

cR

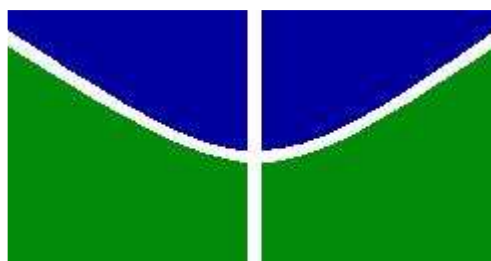
Centro
de Referência
Paulo Freire

**Este documento faz parte do acervo
do Centro de Referência Paulo Freire**

acervo.paulofreire.org



InstitutoPauloFreire



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

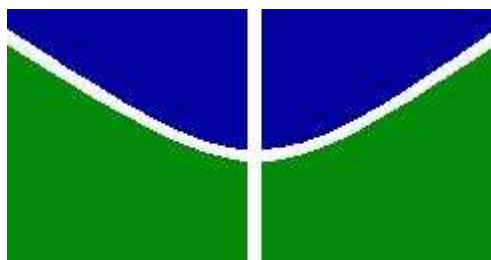
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Experimentação no Ensino de Ciências: atividades
problematizadas e interações dialógicas

Suzana de Souza Guedes

Brasília – DF
2010



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Experimentação no Ensino de Ciências: atividades problematizadas e
interações dialógicas

Suzana de Souza Guedes

Dissertação realizada sob orientação da Prof.^a
D.^a Joice de Aguiar Baptista e apresentada à
banca examinadora como requisito parcial à
obtenção do Título de Mestre em Ensino de
Ciências – Área de Concentração “Ensino de
Química”, pelo Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Ciências da Universidade de
Brasília.

Brasília – DF
2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

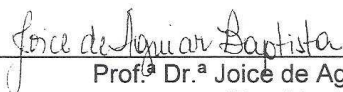
SUZANA DE SOUZA GUEDES

“EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ATIVIDADES PROBLEMATIZADAS E INTERAÇÕES DIALÓGICAS”

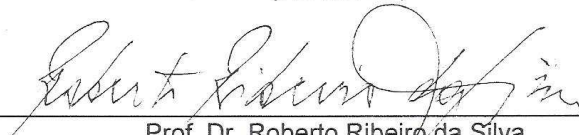
Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 29 de junho de 2010.

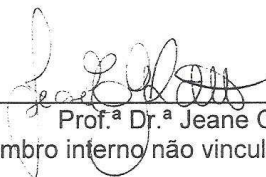
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Joice de Aguiar Baptista
(Presidente)



Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva
(Membro interno vinculado ao Programa – IQ/UnB)



Prof.^a Dr.^a Jeane Cristina Gomes Rotta
(Membro interno não vinculado ao Programa – FUP/UnB)

“Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende.”
(João Guimarães Rosa)

AGRADECIMENTOS

“Se fui capaz de ver mais longe é porque estava de pé nos ombros de gigantes”
(Isaac Newton)

Agradeço aos gigantes que fizeram parte dessa conquista:

À professora Joice, que sempre prestativa e atenciosa me acolheu nesses três anos como sua orientanda. No decorrer do curso ouvi dela críticas, elogios, broncas, mas em nenhum momento faltaram palavras de incentivo, que me fizeram querer ir até o fim.

Aos professores Roberto Ribeiro da Silva, Jeane C. G. Rotta e Gerson de Souza Mól por participarem da minha banca e pelas importantes contribuições que nortearam esse trabalho.

À amiga Kellen pela presença na minha vida e por ter compartilhado muitas idéias e angústias ao longo do processo.

Às amigas Cris e Renata, que estiveram sempre dispostas a me ouvir e a dar conselhos nos vários momentos difíceis.

Ao Gustavo, que torceu por mim, desejo que estejamos juntos em muitas outras conquistas.

Aos amigos que acompanharam, torceram e se alegraram comigo.

Em especial, agradeço a minha família, pelo apoio que sempre tive e por fazerem parte da minha vida.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo investigar a importância do uso das atividades experimentais em contexto e condições reais do ensino de ciências no nível fundamental II. A perspectiva foi pensar tal prática como uma abordagem de ensino que se condiciona mais à natureza epistemológica do conhecimento do que a fatores contextuais e institucionais. A partir da reflexão na ação, emergiu as concepções acerca da natureza da ciência e do ensino experimental, destacando-se em relação às atividades experimentais, o papel que desempenham, as contribuições no processo de ensino-aprendizagem, os desafios a serem enfrentados e os equívocos relacionados. Apresenta-se uma alternativa, contrapondo-se ao tipo de atividade antes utilizada, agora baseada na problematização, com intuito de tornar as atividades dialógicas na perspectiva de Paulo Freire. Foram propostas atividades problematizadas, abordando os temas água e ar para estudantes do 6º ano do ensino fundamental II, com metodologia que instigou a busca de soluções através das ações, das reflexões e do diálogo. Esta proposta promoveu a participação dos alunos propondo explicações para os fenômenos estudados, permitiu a modificação e/ou reelaboração de ideias e pontos de vistas e estabeleceu conexões entre os saberes cotidianos e científicos. Desta forma, transformou-se o contexto de sala de aula em palco de aprendizagens para alunos e professora, em que todos foram igualmente sujeitos no processo.

