompanhadas de justificativas, dados, reivindicações e refutações. A utilização de ocorrências de refutações no argumento eleva o mesmo a níveis mais altos, uma vez que cada utilização de episódios de refutação representa uma melhora conceitual. Portanto, as refutações são elementos essenciais nos argumentos de melhor qualidade e compreendem um alto nível de argumentação do aluno.

Dessa maneira, no Quadro II, analisamos a argumentação dos alunos para a questão que foi realizada para avaliar a sequência didática: “porque as cores do teste de chama não são iguais para todos os elementos?”

TABELA II. Análise do nível dos argumentos dos alunos para a relação existente entre a diferença das cores no teste de chama.

| Grupo | Nível | Argumento utilizado pelo grupo | Análise do nível do argumento |
|-------|-------|--|---|
| 1 | 2 | Cada elemento tem um tipo de energia que é gerada através do movimento dos elétrons, a quantidade de energia que ele recebe é que forma a cor. Devido as particularidades de cada elemento, são geradas diversas cores diferentes, variando com a mudança de substância. | /A/ Cada elemento tem um tipo de energia /D, J ou R/ a quantidade de energia que ele recebe é que forma a cor. /A/ Devido as particularidades de cada elemento, /D, J ou R/ são geradas diversas cores diferentes, variando com a mudança de substância. |
| 2 | 4 | O teste é baseado no fato de que uma certa quantidade de energia é fornecida a um determinado elemento químico (“chama” fornece calor) com isso um elemento absorve essa energia passando para um nível mais elevado, chamado “estado excitado”. Quando um desses elétrons excitados retorna ao estado fundamental, ele libera a energia recebida anteriormente em forma de radiação. Cada elemento libera uma reação em um comprimento de | /A/ O teste é baseado no fato de que uma certa quantidade de energia é fornecida a um determinado elemento químico /D, J ou R/ (“chama” fornece calor) com isso um elemento absorve essa energia passando para um nível mais elevado, chamado “estado excitado”. /Ref/ Quando <u>um desses elétrons excitados retorna ao estado fundamental, ele libera a energia recebida anteriormente em forma de radiação.</u> /A/ Cada elemento libera uma |

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | ondas, pois cada elétron possui sua quantidade de ondas. | reação em um comprimento de ondas, /D, /J ou R/ pois cada elétron possui sua quantidade de ondas. |
| 3 | 2 | Quanto mais longe do núcleo, os elétrons vão mudando de cor, devido a proporção da quantidade obtida de energia para que esse elétron possa ir se distanciando do núcleo e nesse processo de ganho e de “perda” de energia há uma emissão de luz, obtendo assim várias cores. | /D, /J ou R/ Quanto mais longe do núcleo, /A/ os elétrons vão mudando de cor, /D, /J ou R/ devido a proporção da quantidade obtida de energia para que esse elétron possa ir se distanciando do núcleo e nesse processo de ganho e de “perda” de energia /A/ há uma emissão de luz, obtendo assim várias cores. |
| 4 | 3 | Todos os elementos que foram usados no teste possuem íons metálicos cobre, cálcio, sódio, estrôncio, potássio, bário, lítio. Quando a substância recebe energia ela salta para um outro estado, quando ela perde energia ela volta (ela libera energia o que faz emitir a cor). Quanto mais elétrons possuem, mais longe é a eletrosfera. Os sais dessas substâncias são queimadas e recebem energia, e devolvem essa energia em forma de luz. Esses diferentes sais que mudam as cores das chamas. | /A/ Todos os elementos que foram usados no teste possuem íons metálicos /D, /J ou R/ cobre, cálcio, sódio, estrôncio, potássio, bário, lítio. /A/ Quando a substância recebe energia ela salta para um outro estado, quando ela perde energia ela volta /D, /J ou R/ (ela libera energia o que faz emitir a cor). /Ref/ Quanto mais elétrons possuem, mais longe é a eletrosfera. /A/ Os sais dessas substâncias são queimadas e recebem energia, /D, /J ou R/ e devolvem essa energia em forma de luz. Esses diferentes sais que mudam as cores das chamas. |
| 5 | 1 | Cada elemento tem uma quantidade diferente de energia para se torna instável, após absorver esta energia específica ele tende a liberar criando cores de luz diferentes. | /A/ Cada elemento tem uma quantidade diferente de energia para se torna instável, /A/ após absorver esta energia específica ele tende a liberar criando cores de luz diferentes. |

Legendas: /A/ afirmação; /D, /J ou R/ dados, justificativas ou reivindicação; /Ref/ episódios de refutação.

