

Sequência de experimentos para o ensino de atomística: reflexões sobre intervenções em sala de aula.

Ana Clara Ávila da Silva Paulo¹ (IC), Israel Firmino da Silva¹ (IC), Thaís Rosa Caetano dos Santos¹ (IC), Alceu Júnior Paz da Silva¹ (PQ)*, Denise de Castro Bertagnolli¹ (PQ), Wilimar José de Barros² (FM).

¹Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda/RJ, Brasil.

²Colégio Estadual Barão de Mauá, Volta Redonda/RJ, Brasil.

*alcejunior@id.uff.br

Palavras-Chave: Experimentação, Atomística, Ensino de Química.

RESUMO: O SUL FLUMINENSE VEM SENDO MARCADO PELA CARÊNCIA DE PROFESSORES DE QUÍMICA E PELO DESAFIO DE QUALIFICAR A FORMAÇÃO DOCENTE. DIANTE DISSO, QUESTIONAMOS: EM QUE MEDIDA PODEMOS ELABORAR-ORGANIZAR EXPERIMENTOS DIDÁTICOS EM QUÍMICA QUE CONTRIBUAM PARA O ENSINO DOS MODELOS ATÔMICOS E SE ADEQUE/CONFRONTE À REALIDADE DA ESCOLA PÚBLICA DE NOSSA REGIÃO? PARA ISSO, NOS INSPIRAMOS NA IDEIA DE EXPERIMENTAÇÃO PROBLEMATIZADORA BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS. COMO RESULTADO, ESSA SEQUÊNCIA INICIA COM OS DIFERENTES COMPORTAMENTOS DE UM MONITOR DE TUBO E UM MONITOR DE LCD FRENTE À AÇÃO DE UM IMÃ E, LOGO, DOIS EXPERIMENTOS: A- A GERAÇÃO DE ELETROSTÁTICA POR ATRITO E; B- A OBSERVAÇÃO DE DIFERENTES AMOSTRAS FRENTE À DISTINTAS LÂMPADAS E À LUZ VISÍVEL. SUA IMPLEMENTAÇÃO FOI NUMA ESCOLA PÚBLICA, EM VOLTA REDONDA, E NO ÂMBITO DO PIBID-QUÍMICA. NESTE TRABALHO, APRESENTAMOS OS RESULTADOS A PARTIR DOS REGISTROS EM DIÁRIO DE BORDO E DOS ROTEIROS EXPERIMENTAIS.

DO CONTEXTO AO PROBLEMA

A mesorregião do Sul Fluminense tem em Volta Redonda a sua maior cidade, a qual forma com Barra Mansa um complexo urbano-industrial com mais de 400 mil habitantes e um alto nível de industrialização, exemplificado pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e sua CSN Cimentos, a Usina de Oxigênio e Nitrogênio da White Martins, a Companhia Estanífera Brasileira (CESBRA) e outras menores percorrendo distintas áreas como vestuário, alimentos e metalomecânica.

Se, por um lado, vemos essa vocação para o desenvolvimento econômico regional, por outro, percebemos essa região imersa em contradições inerentes ao aumento da populacional e da atividade industrial e de serviços, levando à problemas socioculturais e ambientais. Ganham relevância os conhecimentos científicos, e em Química, de modo particular, ao tornarem-se ferramenta cultural a formação de cidadãos críticos e transformadores de sua realidade.

Nesse contexto, foi criado o curso de Licenciatura em Química da UFF / Campus Volta Redonda, em 2010, no intuito de suprir a grande carência de professores para atuar na disciplina de Química no Ensino Médio. Não obstante, o Subprojeto do Pibid Química / Volta Redonda (SPQ/VR) tem sido locus privilegiado de ampliação da articulação entre teoria e prática docente com vistas a qualificar a formação de professores. Dentre suas ações, o uso crítico de experimentos foi elegido como problema de estudo, nos remetendo a dois movimentos: i) a aprendizagem de saberes docentes relativos a natureza pedagógica da experimentação e; ii) a elaboração-organização de propostas como problematizadores vivenciais da relação entre artefato e futuro professor.

Diante disso, nossa questão inicial foi: em que medida podemos elaborar-organizar experimentos didáticos em Química que contribuam para o ensino dos

modelos atômicos e se adequa/confronte à realidade da escola pública de nossa região? Nesse caminho, apresentamos resultados preliminares e parciais, a partir dos registros em diário de bordo (PORLÁN e MARTÍN, 1996) dos professores em formação e dos roteiros experimentais, ao passo que, planejamos-negociamos uma vivência mais longitudinal, isto é, um aumento no tempo de acompanhamento pós-implementação, visto que, as avaliações institucionais estatais como SAERJ e Saerjinho têm “comprimido” o espaço-tempo curricular destinado a ações inovadoras.