Palavras chaves: atividades problematizadas, experimentação, diálogo.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to investigate the importance of using experimental activities in the context and real situations of science teaching in Junior High School. The perspective was to think of such practice as a teaching approach that is more conditioned to the epistemological aspect of knowledge than to the contextual and institutional aspects. Ideas about the nature of science and experimental education emerged from the results of the research study, especially regarding experimental activities and their role, contributions to the teaching and learning process, the challenges that must be faced, and related misconceptions. An activity opposite to the type of activity previously used was presented. This alternative was based on questioning with the intention of producing activities in the dialogue-related perspective of Paulo Freire. Activities with the problem format, which addressed the subjects of water and air, were proposed to 6th grade students. This method instigated the students to search for solutions through actions, discussions and dialogue and also instigated their participation in proposing explanations for the studied phenomena, allowing the modification and/or re-elaboration of ideas and points of view and the establishment of connections between everyday and scientific knowledge. Therefore, the classroom context was modified into a stage for the learning of students and teachers, who were equals in this process.

Keywords: Problematizing activities, experimentation, dialogue

SUMÁRIO

Introdução	4
1. A natureza pedagógica da experimentação.....	9
1.1 Concepções acerca da natureza da Ciência	11
1.2 Repensando o papel do laboratório	13
1.3 Papel da experimentação	19
2. Ensino por investigação: modalidade didática para a experimentação	24
2.1 Atividades experimentais problematizadas	25
2.2 Argumentação.....	28
3. Concepções de Paulo Freire.....	34
4. Metodologia.....	38
4.1 Contexto da pesquisa.....	38
4.2 Etapas da metodologia.....	41
4.3 Coleta de dados.....	42
4.4 Definição das categorias de análise	45
4.5 Transcrições das aulas	47
5. Resultados e discussões	48
6. Considerações finais	92
7. Bibliografia.....	97
8. Proposta de Ação Profissional.....	100

Introdução

A disciplina de ciências para o ensino fundamental na escola onde leciono é ministrada por dois professores intitulados como professor de sala de aula e professor de laboratório. Trabalho exclusivamente como professora de laboratório há nove anos na mesma instituição e por muitos anos mantive uma visão simplista e ingênua sobre experimentação, acreditando que as atividades experimentais da forma como estavam sendo realizadas contribuíam de maneira significativa para a aprendizagem.

Essa imagem foi reforçada por considerar a escola inovadora e bem conceituada não só por possuir um espaço físico próprio e bem equipado para o desenvolvimento das atividades práticas, como também por disponibilizar horário e professor específico para realização dos experimentos. O laboratório é um atrativo, usado muitas vezes como propaganda, com a imagem de que ele traz melhorias na qualidade de ensino.

Porém, refletindo a respeito na minha prática pedagógica nas aulas experimentais, percebi que o ensino era centrado na transmissão-recepção e os roteiros eram meras repetições de caráter empirista. Durante estes anos, acreditei que a experimentação poderia ser usada como um teste para validação de teorias e também uma estratégia eficaz e motivadora para que os estudantes entendessem os conceitos científicos que eram abordados. Não me dava conta de que a ciência era trabalhada de forma objetiva, neutra, empírica, e que transmitia uma visão rígida, exata e até mesmo infalível, contribuindo para uma imagem ingênua, distorcida e estereotipada da Ciência.

A experimentação reduzia-se à apresentação de conhecimentos previamente elaborados que não davam oportunidade aos estudantes de explorarem atividades dentro de uma perspectiva de ensino do tipo investigativo. Dessa forma, o aluno acabava reproduzindo passivamente o que lhe era apresentado.

Os critérios para seleção dos experimentos eram basicamente: a adequação ao tempo de aula e o efeito visual que despertaria a curiosidade e o interesse dos estudantes. Considerava também importante que os experimentos não gerassem resultados duvidosos, pois os erros não seriam trabalhados, dando mais ênfase aos procedimentos em detrimento das conclusões e das reflexões.

Observava, então, que a maioria dos alunos sentia dificuldade em argumentar e procuravam por respostas antes mesmo de tentar caminhos para obtê-las. Eles não compreendiam o objetivo e a razão dos experimentos, sendo incapazes de estabelecer conexão entre o que estavam fazendo e o que estavam aprendendo, e seguiam o procedimento como “receita de bolo”.

