

O conceito de átomo, a epistemologia de Bachelard e a formação dos alunos do Curso de Licenciatura em Química da UFRPE: analisando idéias e propondo caminhos para mudanças

Petronildo Bezerra da Silva¹(PQ)*; Paloma dos Santos²(FM); Marcos Barros³(FM); Vilma Sobral Bezerra⁴ (PQ); Lúcia Helena Aguiar de Souza⁵(PQ)

1.Dep. de Métodos e Técnicas de Ensino-CE-UFPE;2.Secretaria de Educação-PE;3.Colégio da Polícia Militar do Recife; 4. Faculdade São Miguel-Recife; 5. Dep. de Química-UFRPE.

Palavras Chave: epistemologia de Bachelard, conceito de átomo, formação de professores.

Introdução

O conceito de átomo representa um dos pilares para a compreensão da estrutura da matéria e tem uma importância científica, histórica e filosófica inegável. Já foi pensado de formas tão diversas e antagônicas que refletiam não só o saber da época, mas também a visão de mundo e de ciência. Tal conceito passou por constantes modificações e vários modelos foram propostos na tentativa de elucidá-lo^{1,2}. Rupturas com modelos anteriores foram necessárias até ser proposto o modelo quântico atual, que por sua vez, vem sofrendo modificações para a construção de um modelo científico que forneça respostas a uma série de eventos ainda não compreendidos pelos praticantes da ciência³.

Este trabalho procurou investigar o conceito de átomo que os alunos de Licenciatura em Química da UFRPE apresentavam.

O referencial teórico escolhido para o desenvolvimento do trabalho foram as idéias de Gaston Bachelard⁴. A noção de obstáculo epistemológico conjugado com a noção de perfil epistemológico, foi a base para a interpretação dos resultados. Esses referenciais, ao serem aplicados, necessitam da construção histórica de um conceito em particular, o que explicita os entraves gerados e enfrentados no meio científico para aceitação de uma idéia. Isso facilita a construção do conceito por parte dos alunos, bem como mostra as razões pelas quais os alunos não conseguiram atingir o modelo adequado proposto pela ciência. Assim o trabalho também teve o intuito de chamar a atenção para a importância da história da química na formação de professores.

Foi utilizado como instrumento de investigação, um questionário, individual e anônimo, constituído de 08 (oito) perguntas abertas.

A amostra foi composta de 50 (cinquenta) questionários, sendo 29 (vinte e nove) de alunos do primeiro período e 21 (vinte e um) de alunos dos semestres finais (sétimo, oitavo, nono e décimo). Aos alunos foi sugerido responder às questões de acordo com as suas vivências e conhecimentos.

Unicamp, Campinas, SP, de 24 a 27 de Julho de 2006

Procurou-se estabelecer, a partir do questionário, uma série de parâmetros que refletissem uma compreensão aceitável do conceito de átomo pela ciência⁵. As questões abordadas procuraram englobar todo o desenvolvimento histórico do conceito de átomo. As respostas foram classificadas de acordo com os perfis epistemológicos de Bachelard: o **realismo ingênuo**, que é basicamente o senso comum, a sensação primeira; o **empirismo claro e positivista** que ultrapassa a realidade imediata através de instrumentos de medida, observações mensuráveis e técnicas de laboratório, mas que ainda não faz relações racionais; o **racionalismo clássico**, em que os conceitos passam a fazer parte de uma rede de relações racionais; o **racionalismo completo**, em que as noções simples da ciência clássica se tornam complexas e envolvem noções de partículas e rearranjo das mesmas; e por último o **racionalismo contemporâneo, discursivo**, ainda em desenvolvimento, que permite a incorporação, como objeto de estudo, de sistemas complexos e/ou caóticos, com a evidente participação da matematização.

Questão 1 [**Como você explicaria a dilatação de um metal por aquecimento?**] Os alunos deveriam utilizar seus conceitos de átomo para explicar que em um sólido metálico os átomos jazem em um arranjo regular e estão cercados por um mar de elétrons. Com o aumento de temperatura, há um aumento de energia e absorção de calor pelos elétrons do metal. Esse aumento de energia causa uma excitação e também um aumento na distância entre os átomos causada pela repulsão, o que acarretaria num aumento de volume.