SOBRE A NOÇÃO PEDAGÓGICA DE EXPERIMENTAÇÃO

Em resposta a uma “crise” no Ensino de Ciências, retratada, em parte, pelos baixos níveis de aprendizagem e de interesse (motivação) pelo aprendido (POZO e CRESPO, 2009, p. 15), por vezes, num contexto de tarefas rotineiras e pouco significativas, encontram-se as discussões sobre o uso pedagógico da experimentação.

As discussões teóricas sobre o uso da experimentação em sala de aula têm mostrado um quadro complexo pelo fato de seu emprego pode promover, por um lado, distintas implicações (por vezes latentes e não conscientes) e, por outro, explorar diversas abordagens pedagógicas.

OLIVEIRA (2010, p. 27-28) nos traz, por meio de outros interlocutores, que as contribuições da experimentação podem residir: no seu caráter motivador; no auxílio à aprendizagem de conceitos científicos (relembrando-os, confirmando-os, construindo-os); nas tarefas de observação e registro de informações; em propiciar a análise dados e a proposição de hipóteses explicativas para os fenômenos e; como meio para captar e corrigir erros conceituais dos alunos. Por outro lado, a autora, nos ressalva como controvérsias desse debate os fatos de que: nem todos os alunos se sentem seguros em seus procedimentos; o entusiasmo pode decrescer com o passar dos anos e; uma ênfase manipulativa pode se sobrepor as atividades de natureza intelectual.

Nossa aposta inicial tem corroborado ANDRADE e MASSABNI (2011, p. 837) quando nos dizem que a experimentação (como uma modalidade de atividade prática) deve estar situada “em um contexto de ensino e aprendizagem em que se desenvolvem tarefas de compreensão, interpretação e reflexão”, na qual o aluno é auxiliado por colegas e pelo professor, mediante o contato direto “com o material presente fisicamente, com o fenômeno e/ou com dados brutos obtidos do mundo natural ou social (ANDRADE e MASSABNI, 2011, p. 840)”.

Essa perspectiva se afasta daquela que vem sendo denominada de abordagem ilustrativa, a qual “tem como característica a demonstração na prática do que já foi ensinado na teoria [...] [ou seja,] ilustrar que são ‘verdadeiras’ as generalizações e/ou fatos ensinados anteriormente nas aulas teóricas”, face a uma abordagem investigativa, a qual, “propiciam a elaboração e aquisição de generalizações através da análise dos resultados experimentais [...] não comprovam a generalização, mas sim a solicitam, partindo da proposição de um problema a ser investigado, conforme SCHNETZLER (1981, p. 11).

A mera demonstração em sala de aula, e sem um trato pedagógico, não é suficiente para promover a aprendizagem de conceitos científicos, sendo preciso superar as “visões simplistas de que: pela observação se chega às teorias aceitas pela comunidade científica (GALIAZZI e GONCALVES, 2004, p. 328)”. Ao contrário, cabe reconhecer na experimentação seu “novo papel de estruturadora de uma realidade simulada, etapa intermediária entre o fenômeno, que também é acessado pelo prisma da experimentação, e a representação que o sujeito lhe confere (GIORDAN, 1999, p.

47)”, vindo a ser explorada na tríade modal: microscópica, submicroscópica e representacional, evidenciada por JOHNSTONE (1993, p. 702-703).

Essa nova compreensão de trato pedagógico pressupõe que a experimentação seja uma ferramenta intencional de promoção da aprendizagem, favorecendo a mediação da construção de conceitos pelo fato de que, em seu emprego, o professor “[...] precisa estar atento ao aluno, percebendo seu conhecimento e suas dificuldades, que podem ser identificados a partir da observação atenta do professor nas ações dos alunos em aula (GALIAZZI e GONCALVES, 2004, p. 327)”.

Esse aspecto é evidenciado na proposta de Experimentação Problematicadora, e no sentido de “ir mais além” de uma experimentação investigativa, pelo fato de colocá-la sob um viés metodológico (metodologia de ensino), devendo ser implementada alicerçadas em algum (ou em todos) dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti: problematização inicial, organização do conhecimento ou aplicação do conhecimento, sendo que, sua inspiração freireana “[...] propõe a leitura, a escrita e a fala como aspectos indissolúveis da discussão conceitual dos experimentos (FRANCISCO, FERREIRA e HARTWIG, 2008, p. 34-35)”.

Nesse trabalho, não procuramos plasmar, fielmente, em nossos procedimentos esse rico e significativo princípio teórico da experimentação sob pena de deformá-lo, entretanto, nosso trajeto investigativo não abre mão de pensar-fazer a experimentação associada a uma concepção metodológica de ensino.