É comum entre os alunos a idealização do laboratório como sendo um espaço de muitas vidrarias e substâncias perigosas e o anseio por experiências que provoquem explosão ou liberem fumaças coloridas, criando, desta forma, obstáculos à aprendizagem de conceitos por desviar a atenção para os aspectos fenomenológicos. Na visão de Bachelard (1996) “as experiências muito marcantes, cheias de imagens são falsos centros de interesse” (p. 50).

Hodson (1994) considera que muitas das dificuldades apresentadas devem-se a maneira irreflexiva dos professores quanto ao que seja o trabalho experimental. “As práticas usadas são mal concebidas, confusas e carentes de valor pedagógico” (p. 304). Saraiva-Neves e colaboradores (2006) sintetizam algumas razões apontadas por Hodson¹ que justificam porque os estudantes aprendem pouco de ciências: as atividades são desenvolvidas sem qualquer base teórica, o conteúdo é fornecido pelo professor, limitando a apropriação pessoal de significados por parte dos alunos e os alunos se tornam meros consumidores do planejamento do professor, apropriando-se muitas vezes, de concepções errôneas para interpretar suas observações.

¹ Hodson, D. (1990). *A critical look at. Pratical Work in School Science*. School Science Review.

A experimentação é um dos aspectos abordados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) como uma das atividades que podem proporcionar melhoria na aprendizagem, desde que, seja garantido o espaço para reflexão e discussão de ideias ao lado dos procedimentos e atitudes. O documento sugere ainda que os estudantes sejam guiados em suas observações através de atividades práticas problematizadas (Brasil, 1998, p. 122).

Ao confrontar a minha prática com as críticas de Hodson (1994) e com as orientações dos PCN (Brasil, 1998), percebi que as aulas experimentais que ministrava estavam distantes das referências e com aspectos coincidentes de uma prática inadequada. Diante desse quadro, fez-se necessário uma mudança nas aulas no intuito de tornar as atividades experimentais mais eficientes e com propósitos melhores definidos, de forma a compor uma importante estratégia capaz de tornar a aprendizagem mais interessante, motivadora e acessível aos alunos.

Assim me perguntei: como fazer para que os alunos, frente aos experimentos propostos, desenvolvam a capacidade de pensar e agir em busca de respostas de uma forma mais autônoma e criativa? Será que a prática experimental, quando transformada em uma atividade problematizada, poderá ajudar os alunos, num processo dialógico, a questionarem suas próprias ideias e se apropriarem do conhecimento de forma mais adequada?

Uma boa aprendizagem, segundo Matos e Valadares (2001), é facilitada se houver um “espaço para que os alunos manipulem objetos e ideias e negociem significados entre si e com os professores” (p. 228). Das características apontadas para esse ambiente destacam-se: ênfase na apropriação ativa e significativa do conhecimento em detrimento de uma retenção passiva, promoção de tarefas contextualizadas em vez de sequências rígidas e bem determinadas e análise e reflexão crítica do que diz e faz o estudante e o que dizem e fazem os seus colegas.

Nas avaliações de Silva e Zanon (2000), de nada adianta realizar atividades experimentais se não for propiciado o momento de discussão teoria-experimento que

transcende o conhecimento fenomenológico e os saberes cotidianos dos alunos. Nesse sentido, elas afirmam que as aulas de ciências devem abranger três dimensões que não podem estar dissociadas: o fenômeno, a linguagem e a escrita; uma vez que a apropriação do conhecimento em ciências pelos alunos “resulta sempre de uma relação dinâmica-dialética entre experimento e teoria, entre pensamento e realidade, relação que só é possível através da ação mediadora da linguagem” (p. 137).

Hodson (1994) mesmo tecendo uma série de críticas acerca das experimentações, ressalta suas potencialidades, considerando o laboratório um recurso fundamental para que os alunos sejam encorajados a explorar e a testar suas ideias e a repensá-las, caso se apresentem inadequadas.

Dessa forma, para que o laboratório seja um espaço aberto ao diálogo, que possibilite ao estudante explorar e manipular os dados empíricos permitindo inclusive lidar com os erros foi utilizado uma metodologia em que as experimentações tornaram-se atividades com significados e os alunos se sentiram desafiados por meio da problematização. Essa metodologia propôs que a atividade desenvolvida pelo aluno fosse um problema a ser resolvido, instigando a curiosidade e o raciocínio e permitindo o teste de hipóteses como tentativas de respostas a questão em estudo. Isto possibilitou que o estudante participasse mais ativamente dos procedimentos, se sentindo mais apto a discutir suas ideias com o grupo, desenvolvendo a capacidade de argumentação, de observação e de escrita auxiliando a consolidação da aprendizagem.

Para melhor compreensão deste trabalho, os capítulos foram organizados de acordo com as etapas vivenciadas na elaboração. Dessa forma, o primeiro capítulo traz uma reflexão da própria prática docente a partir de referenciais que abordam a natureza epistemológica da ciência e o papel da experimentação no ensino.