Questão 2 [**Ao misturarmos uma solução de AgNO₃ (nitrato de prata) e outra de NaCl (cloreto de sódio) observamos a formação de um precipitado branco de AgCl (cloreto de prata). Como você explicaria a formação desse precipitado?**] O aluno deveria responder em termos de íons hidratados e sólidos iônicos com estruturas cristalinas rígidas que não interagem com a água, ficando dessa forma insolúvel. Ao responder dessa forma, o aluno mostraria que tem um conceito de

precipitação de substâncias estruturado em termos atomísticos.

Questão 3 [**Como você explicaria ao aluno o sabor ácido?**] Os alunos poderiam admitir que a língua, órgão responsável pela percepção humana de sabor, é um músculo grosso revestido por uma mucosa, que apresenta numerosos pequenos órgãos mais ou menos volumosos e ásperos, denominados papilas gustativas, que nos permitem apreciar o sabor dos alimentos que ingerimos. Para que uma substância tenha sabor deve ser total ou parcialmente solúvel na saliva. Existe uma interação entre os íons H_3O^+ da substância e as papilas gustativas da língua que causa uma resposta ao cérebro evidenciando o sabor ácido.

Questão 4 [**Que modelo atômico você usaria para explicar ao aluno a Lei das Proporções Múltiplas?**] O modelo atômico mais adequado seria o de Dalton, pois o modelo simples, esférico, maciço e indivisível por ele proposto cabe perfeitamente na idéia de que na formação de dois ou mais compostos a partir dos mesmos elementos, os pesos de um elemento que se combinam com um peso fixo do segundo elemento estão em uma razão de números pequenos e inteiros.

Questão 5 [**Como você explicaria a condução de eletricidade pelos eletrólitos?**] A resposta adequada seria a de que num eletrólito a corrente é constituída pelo movimento de cargas positivas num sentido e de cargas negativas em sentido oposto, e o número de partículas positivas que se deslocam num sentido é igual ao número de partículas negativas que se deslocam no outro. Assim, os íons positivos ficam sujeitos às forças que tem o mesmo sentido que o campo, e os negativos, às forças que tem sentido oposto ao do campo. Em virtude dessas forças, os íons deixam de vagar pela solução sem direção determinada, mas são “dirigidos”. Forma-se então a corrente elétrica.

Questão 6 [**Você saberia explicar a emissão dos raios X?**] Esperava-se que o aluno conceituasse os raios X como sendo ondas eletromagnéticas de alta frequência produzidas em tubos de vácuo, nos quais um feixe de elétrons é submetido a uma rápida desaceleração ao colidir contra um alvo metálico. Quando uma partícula se move no vácuo, com ausência de força, sua energia se conserva. Se, porém, ela se choca com um obstáculo, ou é freada, parte de sua energia se transforma em radiações eletromagnéticas. Um elétron livre, movendo-se no espaço, ao ser acelerado por um canhão eletrônico ou outro tipo de acelerador, pode assumir qualquer valor de energia cinética. Inversamente, pode perder uma quantidade de energia ao sofrer um frenamento. Por isso, pode emitir raios X, dotados de um valor de frequência que varia em torno de 0,05 microns. Os raios X têm a propriedade de atravessar, com certa facilidade, os materiais de baixa densidade, como o músculo de uma pessoa, e de ser mais absorvidos por materiais de densidade mais elevada, como os

ossos do corpo humano, que contém cálcio (material de alta densidade).

Questão 7 [**Como você explicaria a diversidade de cores dos fogos de artifício?**] Estaria bem explicada conceitualmente se o aluno admitisse que as cores dos fogos de artifício são formadas pelo fenômeno da luminescência que é a luz produzida a partir da emissão de energia, na forma de luz, por um elétron excitado, que volta para o nível de energia menos energético de um átomo.

Este fenômeno pode ser explicado da seguinte forma: um átomo, de um elemento químico qualquer, possui elétrons em níveis de energia. Ao receber energia, estes elétrons são excitados, ou seja, são promovidos a níveis de energia mais elevados. A quantidade de energia absorvida por um elétron é quantizada não podendo ser acumulada. O elétron excitado tem a tendência de voltar para o nível menos energético, pois é mais estável. Quando ocorre esta passagem, do nível mais energético para o menos energético, ocorre também a liberação da energia absorvida, só que agora, na forma de um fóton, ou seja, na forma de luz.

Os fogos de artifício utilizam deste fenômeno e desta variedade, uma vez que há fogos das mais diversas cores.