Fonte: próprios autores.

Os níveis acima foram classificados mediante a análise proposta por Osborne *et al.* (2004), onde a presença da refutação é o diferencial do argumento. Sendo assim, o argumento dos Grupos 1 e 3 foram classificados como nível 2 por conter apenas afirmações e dados, justificativas ou reivindicações seguidas por novas afirmações, sem qualquer refutação.

Para o argumento do Grupo 2, foi classificado como nível 4 por apresentar uma refutação embasada em afirmações e dados, justificativas ou reivindicações seguidas por novas afirmações. Essa refutação é claramente observável no argumento. No entanto, para este argumento ser classificado como nível 5, percebe-se a falta uma refutação mais elaborada, coerente e de maneira mais organizada no argumento como um todo. O mesmo caso acontece no Grupo 4, no entanto, este argumento foi classificado com um nível ainda menor, o nível 3, pela dificuldade em transpor para o papel a nova explicação que seria elaborada após a frase classificada como refutação ocasional. Percebe-se aí a falta de uma afirmação coerente que traga a informação que a refutação ofereceu.

Já o Grupo 5, o argumento foi classificado no menor nível possível, o nível 1, por tratar apenas de uma afirmação simples contra outra afirmação, sem a presença de dados, justificativas ou reivindicações.

IV. 2 Análises dos argumentos em função de sua capacidade explicativa do fenômeno a partir do modelo atômico de Bohr

Um dos objetivos deste trabalho é evidenciar através dos argumentos dos estudantes a relação entre o modelo atômico de Bohr e o fenômeno químico apresentado na atividade desenvolvida em sala de aula. O Teste de chama é um

procedimento utilizado comumente no laboratório didático de Química para detectar a presença de alguns íons metálicos, baseando-se no espectro de emissão característico para cada elemento. O teste envolve a introdução da amostra em uma chama e a observação da cor resultante.

O teste de chama é baseado no fato de que quando certa quantidade de energia é fornecida a um determinado elemento químico (no caso da chama, energia em forma de calor), os elétrons mais externos absorvem energia passando para um nível de energia mais elevado, produzindo o que chamamos de estado excitado. Quando um desses elétrons excitados retorna ao estado fundamental, libera a energia recebida anteriormente em forma de radiação. Cada elemento libera radiação em um comprimento de onda característico, pois a quantidade de energia necessária para excitar um elétron é única para cada elemento. Parte da radiação liberada por alguns elementos se encontra num comprimento de onda visível, sendo perceptível através da emissão de cores. Assim, é possível identificar a presença de certos elementos devido à cor característica que eles emitem quando aquecidos numa chama.

Para compreender a explicação e o fenômeno do teste de chama o aluno necessita construir e utilizar o modelo atômico de Bohr na resposta à pergunta elaborada. Buscando identificar se os alunos relacionam o modelo atômico de Bohr ao fenômeno observado é necessário verificar se eles conseguem justificar as cores observadas utilizando de maneira dinâmica o modelo associando-o aos dados observáveis.

VI.2.1. Dados observáveis

- Diferentes tipos de substâncias
- Produção de chama na presença de fogo
- Cada substância produz diferentes cores de chama

VI.2.2. Explicações causais na utilização do modelo de Bohr

- As diferenças nas cores da chama têm relação com as diferenças na estrutura atômica das substâncias utilizadas
- A aplicação de calor (fogo) gera o movimento dos elétrons a níveis de energia mais elevados.
- Os elétrons absorvem energia e se movimentam a níveis de energia mais elevados, logo esta energia é emitida em forma de radiação no retorno ao nível fundamental.
- A radiação emitida se encontra num comprimento de onda que é particular da substância.
- A radiação emitida num comprimento de onda do espectro visível é a que nós percebemos como diferentes cores emitidas pela substância no teste de chama.