O segundo capítulo, como consequência desta reflexão, apresenta os pressupostos que fundamentam o ensino investigativo como modalidade didática para a experimentação, indicando que a atividade problematizada e dialogada promove a apreensão de significados e contribui para o desenvolvimento da curiosidade, fator indispensável à aprendizagem crítica.

No terceiro capítulo são discutidos alguns fundamentos da teoria de Paulo Freire, os quais dão suporte à proposta desenvolvida, discutindo aspectos do ensino problematizado.

O quarto capítulo apresenta a metodologia utilizada no trabalho, os instrumentos de análise e o contexto em que se deu a pesquisa. O quinto mostra como foram conduzidas as atividades propostas, apresenta os diálogos estabelecidos durante as atividades e a análise destes diálogos. E, por fim, seguem as considerações finais.

Dessa forma, esperamos que este trabalho contribua para que a experimentação na educação em Ciências possa prosseguir em uma perspectiva comprometida com o desenvolvimento intelectual e emocional dos estudantes.

1. A natureza pedagógica da experimentação

A repetição e a rotina das atividades tornam as ações do professor tácitas e espontâneas e, de certo modo, irreflexivas. O professor que não reflete sobre suas ações se torna um profissional acrítico, mecânico e tecnicista. Contrapondo esta ideia, Longhini e Nardi (2007) defendem que o professor que tiver acesso à pesquisa sobre a sua própria prática, desde o período de sua formação docente, terá novas compreensões e críticas acerca das ações e, com isso, maiores chances de desenvolver a profissão de forma autônoma e responsável.

Se fizermos uma reflexão com os professores de ciências sobre a prática de ensino e pedíssemos para que eles explicassem à baixa frequência ou ausência de experimentos, é de se esperar que os professores associem o fato a algumas dificuldades vivenciadas, tais como: turmas grandes; falta de infraestrutura física e de material, como ausência de laboratórios e escassez de reagentes e de vidrarias; carga horária reduzida e tempo de aula curto para realização desse tipo de atividade.

Estas dificuldades, alegadas para o pouco uso de experimentos nas aulas de ciências, não foram encontradas nesta pesquisa, uma vez que a instituição oferecia ao professor tempo, espaço adequado, materiais e turmas com um número reduzido de alunos, constituindo-se um referencial distinto de muitas escolas locais, principalmente as que compõem a rede pública.

Moura e Chaves (2009) consideram que as condições ambientais e organizacionais na efetivação de experimentos nas aulas de ciências são fatores condicionantes, mas não determinantes, e que o espaço físico do laboratório é importante, mas não imprescindível, uma vez que os experimentos escolares são de natureza pedagógica e não científica. Para Gioppo e colaboradores (1998) a ausência de atividades experimentais está mais ligada ao despreparo dos professores do que propriamente às condições (ou falta delas), já que existem

possibilidades de se realizar vários tipos de experimentos em outros ambientes que não seja o laboratório substituindo aparelhagens, vidrarias e reagentes por materiais de fácil aquisição e baixo custo.

Schnetzler² (1992) apud Moura e Chaves (2009), afirma que os problemas da educação em ciências são normalmente atribuídos pelos professores às dificuldades no processo de aprendizagem e quase nunca ao ensino. Essa afirmação converge para o posicionamento de Silva e Zanon (2000) que, cientes das lamentações dos professores, atribuem essa problemática à precária formação docente, que está relacionada à falta de clareza do que seja a aprendizagem por experimentação.

Harres (1999) alerta que os processos de formação de professores não tem propiciado uma reflexão crítica sobre concepções epistemológicas e suas implicações didáticas. Segundo Porlán e Rivero³ (1998) apud Harres (1999), o professor, no início da sua formação, deve fazer uma reflexão epistemológica profunda que o leve a questionar o modelo didático pessoal e a sua concepção da natureza da ciência, contrastando-a com as supostas evoluções estabelecidas nos currículos.

Nesta ótica, percebemos que, antes de encontrar respostas para os questionamentos propostos para esta pesquisa, foi preciso investir no processo de evolução profissional. Sendo assim, a investigação acerca da própria prática docente e a reflexão sobre a natureza da ciência e da experimentação no ensino são caminhos favoráveis à ruptura de concepções inadequadas, aquisição de novos conceitos e esquemas e reformulação de ações.

O desenvolvimento progressivo das ideias e das ações decorrentes da reflexão da própria prática serão apresentados nos tópicos subsequentes.

² Schnetzler, R.P. *Construção de Conhecimento e Ensino de Ciências*. Em Aberto. Brasília, ano 11, n. 55, jul 1992.

³ Porlán, R. & Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: una propuesta en el área de ciencias*. Sevilla: Díada.