Questão 8 [**Como você explicaria o comportamento diamagnético da molécula de oxigênio?**] Optamos por cometer um “erro proposital” visto que a molécula de oxigênio possui um comportamento paramagnético. Esperava-se, desta forma, que os alunos observassem o erro e respondessem que o paramagnetismo é uma propriedade dos elétrons desemparelhados. É devido ao spin dos elétrons, que se comportam como finas barras magnéticas que tendem a se alinhar com o campo aplicado. O oxigênio é paramagnético porque possui dois elétrons desemparelhados. Em uma molécula paramagnética os spins dos elétrons desemparelhados tornam-se aleatoriamente orientados logo após a remoção do campo magnético. Outra razão pela escolha é que tal questão foi utilizada no vestibular da Universidade de Pernambuco da mesma forma que aqui colocada.

A análise dos dados teve um caráter qualitativo. A partir das respostas dos estudantes procuramos discuti-las, agrupando-as em função dos obstáculos epistemológicos defendidos por Bachelard.

Resultados e Discussão

Observou-se uma dificuldade em traçar um perfil para cada aluno. Optou-se então por caracterizar o perfil dos dois grupos, analisando as respostas dadas a cada questão procurando identificar os obstáculos epistemológicos apresentado pelos alunos. Não houve a preocupação de dar um tratamento estatístico à análise. Convém destacar que a leitura dos resultados deve ser feita levando em consideração que a resposta dos estudantes se

enquadram em mais de um perfil o que é perfeitamente coerente com a idéia de perfil conceitual.

Análise dos questionários dos alunos do primeiro período

[Questão 1]

Na primeira questão não se observa uma homogeneidade nas respostas. Uma boa parte dos alunos (8/29) não sabe responder à questão o que evidencia uma dificuldade já marcante, visto que se trata de uma questão de conceito elementar.

Observa-se também a ocorrência de um fenômeno chamado tautologia, que consiste em dizer, por formas diversas, sempre a mesma coisa: “dilata porque dilata”. Esse tipo de resposta foi observado em dois alunos.

O componente do realismo ingênuo aparece na maioria das respostas ainda que fragmentado. Um aluno respondeu à questão com o conceito de “corpos que aumentam de tamanho” e outro como “aumento de átomos”. Uma grande parte dos estudantes responde à pergunta como se fossem as “moléculas de metal que se dilatam” (8/29) e também observam-se respostas que tratam de “aumento de espaço entre as partículas” (3/29), “colisão entre átomos” (3/29). Conceitos errôneos aparecem, como por exemplo, quando explicam a dilatação pela maleabilidade do metal, pela excitação dos elétrons e pelo aumento da energia cinética.

Um dado interessante é que dois alunos associam a dilatação à mudança de estado do metal. Outros dois acreditam que a dilatação se dá pela dissociação dos íons do metal.

Podemos perceber que não há uma problematização em torno do que é um metal e da sua constituição atômica. Raros alunos dão uma visão microscópica às respostas. Há predominância do realismo ingênuo.

[Questão 2]

Quase metade dos estudantes (13/29) reporta-se à solubilidade do AgCl, sem utilizar nenhum conceito atômico para explicá-la. Cinco deles não sabem responder e há ainda respostas que explicam a formação do precipitado por “dissociação do AgNO₃”, por uma “reação de oxi-redução”, “por contato”, pela “atração eletrostática”. Alguns estudantes (3/29) ainda utilizam o conceito de reação de dupla troca, conceito combatido atualmente pois na reação não há troca, os íons permanecem em solução e em estado hidratado.

A resposta de dois estudantes evidenciou a presença do obstáculo animista por utilizar a “afinidade do Ag⁺ pelo Cl⁻” característica dada aos íons, o que coloca estes estudantes em um realismo ingênuo.

Em contrapartida, dois alunos explicam o fenômeno pelo “surgimento de uma estrutura cristalina insolúvel em água envolvendo Ag e Cl⁻”. Nestes estudantes já se observa a noção de partícula e um ordenamento de conceitos que os colocam dentro de um racionalismo completo, mesmo não representando uma parcela significativa da amostra. Cinco estudantes não souberam responder.

[Questão 3]

Muitos alunos (9/29) repetiram o fenômeno de tautologia descrito na primeira questão: “azedo porque é azedo”. A zona empirista fica evidente nas respostas, pois alguns alunos (6/29) utilizam-se do conceito de pH das soluções para explicar o sabor. Um estudante utiliza o termo “desidratação” e outro responde que os ácidos têm um pH < 0.

As características do realismo ingênuo ficaram claras quando os estudantes utilizam os termos “forte queimor” e há ainda um estudante que explica com a analogia do “nó na língua”.