As análises buscam observar como os alunos conseguem relacionar os dados observados no fenômeno e o modelo de Bohr a partir das explicações causais produzidas na análise do fenômeno e são apresentadas no Tabela III:

TABELA III. Análises dos argumentos em função de sua capacidade explicativa do fenômeno a partir do modelo atômico de Bohr.

| Grupo | Argumento do estudante | Explicações causais dos fenômenos, elaboradas por os alunos | Análises |
|-------|--|--|--|
| 1 | Cada elemento tem um tipo de energia que é gerada através do movimento dos elétrons, a quantidade de energia que ele recebe é que forma a cor. Devido às particularidades de cada elemento, são geradas diversas cores diferentes, variando com a mudança de substância. | A cor depende da quantidade de energia que o elemento recebe. O movimento dos elétrons gera o tipo de energia dos elementos. Diferentes substâncias geram diferentes cores | Observamos que os alunos ainda que tentem utilizar o modelo atômico de Bohr, não conseguem nas análises apresentar relações causais adequadas. Só conseguem relacionar à nível macroscópico a variação das substâncias com a variação de cor. |

| | | | |
|---|---|---|--|
| 2 | <p>O teste é baseado no fato de que uma certa quantidade de energia é fornecida a um determinado elemento químico (“chama” fornece calor) com isso um elemento absorve essa energia passando para um nível mais elevado, chamado “estado excitado”. Quando um desses elétrons excitados retorna ao estado fundamental, ele libera a energia recebida anteriormente em forma de radiação. Cada elemento libera uma reação em um comprimento de ondas, pois cada elétron possui sua quantidade de ondas.</p> | <p>A aplicação de calor (fogo) gera o movimento dos elétrons a níveis de energia mais elevados (excitado). Os elementos absorvem energia e se movimentam a níveis de energia mais elevados, logo esta energia é emitida em forma de radiação no retorno ao nível fundamental. A radiação emitida por o elemento apresenta comprimento de onda que é particular da substancia.</p> | <p>Observamos que os alunos conseguem estabelecer relações causais adequadas em relação ao modelo atômico de Bohr, mas apresentam dificuldades como a não identificação dos elétrons como elétrons de valência, além de utilizar mais de uma vez o termo elemento quando deveria referir-se a o elétron.</p> |
| 3 | <p>Quanto mais longe do núcleo, os elétrons vão mudando de cor, devido a proporção da quantidade obtida de energia para que esse elétron possa ir se distanciando do núcleo e nesse processo de ganho e de “perda” de energia há uma emissão de luz, obtendo assim várias cores.</p> | <p>As variações de cor dependem da distância dos elétrons ao núcleo. As cores são produzidas a partir do ganho e perda de energia do elétron.</p> | <p>Os alunos não conseguem estabelecer relações adequadas entre as variações de cor e o modelo. Entretanto utilizam o modelo adequadamente para explicar a emissão de radiação. Isto revela uma dificuldade na forma de conceber o funcionamento do modelo para explicar o fenômeno Igualmente não se relaciona as variações da cor com o tipo de substancia, ficando pouco clara a relação entre a distância dos elétrons e o núcleo.</p> |
| 4 | <p>Todos os elementos que foram usados no teste possuem íons metálicos cobre, cálcio, sódio, estrôncio, potássio, bário, lítio. Quando a substância recebe energia ela salta para um outro estado, quando ela perde energia ela volta (ela libera energia o que faz emitir a cor. Quanto mais elétrons possuem, mais longe é a eletrosfera. Os sais dessas substâncias são queimadas e recebem energia, e devolvem essa energia em forma de luz. Esses diferentes sais que mudam as cores das chamas.</p> | <p>Relacionam as cores com a natureza das substancias particularmente por apresentar-se na forma de sais. Relacionam a produção da cor com a interação entre a energia e a substancia. As variações de cor devem-se ao movimento dos elétrons, geram o tipo de energia dos elementos e estão relacionadas à distância dos elétrons ao núcleo.</p> | <p>Observa-se neste argumento que os alunos conseguem oferecer explicações causais do fenômeno ao nível macroscópico, relacionando com a natureza das substancias utilizadas, e em termos gerais à interação entre a energia e a matéria. Entretanto não conseguem estabelecer relações adequadas entre a estrutura do átomo, o elétron e a produção de cores. Neste modelo estes elementos estão presentes.</p> |
| 5 | <p>Cada elemento tem uma quantidade diferente de energia para se torna instável, após absorver esta energia especifica ele tende a liberar criando cores de luz diferentes.</p> | <p>Relacionam a produção de cor com a absorção de energia e a instabilidade do elemento</p> | <p>Os alunos neste grupo não conseguem relacionar a estrutura do modelo atômico com o fenômeno observado. Só conseguem estabelecer relações macroscópicas entre os fatos observados.</p> |