1.1 Concepções acerca da natureza da Ciência

Polán⁴ (1989) apud Harres (1999), aponta que para se ter um conhecimento escolar adequado que atenda as necessidades educativas atuais é essencial considerar as concepções científicas e pedagógicas dos professores. De acordo com a revisão de pesquisa das concepções dos professores sobre a natureza da ciência realizada por Harres (1999), identificou-se que muitos professores mantêm a concepção de uma imagem empirista da ciência, apoiada no papel da observação e na produção de conhecimentos através do método científico.

Outro aspecto importante da revisão de Harres (1999) são as implicações dessas concepções no ensino. A relação entre as concepções sobre o ensino de ciências e as concepções sobre a natureza da ciência foram abordadas por vários trabalhos, porém Harres (1999) considera que os resultados ainda são pouco conclusivos, uma vez que alguns autores identificam que a epistemologia pessoal permeia a ação docente, enquanto outros autores não apresentam evidências significativas desta influência.

Porém, mesmo não tendo uma clareza maior sobre esta questão, as concepções dos professores devem ser vistas de forma complexa, considerando fatores, de ordem organizacional, motivacional, institucional e experiencial (Porlán e Rivero⁵).

Neste aspecto, Harres (1999) considera o trabalho de Porlán como sendo o mais completo, permitindo caracterizar, nos professores, uma epistemologia pessoal, ampla e integrada por diferentes perspectivas epistemológicas e didático-metodológica. Na pesquisa de Porlán, verifica-se uma concepção didática integrada por três dimensões: a racionalista, que enfatiza o raciocínio lógico e as explicações corretas de um conhecimento acabado; a

⁴ Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de La enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Tese de doutorado não publicada.

⁵ Porlán, R. & Rivero, A. *El conocimiento de los profesores: una propuesta en el área de ciencias*, Sevilla: Díada.

empirista, que enfatiza a observação e a aplicação do método científico em sala de aula e a psicopedagógica que, coerente com as dimensões anteriores, desconsidera o conhecimento prévio dos alunos.

Para entender melhor essas dimensões apontadas por Porlán, recorre-se a Filosofia da Ciência, buscando, nas concepções de Bachelard, subsídios para compreensão dos processos de evolução conceitual, tão necessários ao ensino de Ciências.

Bachelard (1996) usa o termo “alma professoral” para caracterizar o estado em que o ser zela pelo dogmatismo, repetindo ano após ano o seu saber. Para ele, de nada serve a experiência que é monotonamente verdadeira ou isenta de erros. Portanto, para Bachelard (1996), a cultura científica deve começar por uma purificação intelectual e afetiva e posteriormente colocada em estado de mobilização permanente, substituindo o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico.

Mesmo quando o conhecimento empírico se racionaliza, não se tem a garantia de que os valores primitivos não estejam interferindo nos argumentos. Dessa forma, a ideia científica reúne inúmeras analogias, imagens e metáforas que dificultam a abstração.

Quanto à dimensão empírica, Bachelard (1996) ressalta que as observações são incutidas de fatores subjetivos relacionados a nossa experiência, pois no próprio ato de conhecer, o sujeito coloca muito de si, impregnando o conhecimento científico de traços subjetivos, imaginários e de foro afetivo. Estes são, para ele, causas da estagnação e até regressão do pensamento científico a que ele chamou de obstáculos epistemológicos.

O primeiro obstáculo epistemológico a ser superado é o conhecimento baseado na opinião. A ciência por princípio opõe-se a ela, mas destruí-la não é tarefa fácil, pois segundo Bachelard (1996), há entre nós um instinto conservativo em que o espírito prefere, o que confirma o seu saber ao que o contradiz, gosta mais de respostas do que de perguntas.

Porém, o homem é uma espécie que tem necessidade de mudanças. Precisar, retificar, diversificar são pensamentos dinâmicos que fogem da certeza e da unidade, senão encontra mais obstáculos do que estímulos. Nos dizeres de Bachelard (1996): “o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar” (p. 21).

Enfim, para Bachelard (1996), a evolução do espírito científico se mostra fecunda quando sobre qualquer fenômeno se avança da imagem para a forma geométrica, em que há conciliação entre a matemática, a experiência, as leis e os fatos, e, depois da forma geométrica para a forma abstrata.

Somente com a abstração é que se superam obstáculos. Na educação, por exemplo, Bachelard (1996) alerta que essa noção de obstáculos é desconhecida e se surpreende com o fato de que os professores de ciências não compreendem que os alunos não compreendam. Para ele, isso se deve ao fato de que os professores não levam em conta que os alunos entram em sala de aula com conhecimentos empíricos já constituídos e insistem em se fazerem entender pela repetição, ao invés de tentar derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana.

Acolhida a perspectiva apontada por Bachelard, o professor deve fazer uma reflexão acerca dos saberes científicos, crenças, hábitos e heranças culturais que entravam o progresso do saber, ou seja, detectar os obstáculos epistemológicos para fundamentalmente racionalizar o ensino.