Este realismo só reforça o caráter de uma ciência fácil e simplista, onde não há necessidade de abstração para explicar conceitos cotidianos e aparentemente simples. Um grande número (12/29) disse não saber responder e apenas um aluno obteve destaque, pois explicou o sabor pela “interação entre os íons H₃O⁺ e as papilas gustativas”, enquadrando-se na zona do racionalismo complexo.

[Questão 4]

Mais da metade dos alunos (15/29) não souberam responder à questão o que evidencia um desconhecimento não só do conceito de átomo, mas também de uma lei elementar na química, parte do conhecimento essencial de qualquer professor e estudante. Os modelos de Rutherford e Bohr obtiveram quatro respostas cada um. Apenas um aluno respondeu que explicaria pelo modelo de Thomson e outro pela associação dos modelos de Rutherford e Bohr.

O modelo de Dalton, que seria o mais adequado para explicar a Lei, foi citado apenas por quatro estudantes.

[Questão 5]

Essa pergunta apresentou uma grande variedade de respostas.

O caráter empirista das respostas dos alunos fica evidente, pois, excetuando aqueles que não souberam responder (2/29), todos eles se reportaram a procedimentos experimentais e laboratoriais. Explicaram a condução eletrônica pela dissociação iônica (5/29), por reações de óxido-redução (4/29), pela condução elétrica através das cargas e das ligações (6/29), pelo grau de dissociação (5/29). Alguns estudantes acreditavam ser a água a responsável pela condução de eletricidade (3/29). Outras respostas como “eletrolise dos íons / Pilha de Daniell”, “elétrons migrando de forma aleatória” e

“movimento ordenado de cargas elétricas” apareceram. Parece predominar então o enfoque empiricista nas disciplinas experimentais do começo do curso.

[Questão 6]

Das vinte e nove respostas coletadas, em quinze delas os alunos disseram não saber explicar a emissão dos raios X. Quatro estudantes caracterizaram os raios X como sendo a emissão de partículas específicas (α , β e γ), os outros explicaram os raios como “substâncias instáveis que procuram a estabilidade emitindo partículas”, “radioatividade”, “partículas e suas auto-divisões” e “radiação emitida na volta do elétron do estado excitado à sua órbita de origem”. Um aluno respondeu que usaria a História para conceituar, mas ainda assim apresentou o conceito errado. Fica clara a dificuldade dos alunos em caracterizar o comportamento dual das partículas.

[Questão 7]

Houve muitas respostas semelhantes (7/29) que utilizam o salto do elétron para explicar as cores dos fogos.

Outra parte dos alunos (5/29) explica ser uma “característica dos elementos utilizados na fabricação”. Cinco alunos não souberam responder à pergunta e os outros apresentaram respostas com características do realismo ingênuo.

[Questão 8]

Quase todos os alunos (27/29) não souberam responder à questão. Os outros dois estudantes explicaram o comportamento como sendo causado pelos pares de elétrons desemparelhados e um deles respondeu que utilizaria a teoria do orbital molecular. Nenhum dos dois atentou para o “erro metodológico” da questão, que apresentava a molécula de oxigênio como sendo diamagnética, o que evidencia um desconhecimento do conceito.

O desconhecimento desse conceito deixa claro que os estudantes dos períodos iniciais não se desenvolvem em um perfil de racionalismo discursivo, contemporâneo, o que se apresenta como um problema, pois ele se faz necessário pra uma compreensão mais completa e matematizada do átomo.

Análise dos questionários dos alunos dos períodos finais

[Questão 1]

Diferente do bloco dos estudantes do primeiro período, essa questão apresentou uma diversidade maior de respostas. Dois alunos disseram não saber responder. Três deles explicaram a dilatação como sendo causada pelo “afastamento dos átomos”, outros três pela “vibração das moléculas”,

Ainda houve explicação pelo “aumento de pressão”, “calor que passa às moléculas, dilatando-as”, “fenômeno físico”, “ponto de fusão”, “expansão das moléculas”, “aumento da energia cinética”.

As respostas apresentam uma maior caracterização corpuscular. No entanto, continuam sendo feitas baseadas em um simplismo característico do realismo ingênuo.

[Questão 2]

Seis alunos deram a mesma resposta: formação do precipitado pela “reação do cloreto com o nitrato” sem maiores explicações microscópicas. O obstáculo animista aparece em três respostas em que os estudantes utilizam o termo “afinidade entre os íons Ag^+ e Cl^- ” e em uma resposta em que a “prata cede elétrons e o cloro os recebe”.