A SEQUÊNCIA DE EXPERIMENTOS E A SUA IMPLEMENTAÇÃO

No Colégio Estadual Barão de Mauá, em Volta Redonda, concomitantemente, à observação de regência, elaboramos e implementamos uma sequência de experimentos para abordar o tópico Atomística, no 1º ano do Ensino Médio (EM), conforme indicações do Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro. A sequência de experimentos, acrescida do uso de um texto-paradidático, de recursos digitais e de questões de aplicação, ocuparam duas aulas de Química de uma hora e quarenta minutos cada (com um intervalo de uma semana entre elas), sendo implementados em três intervenções (Int1 = com 12 alunos e no 1º ano do EM, Int2 = com 20 alunos e no 1º ano do EM e Int3 = com 24 alunos e no 3º ano do EM), durante os anos de 2014 e 2015.

Usamos como problematização inicial um primeiro experimento (Exp1) que propunha a observação do comportamento de um monitor LCD e um monitor CRT (tubo) frente à ação de um ímã, visando levantar a discussão em sala de aula e os conhecimentos prévios dos alunos. Partimos para a organização do conhecimento por meio do segundo experimento (Exp2), constituído pelas tarefas de cortar uma folha branca A4 em pequenos pedaços e o uso de uma tampa plástica de caneta esferográfica, de forma a observar a aproximação sucessiva da tampa em direção aos papéis e repetindo a mesma ação após atritar a tampa com o cabelo.

Seguimos a organização do conhecimento com o terceiro experimento (Exp3), baseado e adaptado de Nery e Fernandez (2004), constituído pela observação de diferentes amostras (sabão em pó, colírio oftálmico, água tônica, água, álcool, corante alimentício verde e extrato de folhas de plantas verde) frente às lâmpadas UV (luz negra), amarela, verde, vermelha, anti-insetos e à luz visível.

Num olhar prospectivo e meta-metodológico tentamos explorar: no Exp1 as relações do tubo do monitor com o tubo de Crookes e sua função no modelo de Thomson; no Exp2 coma geração de eletrostática por atrito, a natureza elétrica da

matéria e; no Exp3, com a “reversibilidade” da fluorescência, as transições eletrônicas, e com as distintas lâmpadas, a quantização da energia, ambas para do modelo Bohr.

Conforme Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008), a implementação crítica dos experimentos foi acompanhada de diálogos entre os alunos e os futuros professores (bolsistas do Pibid), explorando, continuamente, a fala e, em particular, a escrita por meio de questões localizadas após cada procedimento.

Utilizando aspectos da Int1 podemos descrever os processos de sala de aula da seguinte forma: nos minutos iniciais, perguntamos aos alunos o que eles sabiam sobre os dois tipos de monitores que estavam perante a eles. Em geral, disseram que as tecnologias eram diferentes, que possuíam características físicas externas distintas, que um era um notebook e o outro era um monitor de computador do tipo desktop, entre outros aspectos.

Após algumas respostas, foi perguntado a eles o que aconteceria se fosse aproximado um ímã frente a cada um dos monitores. Alguns alunos disseram que nada aconteceria, porém, um aluno disse já ter visto um vídeo, na internet, onde aproximavam um ímã num monitor de tubo, mas, quanto ao monitor LCD, ele não sabia o que aconteceria. Então pedimos a uma aluna para realizar esse experimento, com a intenção de envolver os alunos na aula (Fig. 1). Quando eles observaram o fenômeno ocorrido, todos perguntaram o que estava acontecendo com aqueles monitores.

Aqui, distribuimos os roteiros experimentais e solicitamos que respondessem primeiro, a questão inicial. Muitos reclamaram, dizendo que não tinham opinião sobre o assunto ou não sabiam explicar. Nós os tranquilizamos falando que as perguntas ali propostas não “valiam nota” e que eles podiam responder sem medo de errar. Ao prosseguirmos, os alunos realizaram o Exp2, sendo que, alguns alunos ficaram surpresos com o resultado, outros já haviam feito em casa. Mais uma vez, pedimos para anotarem suas explicações sobre o fenômeno observado.



Figura 1: Aluna realizando o procedimento do Exp1

Logo após, propomos uma divisão da turma em grupos de três alunos para a realização do Exp3 (Fig. 2). Falamos os nomes e mostramos todos os materiais que seriam utilizados naquele momento. Explicamos cada passo do roteiro, com calma e esclarecendo todas as dúvidas. Os alunos deveriam observar o que estava ocorrendo e anotar os resultados em um quadro que estava no roteiro.



Figura 2: . Extrato de espinafre (clorofila) frente à lâmpada de UV

Aos poucos todas as amostras foram sendo observadas e as devidas anotações feitas. Em geral, os alunos ficaram bem entusiasmados com as amostras que mudavam de coloração e, por manipularem as amostras, preparando o extrato de espinafre, e as lâmpadas, esse momento foi mais descontraído e com mais interação entre alunos e bolsistas, facilitando a ajuda e o incentivo anotações sobre os fenômenos observados e nas respostas referente à última questão.

Na segunda aula da Int1, ressaltamos a importância dos experimentos realizados, solicitamos que ficassem de posse do roteiro da aula anterior e que o conhecimento químico, que nos auxiliaria a entender aqueles fenômenos, seriam apresentados de forma que a qualquer momento poderiam fazer perguntas. A participação foi menor que no dia anterior, porém, maior do que naquelas aulas observadas anteriormente à Int1.