1.2 Repensando o papel do laboratório

Neste tópico, embasadas nas ideias referidas até o momento, buscou-se desenvolver o que Schön (1992) chama de “reflexão-na-ação”. Esse termo significa pensamento realizado

no momento da prática, que pode ser considerado um confronto empírico com a realidade, a partir de um conjunto de esquemas teóricos prévios e de concepções implícitas.

Descreve-se a “reflexão-na-ação” por autoexame ao relatar antigas concepções envolvendo o papel da experimentação na divulgação do conhecimento científico. Começa-se, assim, enumerando seis razões que se julgam importantes para justificar o uso de aulas práticas no ensino de ciências:

1. facilita a aprendizagem, pois esta vê a teoria através da prática;
2. verifica fatos e princípios estudados teoricamente;
3. descobre as leis científicas por meio da experiência;
4. desperta o interesse dos alunos deixando-os mais motivados para aprender;
5. vivencia o método científico; e
6. treina técnicas de laboratório.

Partindo de reflexões envolvendo o tema experimentação didática, segundo a ótica de alguns autores, tais como Galiazzi e colaboradores (2001), Hodson (1994), Silva e Zanon (2000), Gioppo e Scheffer (1998), Moura e Chaves (2009), Galiazzi e Gonçalves (2004), pode-se concluir que vários professores de Ciências também compartilham de concepções inadequadas que justificam o uso de aulas práticas, necessitando de uma reorientação de conceitos do que seja o ensino experimental.

Para estruturação desta etapa do texto, na perspectiva da reflexão-na-ação, será feita inicialmente uma releitura das razões anteriormente enumeradas que justifica o uso da experimentação no ensino, tentando reconhecer quais são as concepções implícitas presentes e suas implicações para a minha atuação no contexto escolar. Para facilitar à discussão as razões estarão separadas por categorias considerando as semelhanças entre elas. Foram definidas três categorias:

- experimentação para comprovação de teorias (abrangendo as razões 1, 2 e 3);

- experimentação como instrumento motivador para aprendizagem (razão 4);
- experimentação para promoção de habilidades (razões 5 e 6).

Estas categorias serão analisadas a seguir.

a) Experimentação para comprovação de teorias

Normalmente depois de expor a teoria, conduzia os estudantes à bancada do laboratório para que os alunos pudessem confirmar na prática a verdade daquilo que lhes havia dito, reforçando a convicção quanto à plausibilidade daqueles acontecimentos. Dessa forma, separava a atividade experimental da atividade teórica, tornando a prática uma condição final para validação da teoria.

Essa categoria permite identificar a atividade experimental como uma estratégia didática que auxilia na compreensão dos conhecimentos teóricos, em que os estudantes, diante das observações e procedimentos, chegam a aprendizagens. É como se o aprender se fizesse pela prática e pelas observações empíricas, desconsiderando os conhecimentos que os indivíduos já possuem. Ao condicionar as atividades experimentais a demonstrações e ou a comprovações de teorias e de fatos, dissemina-se uma visão estereotipada de que existe uma única explicação, certa ou errada, para os problemas abordados.

Na visão de Moura e Chaves (2009), a justificativa de que o experimento serve de comprovação para o conhecimento ministrado nas aulas teóricas evidencia a separação, a hierarquização e a complementaridade entre teoria e prática, além de reforçar a concepção de que a prática favorece o “aparecimento de algo” que não aconteceria se as aulas fossem tipicamente teóricas.

Outro equívoco associado era acreditar que bastava usar o concreto para que os conceitos se tornassem compreensíveis, e que a ciência está escondida por dentro de fenômenos à espera de ser descoberta. Contrapondo essa ideia, Baratieri e colaboradores (2008) nos fazem lembrar que “as teorias são produções humanas, portanto históricas, e

fazem parte de um processo de construção. Não são simplesmente, encontradas ou descobertas a partir da realidade empírica” (p. 25).

Se fosse verdade que a realidade pudesse ser “descoberta” pelos sentidos e pela observação, não precisaríamos do professor. Além disso, Bizzo (1998) alerta que não se pode esperar que a simples realização de um experimento seja suficiente para modificar a forma de pensar dos estudantes: eles tenderão a encontrar explicações para o ocorrido que diferem do que o professor esperaria. Isso significa que a realização de experimentos é uma tarefa importante, mas que não dispensa o acompanhamento constante do professor, que deve pesquisar quais são as explicações apresentadas pelos alunos para os resultados encontrados e conduzi-los de alguma forma à aprendizagem desejada.