Apenas um aluno disse não saber responder. Um dado interessante é que um estudante respondeu que explicaria através da reação de dupla troca, termo abolido hoje em dia.

[Questão 3]

A tautologia aparece novamente, sendo presente em oito respostas, que explicam o “ácido porque é azedo”.

Cinco alunos não souberam responder à questão e seis deles disseram que o sabor é característico da “concentração de H^+ ”.

Um aluno respondeu de forma cotidiana, mas desprovida de visualização microscópica: “língua ardendo, queimando” e um único utilizou em sua resposta a interação entre os íons H_3O^+ e as papilas gustativas.

[Questão 4]

Nesta questão, os alunos dos períodos finais que não souberam responder representaram a maior parcela (8/21). Os modelos de Rutherford, de Bohr e de Rutherford-Bohr foram a opção de dois alunos cada um. O modelo de Dalton, que seria o ideal para explicar a referida Lei foi a opção de sete dos vinte e um alunos coletados.

[Questão 5]

Para explicar a condução de eletricidade dos eletrólitos os alunos optaram pela presença de “íons em solução” (6/21).

Dois alunos citaram a “formação de dipolo” ressaltando a característica do empirismo e as outras respostas versaram sobre “movimentação de elétrons”, “dissociação e ionização”, “íons característicos de cada elemento químico” e “reação de óxido-redução”. Outros seis alunos não souberam responder a essa questão.

[Questão 6]

Dezesseis dos vinte e um alunos pesquisados não souberam responder à questão da emissão dos raios X. Os outros cinco estudantes explicaram o fenômeno como sendo a emissão de partículas ligadas à radioatividade.

A noção de partícula está mais evidente, mas o dualismo delas não aparece nas respostas.

[Questão 7]

Também apresentou uma multiplicidade de respostas. Seis do total de vinte e um alunos não souberam responder. Alguns alunos apresentaram uma caracterização de idéias que os colocam na zona do racionalismo completo, quando explicam pelo “salto do elétron” e “átomos que absorvem energia e liberam fótons”.

Um aluno respondeu que a diversidade de cores se deve à presença de grupos cromóforos, que são grupos orgânicos e não são utilizados em fogos de artifício.

Outro usou a noção de “cor complementar” para explicar o fenômeno.

[Questão 8]

A resposta “não sei responder” obteve maioria (17/21). Os alunos que a responderam, novamente não atentaram para o “erro” da questão e não observaram que o oxigênio tem comportamento paramagnético. O emparelhamento dos elétrons e a quantidade de elétrons livres na molécula foi citado e ainda a eletronegatividade do oxigênio.

Podemos então construir dois gráficos para ilustrar melhor as respostas dos estudantes

Para o bloco de alunos do primeiro período obteve-se um panorama de perfis do tipo mostrado na Figura 1.

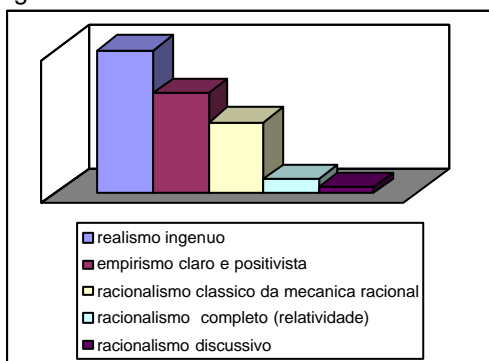


Figura 1: Perfis epistemológicos/conceituais dos alunos iniciantes

Podemos observar que o campo do realismo ingênuo tem uma boa significação se entendermos que a Química é uma ciência que privilegia o realismo do olhar. Nessa zona de pensamento, aumentam-se as tentativas de aproximação entre o conhecimento comum e o científico, o que inicialmente pode

funcionar como estratégia para aproximar o conceito do aluno, mas que acaba por criar os obstáculos animistas que dificultam posteriores racionalizações. Observa-se também um grande número de alunos com conceitos empiricistas, o que parece indicar que as experiências práticas de laboratório, que são enfatizadas no primeiro período do Curso de Licenciatura, além da formação em química do Ensino Médio são marcadamente empiricistas. O fato de encontrarmos respostas que evidenciavam um racionalismo clássico também leva-nos a acreditar numa ênfase dada ao formalismo matemático em detrimento do ensino de conceitos. É substituído pela memorização mecânica de definições e fórmulas.