No Diário de Bordo, registramos que alguns alunos estavam mais dispersos, mas outros participavam, ativamente, em sala de aula, fazendo perguntas, interagindo conosco e o mais importante, respondendo sem medo de errar. Iniciamos com as concepções de átomo segundo Demócrito e Leucipo, na Grécia antiga, logo, o modelo de J. Dalton. Ao abordarmos o modelo de Thomson, focamos numa comparação entre os aspectos do tubo de Crookes, utilizado nos experimentos de Thomson, e os do monitor de tubo, da aula passada. Nesse contexto, sendo uma atração elétrica aquela entre plástico e papel do Exp2, indagar a origem dessa eletricidade nos levaria ao “interior” da matéria, isto é, a um modelo explicativo do átomo.

Após mencionar o modelo de Rutherford, focamos no modelo atômico de Bohr. A retomada do Exp3 foi a base para iniciarmos a falar sobre a ideia de quantização da energia (efeito das lâmpadas) e excitação de elétrons (efeito da fluorescência). Optamos por reforçar o diálogo com os alunos demonstrando o modelo de Bohr na simulação proposta por Adams (2014) para os modelos de átomos de hidrogênio. O simulador reproduzia o efeito de diferentes comprimentos de onda, assim como no uso das lâmpadas no Exp3. Cabe ressaltar que o texto-paradidático localizava essas transições eletrônicas, também, na formação da cor das amostras analisadas (por exemplo, a cor verde do corante alimentício, não excitado pela lâmpada UV).

Ao final da Int1, distribuímos as questões de aplicação do conhecimento, no qual, os alunos responderam questões relativas ao tópico curricular abordado, sendo que, alguns se valeram de suas palavras e outros reproduziram cópias do texto.

A REFLEXÃO SOBRE AS INTERVENÇÕES

Uma primeira leitura e reflexão sobre o papel dos experimentos foi realizada por meio das respostas dos alunos coletadas por meio do roteiro de procedimentos, uma vez que, intercalava orientações aos alunos nas tarefas e registro das observações com questões abertas após cada fenômeno vivenciado. Tivemos, então: como questão inicial (Q1): Por que monitores (ou televisores) com tecnologias Tubo e LCD têm diferentes comportamentos frente à ação de um ímã? Explique; como segunda questão (Q2), relacionada ao Exp2, O que determina esses diferentes comportamentos? E, como terceira questão (Q3), relacionada ao Exp3, o que determina os diferentes fenômenos que você observou?

Para a primeira questão de aplicação (QA1) tivemos: Utilizando os conceitos estudados, explique por que a imagem num monitor de tubo sofre distorção sob a ação de um ímã ao passo que num monitor do tipo LCD a imagem não sofre distorção? como segunda questão (QA2), tivemos: No experimento observamos que algumas soluções quando expostas à radiação Ultravioleta mudam de coloração. Que fenômeno ocorre com estas soluções? (O que causa as alterações nos experimentos realizados?).

Para a Q1, obtivemos como respostas que mais vieram à tona, na Int1, após manifestarem certa vergonha em responder, foram ideias vagas sobre a *presença de materiais diferentes na composição de cada monitor, a emissão de radiação em graus diferentes*, em ambos; *possuírem tecnologias diferentes e; monitor CRT com algo magnético* no seu interior. Em nenhum momento houve menção da palavra átomo.

Na Int2, as respostas se resumiram à *diferença de tecnologia* e quando surgiram expressões como: *ocorre atração de elétrons no monitor de tubo*, foram questionados e não conseguiram explicar em detalhes, apenas mencionaram que já tinham ouvido ou visto em algum outro lugar. Na Int3, observamos apenas a *atração dos elétrons* e a *evolução da tecnologia* dos monitores, sem maiores detalhes explicativos. Oralmente, os alunos expressaram que realmente não faziam ideia do funcionamento dos aparatos e as suas respostas seriam tentativas de explicações.

Para Q2, na Int1, observamos que, em sua maior parte, os alunos explicaram pelo fato de a caneta possuir *algum tipo de química*. A mobilização de ideias sobre eletricidade estática apareceu pouco em face de ideias como: *diferença de massas; aquecimento da caneta; comparação com um ímã; química presente no cabelo; umidade do cabelo e; magnetização da caneta*. Nesta intervenção, ao realizarmos o experimento de eletrostática uma aluna disse não ter conseguido realizá-lo pelo fato de seu cabelo estar molhado. Então pedimos que ela atritasse a caneta na calça, ao invés do cabelo. Assim, ela fez e conseguiu o efeito de atração.