Além dos motivos apresentados, que contribuem para sustentar que a experimentação não tem a função de comprovação de teorias, Galiazzi e Gonçalves (2004) acrescentam que os experimentos são dependentes de alguma teoria, considerando que é ela que possibilita uma interpretação das observações e não o contrário. Os autores advertem que o professor deve romper com uma visão dogmática de ciência a fim de não fomentar a apropriação dessa visão pelo aluno.

b) Experimentação como instrumento motivador para aprendizagem

Quanto à motivação, segunda categoria, considere que o público infantil é especialmente interessado quando o assunto é experimentação. A curiosidade e o interesse em investigar diversos aspectos da natureza são características inerentes às crianças. Segundo Hodson (1994), os estudantes se sentem atraídos pelo laboratório porque colocam em prática métodos de aprendizagem mais ativos e em que há maior interação entre professor e alunos. Além de considerarem interessantes, os estudantes manifestam-se positivamente em relação às aulas de laboratório por vivenciarem situações diferentes daquelas impostas em sala de aula, tornando-se prazerosas simplesmente por “quebrar” a rotina do cotidiano. Mas, o ideal é

que essa motivação apareça e se mantenha em razão das situações instigantes, desafiadoras que despertem o intelecto e não por ser descontraída e livre de tensões.

Alguns estudos, apontados por Galianzi e Gonçalves (2004), mostram que muitos professores consideram a experimentação um fator motivador para a aprendizagem. Esse pensamento dos professores, segundo estes autores, está associado às ideias empíricas de que a motivação é resultado inerente da observação, uma vez que os alunos observam “algo” diferente ou fantástico. A mágica e o show, segundo Galianzi e Gonçalves (2004), são sempre salientados, mas advertem que “a componente estética pode ser incorporada às atividades experimentais não por sua beleza e mágica somente, mas por configurar-se um conhecimento tácito que precisa ser problematizado” (p. 324).

Moura e Chaves (2009) associam a crença de que as práticas experimentais motivam o interesse dos alunos por influência dos grandes projetos educacionais implantados no Brasil nas décadas de 60 e 70, cujo foco era a experimentação e o objetivo era formar cientistas. Inspirados em Hodson (1994), aqueles autores relembram que a motivação não ocorre de forma homogênea entre os alunos e complementam afirmando que as práticas experimentais podem motivar em situações específicas e não generalizadas. Lançam, então, suposições de que o interesse ou não dos alunos pode estar associado à afetividade que se estabelece entre professor e aluno.

Nesse aspecto, Galianzi e Gonçalves (2004) acreditam que a maneira como um professor apresenta um assunto influencia o aluno a gostar e aceitar ou não o que está sendo apresentado.

c) Experimentação para promoção de habilidades

Uma intenção que se destaca para justificar o uso de aulas experimentais é a aquisição de habilidades em decorrência do manuseio de equipamentos e do treinamento de técnicas de laboratório. Hodson (1994) critica essa finalidade considerando-a de pouca relevância e sem

aplicabilidade fora do contexto de laboratório, uma vez que poucos estudantes ingressam nas áreas das ciências nas universidades ou mesmo seguem uma vida profissional trabalhando em laboratórios.

Bizzo (1998) comenta que é uma expectativa frequente e muito exagerada a ideia de que as aulas de ciências são desenvolvidas em laboratórios iguais aos dos cientistas. Essa situação é reforçada quando propõe-se aos estudantes roteiros lineares, que seguem a etapas rígidas (observar, formular hipóteses, verificar, comprovar ou recusar e concluir) como se simulassem uma suposta metodologia científica. Moreira e Ostermann (1993) tecem rigorosas críticas a respeito do método científico tal como é apresentado nos livros didáticos e abordado nas aulas de ciência, pois, podem levar as várias concepções errôneas sobre o trabalho científico. O laboratório de ensino não reproduz o laboratório de pesquisa, uma vez que o método científico não começa na observação e que nem o mais puro, ou o mais ingênuo cientista, observa algo sem ter a cabeça cheia de conceitos, princípios, teorias, os quais direcionam o trabalho.

Barberá⁶ (1996) apud Silva e Zanon (2000), diz que o conhecimento de procedimentos é ainda considerado como aspecto fundamental do ensino experimental de ciências, em detrimento da reflexividade e ao conhecimento de conceitos.

Em pesquisa desenvolvida por Moura e Chaves (2009), aparece, entre os professores pesquisados, a concepção de que na experimentação se aprende por meio da manipulação de instrumentos. Da compreensão da experimentação como forma de aprender fazendo, os autores realizam inferências, a partir da fala de um dos professores pesquisados, que as informações adquiridas nas aulas experimentais não resultam necessariamente na

⁶ Barberá, O. (1996). *Investigación y Experiências didácticas: el trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión*. Enseñanza de las ciencias, v.14, n. 3.

compreensão dos fenômenos de maneira integral e que a experimentação por si só não contempla em termos de explicações.

Assim, diante das reflexões guiadas pelos pressupostos teóricos, concluí-se que apenas as aulas experimentais não garantem um bom aprendizado, não asseguram a inter-relação teoria e prática, que a ciência não resulta de descobertas, que não há neutralidade do sujeito que observa e que as observações devem ser guiadas por teorias.