Ao realizar as análises observamos que depois de aplicada atividade, somente o grupo numero dois consegue interpretar o fenômeno estabelecendo relações adequadas entre o fenômeno e o modelo atômico de Bohr com uma maior profundidade e clareza. Neste grupo os elementos que apresentam no modelo conseguem relacionar-se dando

conta do observado no fenômeno a nível macroscópico, ainda que se evidenciem algumas dificuldades conceituais. Os grupos de número um, três e quatro revelam em seus argumentos a presença de um modelo, mas não utilizam os elementos presentes no mesmo para estabelecer relações adequadas entre o fenômeno e o funcionamento do modelo, evidenciando carências maiores na construção do mesmo. O grupo número cinco, só consegue estabelecer relações macroscópicas entre os fatos observados, sendo pouco clara a existência e o uso do modelo.

VI.2.3. Relações entre as duas análises

Ao observar a análise da qualidade dos argumentos dos estudantes e a análise da capacidade explicativa do fenômeno a partir do modelo atômico de Bohr, pode-se reconhecer que em ambos os casos os argumentos mais adequados são os elaborados pelo grupo número dois. Isto indica que estes estudantes conseguiram relacionar em maior medida o modelo atômico de Bohr aos fenômenos observados, a partir de argumentos mais sólidos e melhor construídos.

De um mesmo modo podemos observar que os grupos um, três e quatro ainda que em seus argumentos se reconheçam a presença de um modelo atômico, estes não conseguem relacionar os elementos do mesmo para explicar o fenômeno observado. A qualidade de suas argumentações é menor ainda que a apresentada pelo grupo quatro. Este apresenta um melhor nível de argumentação, o que de alguma maneira permite inferir que a qualidade dos argumentos precisa também ser medida utilizando o conhecimento da ciência como referente.

Em ambas as análises é notável que o grupo cinco não estabelece relações adequadas entre o modelo atômico e o fenômeno, evidenciando também um baixo nível na qualidade de seus argumentos.

V. CONCLUSÕES

A proposta de ensino por investigação realizada com os estudantes permitiu reconhecer o papel fundamental da construção dos modelos em sala de aula relacionando-os aos fenômenos observáveis. Coube ao estudante tentar explicar o fenômeno a partir da utilização do Modelo Atômico de Bohr, trabalhado em sala de aula. Os estudantes tiveram a oportunidade de colocar em ação o modelo mental construído e discutir com seus companheiros manifestando neste processo as habilidades metacognitivas e argumentativas que são de grande importância na aprendizagem das ciências e em seu processo de formação.

Observamos que existe uma clara ligação entre a qualidade dos argumentos dos estudantes em função da estrutura dos mesmos e a capacidade explicativa do fenômeno a partir do uso adequado do modelo atômico construído. Esta ligação evidencia que o estudante utiliza o modelo para explicar o fenômeno e que no uso dinâmico do modelo elabora uma série de argumentos que permitem dar conta do mesmo, explicando de forma mais clara e convincente suas ideias.