Na Int2, observamos que os alunos, em sua maior parte, produziram as ideias de *fraco aquecimento da caneta* como gerador de uma *energia que atraiu o papel*. Surgiram ideias como *caneta magnetizada*, mas sem saber explicar seu significado (disseram que faziam isso com a caneta, mas nunca se perguntaram o porquê). Outras expressões como *agitação dos átomos, calor gerado pelo atrito e geração de energia* também apareceram nas respostas. Na Int3, os alunos trouxeram ideias como o *atrito, geração de energia estática e transferência de elétrons para a caneta*, a qual se encontrava *energizada* com o papel.

Para Q3, na Int1 observamos que os alunos explicaram os fenômenos com a palavra/ideia *reação* entre a amostra e a luz (quando a mudança da coloração ocorria). Na Int2, todos os alunos apenas mencionaram os fatos observados, atribuindo a causa à luz incidente sem propor uma explicação do por que das outras luzes não

provocavam o mesmo efeito. Na Int3, os alunos trouxeram as ideias de *as amostras apresentarem composição diferente*, ideias de *sobreposição de cores*, *união com os componentes das cores* e, talvez, baseadas em ideias surgidas no experimento anterior, na *transferência de elétrons*, sem mencionar sua origem (da luz?).

Para QA1, na Int1, percebemos que a maioria dos alunos explicou o fenômeno a partir do *feixe de elétrons*, mas sem se valer do conceito de átomo. Na Int2, assim como na Int1, observamos respostas baseadas na *ação do ímã frente às bobinas* presentes no televisor de Tubo, ao passo que, na Int3, observamos que as respostas, em sua maioria, foram formuladas usando transcrições do texto-paradidático.

Para QA2, na Int1, percebemos que a maioria dos alunos responderam usando palavras como *fluoresceína* e *luminescência* ou baseado no fato de *as moléculas serem diferentes*, entretanto, não se valendo da ideia de transições eletrônicas num modelo de átomo. Na Int2, encontramos o maior número de alunos que não conseguiram explicar o fenômeno observado inicialmente, ao passo que, encontramos as respostas mais completas dentre aqueles que conseguiram responder, isto é, relacionaram o fenômeno da fluorescência como a emissão de energia por meio da transição dos elétrons.

Na Int3, a maioria dos alunos resumiu-se a fluorescência, sem detalhar o processo de transição eletrônica com a emissão de energia em forma de luz. Nesse dia, acrescentamos outra questão: Como o modelo atômico de Bohr nos ajuda a explicar o último experimento realizado em sala? Sendo que, a maioria dos alunos não respondeu e os poucos que responderam não conseguiram descrever o experimento por meio do modelo proposto. Isso nos deu indícios de que os alunos apresentaram dificuldade em transitar, autonomamente, entre os níveis macroscópicos e microscópicos, ou seja, se prenderam aos aspectos concretos, vistos nos experimentos, em face aos abstratos/genéricos relativos aos modelos teóricos.

Na Int2, observamos que os alunos mostraram mais interesse em participar da aula em relação à Int1. Nesse dia, realizamos o experimento e a aplicação do conhecimento na mesma hora aula, sendo necessário ajustes no experimento, isto é, apenas 2 tipos de lâmpadas foram usados: a luz negra e a vermelha. Ainda, o aumento do interesse foi acompanhado de melhor desempenho nas QA (quando comparado às Int1 e Int3). Aqui, as QA dos alunos foram objeto de avaliação (formariam parte da nota bimestral) pelo professor supervisor, ao contrário das Int1 e Int3. Outro aspecto importante foi o fato de que apenas a Int2 teve um caráter introdutório, ou seja, foi aplicado antes de os alunos estudarem os conceitos relativos à atomística.

Entretanto, percebemos que nas Int3, Int2 e Int1 os alunos demonstraram dificuldade em “passar para o papel” suas ideias, tanto sobre os fenômenos observados (descrição), quanto sobre os conceitos científicos abordados (modelos teóricos), sendo que, foi mais expressivo na Int3, uma vez que, a maior falta de interesse pela atividade se sobressaiu frente ao fato de terem trabalhado esse tópico curricular em anos anteriores.

Outro aspecto foi o fato de que nas três intervenções os alunos não estarem habituados à metodologia de ensino empregada (usando experimentos com perguntas), pois a escola parceira havia sido recém integrada ao Subprojeto. Acreditamos que certo estranhamento ao papel pedagógico dos experimentos em sala de aula possa ter influenciado no desempenho dos alunos, ainda que possíveis mudanças fujam ao escopo desse trabalho.

REFLEXÕES SOBRE AS REFLEXÕES DAS INTERVENÇÕES

Numa reflexão retrospectiva e mais afastada dos processos de implementação da sequência de experimentos podemos apresentar alguns aspectos significativos referenciados na literatura. Numa primeira categoria a apreensão da aprendizagem como processo imediato, vemos que o Pibid e o supervisor poderiam negociar outras sequências, de forma a complementar e acompanhar os alunos em seus processos de significação. O sentido de “fracasso da experimentação” (ou o não atendimento das expectativas nela projetadas) serve para reforçar que no ensino de atomística, por exemplo,

[...] a elaboração de modelos mentais pelos alunos na explicitação de um fenômeno químico não ocorre de uma forma abrupta, com uma questão problematizadora, um experimento ou um texto, é necessário elaborar novas questões, pensar novas formas de mediar e persistir no estudo das dificuldades dos alunos (MELO e NETO, 2013, p. 122).