O aluno ao entrar na Universidade não foi preparado para desenvolver um raciocínio mais complexo e dialético, daí decorre o fato de apenas uma minoria (cerca de dois alunos) ser classificada como possuidora dessa categoria em seu perfil epistemológico.

Para os alunos dos períodos finais foi possível desenhar um panorama dos seus perfis epistemológicos de acordo com a Figura 2.

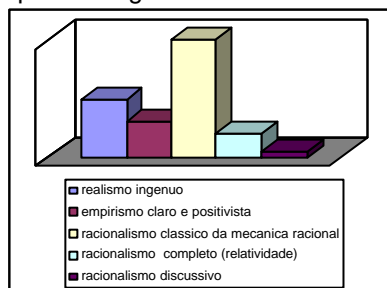


Figura 2: Perfis epistemológicos/conceituais dos alunos dos períodos finais

Para os alunos dos períodos finais observa-se a persistência de um realismo ingênuo, demonstrando que os obstáculos animistas, substancialistas e verbais e outros oriundos do senso comum são difíceis de serem modificados, como já está bastante relatado na literatura^{6,7}. Ainda assim os resultados parecem demonstrar que os professores ainda não trabalham a relação ensino-aprendizagem numa perspectiva de superar tais dificuldades. A diminuição na categoria de empirismo claro e positivista e o acréscimo no racionalismo clássico demonstram a ênfase dada novamente ao formalismo matemático e à memorização mecânica da química durante a formação de professores. O que preocupa, pois alguns alunos dos períodos finais já estão em sala de aula.

Poucos alunos, dois, conseguiram atingir um racionalismo completo e discursivo.

Conclusões

No início do curso de formação de professores de química da UFRPE, os alunos trazem a visão de átomo aprendida no ensino médio centrada no modelo atômico de Dalton. Nos períodos finais, ao

se depararem com situações em que a constituição e transformações sofridas pelos materiais têm uma complexidade bem maior do que a apresentada por Dalton, poucos conseguem vencer os seus obstáculos epistemológicos e dar uma explicação adequada ao atual do conceito de átomo.

Traçando um paralelo entre as visões dos alunos e as idéias dos cientistas do passado, podemos verificar que as indagações e os obstáculos animistas, substancialistas e verbais, apresentados pelos alunos são muito parecidos aos obstáculos enfrentados pelos cientistas. Assim, a história da ciência, que poderia ser uma ferramenta utilizada pelos alunos e professores para a compreensão das questões colocadas e superação desses obstáculos epistemológicos, parece que não se faz presente.

A idéia de perfil epistemológico de Bachelard serviu para conhecer bem onde se enquadra o conceito de átomo dos alunos. Isso indica, para o professor, um horizonte onde seja possível diminuir os obstáculos animistas e empiristas e aproximar o aluno de um racionalismo mais discursivo, em que o uso de conceitos modernos de átomo, esteja mais aproximado do modelo científico. É possível também usar as idéias de Bachelard como uma ferramenta de avaliação na qual o professor pode estabelecer uma estreita relação com os fatos históricos da ciência.

É notório a necessidade de mudanças na relação ensino-aprendizagem de conceitos químicos e as idéias de Bachelard analisadas nesse trabalho, constitui um caminho para superar essas dificuldades, a partir do momento em que o professor traz para a sala de aula outras possibilidades de ensino que, embora não necessariamente "novas", requer ainda uma leitura mais condizente e coerente com a proposta maior de uma educação química transformadora.

Por fim acreditamos que os alunos e professores devem ser mais estimulados a usar a história e filosofia das ciências para compreender a construção histórica dos conceitos científicos, entendendo-os como um processo de rupturas, indagações, argumentações, persuasão, como colocado por Bachelard e não apenas como fatos acumulados, podendo ir além de um ensino que podemos ainda considerar a-histórico.

Agradecimentos

Aos alunos do Curso de Licenciatura em Química da UFRPE pela disponibilidade em participar da pesquisa.

¹ Mortimer, E.F.; *Química Nova*, **1995**, 1, 23

² Chassot, A.I.; *Química Nova*, **1996**, 3, 3.

³ Groote, J.J.; *Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*; <http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica07.htm> Acesso em set. 2005

⁴ Bachelard, G. *Formação do Espírito Científico*, **1996**

⁵ Atkins, W.P.; *Princípios de Química*, 3. Ed., Guanabara Koogan, Porto Alegre, **2006**.

⁶ Mortimer, E.F.; *Química Nova*, **1992**, 15, 3, 242.

⁷ Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghien, A (Ed.) *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press, **1985**.