O uso adequado do modelo presente na estrutura cognitiva do aluno é um insumo fundamental na qualidade dos argumentos que ele apresenta.

Sob este ponto de vista consideramos valiosas as análises dos argumentos dos estudantes onde se compara a qualidade dos mesmos, a partir de sua estrutura bem como a partir do uso que fazem do modelo construído em sala de aula para a explicação dos fenômenos. Consideramos que as duas análises se complementam, e são de valiosa importância no processo avaliativo dos estudantes.

REFERENCIAS

- Amaral, C. L. C., Xavier, E. da S. & Maciel, M. de L. (2009). Abordagem das relações Ciência/Tecnologia/Sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de Química do Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, volume 14, 101-114.
- Ballenilla, F. (1999). *Enseñar investigando. Como formar profesores desde la práctica?* Sevilla: Díada Editorial.
- Binachini, T. B. (2001). *O ensino por investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do Ensino Médio*. Tese de Mestrado. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Bauru, Brasil.
- Bodgan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução a teoria e aos métodos*. Porto-POR: Editora Ltda.
- Bunge, M. (1976). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Cajén, S. G., Castineiras, J. M. D. & Fernandez, E. G. R. (2002). Razonamiento y argumentación en ciencias: diferentes puntos de vista en el currículo oficial. *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 217-228.
- Cañal, P. (2007). La investigación escolar, hoy. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 52, 9-19.
- Capecchi, M. C. V. M., Carvalho, A. M. P. & Silva, D. (2002). Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. *Pesquisa em Educação em Ciências*, 2, 1-15.
- Castro, E. A. (1992). El empleo de los modelos en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las ciencias*, 19, 73-79.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- Furió, C., Azcona, R. & Domínguez, J. (2000). *La enseñanza aprendizaje del conocimiento químico*. Didáctica de las ciencias experimentales. Alcoy-ESP: Ed. Alcoy.
- Gabel, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. In: B. J. Fraser & K. G. Tobin. (Eds.). *International Handbook of Science Education Vol. I*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers. pp. 233-248.
- Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. (1998). Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. In: *Modelos e educação em ciências*. Colinviaux, D. (Org.). Rio de Janeiro: Ravil.
- Gil-Perez, D. & Castro, P. V. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de Las Ciencias*, Vol. 14, 155-163.
- Godoy, A. S. (1995). Pesquisa qualitativa: tipos Fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, 35, 20-29.
- Gutierrez, J. (2000). *Fundamentos pedagógicos y didácticos*. Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias. pp. 109-138.
- Harrison A. G. & Treagust D. F. (2002). The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world. *Chemical education: towards research-based practice*, 17, 189-212.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 203-216.

Jiménez-Aleixandre, M. P. & Bustamante, J. D. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de Ciencias: Cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 259-370.

Jiménez, A. M. P. (2006). A argumentação sobre questões sócio científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru, Brasil.

Johnstone, A. H. (1982). Macro and micro-chemistry. *The School Science Review*, 64, 377-379.

Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.

Melo, M. B. & Lima Neto, E. G. de (2012). Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. *Pesquisa no Ensino de Química*, 35, 112-122.

Munford, D. & Lima, M. E. C. de C. (2007). Ensinar Ciências por Investigação: em quê estamos de acordo. *Revista Ensaio. Pesq. Educ. Ciênc.*, 9, 1-23.

Osborne, J. & Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 994-1020.

Paixão, F. & Cachapuz, A. (2003) Mudanças na Prática de Ensino da Química pela Formação dos Professores em História e Filosofia das Ciências. *Química Nova na Escola*, 18, 31-36.

Zompero, A. F & Laburú, C. E. (2011). Atividades investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ver. Ensaio*, 13, 67-80.

Zuliani, S. R. Q. A. (2006.) *Prática de ensino de química e metodologia investigativa: uma leitura fenomenológica a partir da semiótica social*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.