Corroborado, ainda, por GALIAZZI e GONCALVES quando nos alertam que “apropriar-se de um determinado significado é um processo complexo e que isso, geralmente, não ocorre imediatamente [ao passo que] [...] o importante em qualquer situação pedagógica é que os alunos enriqueçam seus conhecimentos após o desenvolvimento de uma atividade (GALIAZZI e GONCALVES, 2004, p. 329)”.

Numa segunda categoria, uma prospectiva localização da articulação entre aspectos abstratos e concretos, fator referenciado como desafio aos planejamentos de ensino pelo fato de que, “[...] muchas veces durante las clases de ciencia que se imparten en la escuela, resulta muy difícil separar los conceptos abstractos fundamentales que estamos buscando de los efectos observables (HODSON, 1994, p. 306)”, diríamos que, se no experimento sobre eletrostática, aparentemente simples, se mostrou pouco refletido pelos alunos. Aqui esse efeito concreto da atração nos ligaria à natureza elétrica da matéria, ou seja, o que é essa atração? E de onde ela surge? Vemos essa intenção no papel dado a “reversibilidade” da fluorescência da água tônica, frente a lâmpada UV, ligada ao conceito abstrato de transição eletrônica (“reversível”). O mesmo ocorre com o sabão em pó.

A escolha de um corante alimentício verde e de um extrato de clorofila tentou ligar aspectos concretos da “cor verde” (e sua limitação) com a ideia abstrata de substância (molécula) necessária para entender/prever o comportamento fluorescente. Aqui, sobretudo, o efeito quântico está presente nas duas amostras de coloração verde (pigmento orgânico e fluorescência). Nesse contexto, além do inusitado comportamento da água tônica, reforçamos a “contradição” de que a cor verde não é capaz de explicar a alteração para o vermelho, buscando promover, conforme os autores,

[...] a relevância de estruturar uma atividade experimental que considere resultados surpreendentes, em que se inclui a estética da atividade experimental, mas que os transcenda e alcance a construção de um conhecimento mais enriquecido sobre o tema (GALIAZZI e GONCALVES, 2004, p. 330).

Tentamos articular essa ligação com um slide sistematizador representando o átomo de Bohr e as transições eletrônicas, seguido de uma representação simplificada para localizar nas ligações químicas outros tipos de transições eletrônicas como

modelo explicativo. As diferentes cores emitidas pelas lâmpadas seriam articuladas com a quantização da energia necessária às transições eletrônicas. Nos colocamos, dessa forma, no desafio dessa articulação, mediado pela linguagem, como inferido por OLIVEIRA:

[...] nas atividades experimentais pouco adianta trabalhar apenas no nível fenomenológico ainda que este seja o mais negligenciado nas aulas tradicionais sem a preocupação em propiciar sua correta articulação com a linguagem química que expressa, no nível teórico, as explicações para os fenômenos observados, isto é, sem reconhecer que é por meio da linguagem que os conceitos químicos são formados na mente dos alunos (OLIVEIRA, 2010, p. 38)

Temos apostados em tarefas condizentes uma terceira categoria, perguntas acessórias. Nesse caso, a resposta de uma aluna localizando a origem da atração entre papel e tampa de caneta no motiva a seguir pensando em um rol de perguntas complementares que serão usadas ou não de acordo com o contexto, por exemplo, então faça o atrito na sua calça ou em outro material “seco”. Também caberia essa estratégia ao perceber a palavra “reação” quando da interação da luz UV na água tônica, ou seja, se reação for transformar uma coisa em outra coisa, a água tônica deixou de ser água tônica após o experimento? Durante a exposição de amostras frente à distintas lâmpadas, indagamos o porquê de que apenas uma das lâmpadas e não outras provocaram o fenômeno observado. Aqui vemos, então, um direcionamento para a contradição e, ao mesmo tempo, para a organização dos pensamentos prévios dos alunos. Cabe ressaltar que no Exp3, quando usado a amostra de sabão em pó frente a lâmpada

Esses aspectos, para os quais propomos o planejamento prospectivo de perguntas acessórias, já foram detectados por Melo e Neto, uma vez que,

[os] licenciandos, de um modo geral, queixaram-se da dificuldade em saber qual questão fazer após uma resposta considerada inadequada aos seus propósitos. Não foram capazes de produzir um retorno com uma nova questão para produzir uma nova hipótese e sentiram-se despreparados para a mediação da leitura (MELO e NETO, 2013, p. 121).

Como quarta categoria podemos chamar de o problema da motivação intrínseca e mecânica. O menor engajamento dos alunos nas Int3 e Int1 nos reforçou o problema da ideia de que os experimentos são “naturalmente” motivadores. Essas vivências nos mostraram que a valorização da experimentação como atividade curricular (Int2) pode, ainda que num primeiro momento de forma “extrínseca”, contribuir para que os alunos tenham suas participações computadas como conteúdo atitudinal ou procedimental. Essa naturalização tem sido constatada na literatura, e atribuída aos preceitos do Círculo de Viena, conforme GALIAZZI e GONCALVES, quando nos dizem que “[e]ssa ideia presente no pensamento dos professores está associada a um conjunto de entendimentos empiristas de Ciência em que a motivação é resultado inerente da observação do aluno sobre o objeto de estudo (GALIAZZI e GONCALVES, 2004, p. 328)”.

Por outro lado, o da intencionalidade de criação pedagógica dessa motivação, OLIVEIRA (2010, p, 36) nos fala em saber aproveitar o aspecto motivacional, na medida que, numa leitura vigotskiana, “os aspectos afetivo (a motivação) e intelectual (o aprendizado) não devem ser dissociados na compreensão dos processos psicológicos tipicamente humanos”, nesse caso temos que repensar as tarefas

posteriores aos experimentos no sentido de tornar o processo de apresentação dos modelos atômicos mais ativo e motivador, ou seja, com o planejamento de tarefas de papel e lápis e em grupos. A pouca motivação criada pela experimentação pode vir a ser potencializada com recursos pedagógicos posteriores, ou seja, deve ter a sua “continuidade” promovida por outras mediações. Na Int2, cabe ressaltar, que os experimentos estiveram mais próximos da função de problematizando inicial, ou seja, foram apresentados anteriormente a qualquer discussão teórica, conforme FRANCISCO, FERREIRA e HARTWIG (2008, p. 36).

Esse aspecto estaria contemplando as relações entre pensamento e língua por meio da escrita e da fala, em momentos de sistematização dos pensamentos dos alunos e na sua comunicação, como aspectos importantes da construção do pensamento conceitual. No que chamaríamos de a marca do diálogo, conforme GALIAZZI e GONCALVES (2004), constatamos que deveriam haver mais exposições orais para explicar os conceitos cotidianos (na implementação dos experimentos), e da mesma forma, após a apresentação ulterior dos conceitos químicos envolvidos. Nesse contexto, o momento de implementação se valeu de um roteiro de procedimentos, observação e perguntas.

Ao contrário de uma compreensão fetichizada de roteiro (como se tivessem “vontade própria” e, mecanicamente, remetessem a um diretivismo pedagógico), nosso artefato procurou organizar as observações e as ações dos alunos, mas, intercalando perguntas que tentaram explorar a predição de fenômenos, isto é, a expectativa dos alunos em relação ao resultado experimental. Em termos gerais, “seja pela previsão, justificativa, explanação ou observação do professor sobre como os alunos desenvolvem determinada ação, [podemos] possibilitar que as diferentes teorias pessoais possam ser objeto de análise e discussão crítica em aula (GALIAZZI e GONCALVES, 2004, p. 329)”.

Em outras palavras, tentamos dar um caráter de ficha de observação experimental, conforme FRANCISCO, FERREIRA e HARTWIG:

Nessa cultura primeira, os alunos não estão acostumados a observar rigorosamente, a fazer anotações e a debatê-las. Em oposição, a produção do conhecimento científico exige observações rigorosas e reflexões críticas sobre estas. Daí a importância desse instrumento em auxiliar os estudantes, tornando suas observações mais rigorosas e mais ricas em detalhes, ao mesmo tempo em que trabalha a comunicação escrita (FRANCISCO, FERREIRA e HARTWIG, 2008, p. 37-38).

Esse artefato deve promover a tríade leitura-escrita-fala sem dicotimizá-la, ou seja, deve dar suporte material à sucessivos momentos espiralados dessa tríade (até mesmo porque no plano psicológico se constituem por processos distintos).

Por fim, o Exp1 ao trazer o LCD e o CRT trouxe à tona a ideia de Tecnologia (palavra mencionada pelos alunos), a qual poderia abrir caminho para futuras discussões e abordagens mais ricas (sistematizadas) em conteúdo ideológico e econômico-político, auxiliando a elaboração de uma visão crítica do papel da aceleração de inovação tecnológica no capitalismo tardio, contemplando o que inferem os autores, pois, ao “[...] planejar atividades experimentais que incluam a contextualização do conteúdo, é preciso apontar para relações culturais, sociais, econômicas e políticas (GALIAZZI e GONCALVES, 2004, p. 331)”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das constatações dos nossos limites em relação a essa proposta de sequência de experimentos, ou seja, a persistência da dificuldade em usar o modelo atômico (constructo teórico) para explicar fenômenos cotidianos (plano fenomenológico), nos propomos a um replanejamento e uma nova implementação, sob nova configuração. Entretanto, pensamos estar contribuindo para uma abordagem mais relacional e menos estanque da atomística, pois a fragmentação dos conceitos químicos (sua compartimentalização) pode estar ocasionando dificuldades de aprendizagem.

Nos dizem os autores que os livros didáticos

[...] apresentam geralmente a mesma sequência: primeiro um capítulo sobre modelos atômicos, seguido de tabela periódica e, finalmente, ligações químicas [...] A experiência em sala de aula demonstra que, como consequência dessa fragmentação, o aluno apresenta dificuldade em estabelecer relações entre o **modelo atômico**, o **molecular** e o **comportamento da matéria** (MELO e NETO, 2013, p. 113 - grifos nossos).

Noutra dimensão, e a partir de constatações de que os “professores, geralmente, abordam a experimentação de forma genérica e intuitiva (FRANCISCO, FERREIRA e HARTWIG, 2008, p. 34), ganha ênfase “[...] a necessidade de discutir a experimentação como artefato pedagógico em cursos de Química, pois alunos e professores têm teorias epistemológicas arraigadas que necessitam ser problematizadas (GALIAZZI e GONCALVES, 2004, p. 326)”, acreditamos que a problematização de nossas práticas pedagógicas no ambiente de sala de aula vem contribuindo para uma formação crítica de professores de Química no contexto do Sul Fluminense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, W. et al. **Modelos do átomo de hidrogênio** Versão 1.11 PhET – Interactive Simulations. Simulação em Java. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom>. Acesso em: 011 abr. 2014.

ANDRADE, M. L. F. de e MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, 2011. p. 835-854. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v17n4/a05v17n4.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2014.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química...** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central** 9. ed. São Paulo: Pearson, 2005.

FRANCISCO Jr., W. E., FERREIRA, L. H. e HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **QNEsc**, São Paulo, n. 30, 2008. p. 34-41. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2014.

GALIAZZI, M. do C.; GONCALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Quím. Nova [online]**, São Paulo, vol.27, n.2, p. 326-331, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n2/19283.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2014.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental**. São Paulo: Ática, 2009.

GIL PÉREZ, D. e VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, 14, 1996. p. 155-163.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no Ensino de Ciências. **QNEsc**, São Paulo, n. 10, p. 43-49, nov. 1999. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2015.

HODSON, D. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, vol. 12, n. 3, 1994. p. 299-313.

JOHNSTONE, A. H. The development of Chemistry Teaching: a changing response to changing demand **J. Chem. Educ.**, vol. 70, n. 09, p. 43-49, 1993. p. 701-705.

MELO, M. R. e NETO, E. G. de L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em Química. **QNEsc** vol. 35, n. 2, 2013. p. 112-122. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2014.

NERY, A. L. P.; FERNANDEZ, C. Fluorescência e estrutura atômica... **QNEsc**, São Paulo, n. 19, p. 39-42 maio 2004. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/19-a12.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2014.

OLIVEIRA, J. R. S. de A Perspectiva Sócio-Histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no Ensino de Química. **ALEXANDRIA**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p.25-45, nov. 2010. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38134>>. Acesso em: 04 out. 2015.

POZO, J. I. e CRESPO, M. **A aprendizagem e o ensino de Ciências** Porto Alegre: Artmed, 2009.

PORLÁN, R.; MARTÍN, J. **El diario del profesor** 3. ed. Sevilla: Díada, 1996.

PEREIRA, B. B. Experimentação no Ensino de Ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. **Cadernos da Fucamp**. Monte Carmelo, vol. 9, n. 11, 2010. Disponível em:<<http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/cadernos/article/view/176/170>>. Acesso em: 04 out. 2015.

SARTORI, P. H. S.; LORETO, E. L. da S. Medidor de Fluorescência Caseiro. **QNEsc**, São Paulo, vol. 31, n. 2, p. 150-154, maio 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_2/13-EEQ-4508.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2014.

SCHNETZLER, R. P. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos dirigidos ao ensino secundário de Química de 1875 a 1978. **Quim. Nova** vol. 4, n. 1, 1981. p. 6-15. Disponível em: < [http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol4No1_6_v04_n1_\(4\).pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol4No1_6_v04_n1_(4).pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2014.

TOLENTINO, M. e ROCHA-FILHO, R. C. O átomo e a tecnologia. **QNEsc**, São Paulo, n. 3, p. 4-7, maio 1996. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/quimsoc.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2014.

TYSON, J. Como funcionam as LCDs. **How Stuff Works Brasil**. Disponível em: <<http://tecnologia.hsw.uol.com.br/lcd.htm>>. Acesso em: 11 abr. 2014.

UFRGS **Os tubos fosforescentes** Porto Alegre: Instituto de Física, 2005. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/tecnologiacomciencia/banners/tubos-raios-catodicos-10.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2014.