Segue-se a discussão definindo o papel das atividades experimentais no ensino de ciências a partir do trabalho de autores que investigaram sobre o assunto. Para orientar esse debate usaremos os questionamentos propostos por Silva e Zanon (2000): qual o papel dos experimentos no Ensino de Ciências? Que modalidade de experimentação é adequada para ajudar a aprender ciência? E por Moura e Chaves (2009): que desafios enfrentam nas suas realizações? Que contribuições as atividades experimentais podem fornecer ao ensino-aprendizagem? As respostas a estes questionamentos serão o assunto do nosso próximo tópico.

1.3 Papel da experimentação

No tópico anterior foi abordada a necessidade de superação de uma visão de ciência neutra, indutivista, reducionista e com deformações acerca dos objetivos da experimentação no ensino de ciências. Neste momento, faz-se importante definir qual é o papel dos experimentos no ensino de Ciências, que contribuições podem fornecer ao processo de ensino-aprendizagem, quais os desafios a serem enfrentados e que modalidade de experimentação é a mais adequada.

Para Hodson (1994), o ensino experimental tem o papel de propiciar um momento concreto para que os estudantes compreendam e avaliem seus modelos e teorias e

desenvolvam e modifiquem suas ideias e pontos de vista. Para Silva e Zanon (2000) o ensino experimental é uma estratégia dinâmica e interativa que privilegia a negociação de significados de saberes, contribui para apreensão do conhecimento no nível teórico-conceitual e promove potencialidades humanas.

Moura e Chaves (2009) não consideram a atividade experimental uma estratégia de ensino, por ser algo isolado, pontual, resultando em fragmentação e hierarquização entre teoria e prática. Para eles, o ensino experimental deve ser uma abordagem pedagógica, assumindo, dessa forma, o seu papel epistemológico na produção de determinados conhecimentos científicos e no ensino deles. Com essa perspectiva, não cabe distinções ou demarcações de horários especiais para as aulas teóricas e aulas experimentais. O enfoque experimental ou teórico passa a ser definido conforme a natureza do conhecimento estudado, ou seja, a natureza dos diferentes conteúdos trabalhados é que indica a abordagem adequada a ser utilizada. Para Moura e Chaves (2009), o ensino experimental deve privilegiar aprendizagens mais duradouras, relacionando, argumentando, refletindo e criticando os conhecimentos propostos pelo professor e não por ações mecânicas e passageiras, como a repetição e a memorização.

Para Hodson (1994), os estudantes devem ser estimulados a dar explicações, e quando suas ideias estiverem inadequadas, a eles sejam permitidos modificá-las, ao invés de desprezá-las ou reiniciá-las. Silva e Zanon (2000) concordam com Hodson (1994) reiterando que é essencial a intervenção do professor para que os estudantes reelaborem as novas explicações. As autoras complementam afirmando que a explicitação e discussão dos pontos de vista e ideias iniciais dos estudantes, a partir das contraposições e intervenções específicas e intencionais do professor, são possibilitadas se os aspectos práticos-fenomenológicos forem evidenciados em um contexto problematizado, tematizado e contextualizado. Para Silva e Zanon (2000) deve existir nas aulas experimentais uma constante interlocução entre os

saberes cotidianos e científicos e um confronto de ideias diversificadas dos alunos e do professor com a teoria cientificamente aceita e das teorias com os resultados experimentais obtidos. Essas interlocuções, segundo as autoras, fazem superar a visão linear, diretiva, alienada e alienante da ciência e do ensino experimental da ciência.

Os demais referenciais teóricos consultados apresentam uma visão de ensino experimental concordante com a dos autores acima mencionados e, nessa perspectiva, apresentam condições específicas para seu uso, que, quando contempladas, trazem importantes contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Nessa perspectiva, Baratieri e colaboradores (2008) compartilham dessa proposta e fundamentam-se em Ausubel⁷ (1998) para afirmarem que o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes permite ao professor estabelecer relações com o conteúdo sobre o qual se concentrará o processo de ensino, o que valoriza a aprendizagem e fundamenta a apreensão dos novos significados.

Moreira e colaboradores (2006) ressaltam que o laboratório é um local privilegiado para refletir sobre situações problemáticas, exercitando o pensamento crítico, tornando possível que a ciência indutivista predominante nas escolas, evolua, com o auxílio da filosofia, para um processo de ensino-aprendizagem em que seja valorizado o papel do aluno na apreensão do conhecimento. Os estudantes tornam-se responsáveis pelas suas aprendizagens, com base nos conflitos cognitivos a partir de métodos dialógicos.

A experimentação é apontada pelos PCN como um dos procedimentos que permitem aos estudantes não só obterem informações para elaboração e reelaboração de suas ideias e atitudes, como também para o desenvolvimento de autonomia com relação à obtenção do conhecimento (Brasil, 1998).

⁷Ausubel, D. et al (1998). *Psicologia Educacional*. 2 ed. Rio de Janeiro, Interamericana.

Dessas contribuições surgem desafios das quais o professor tem que considerar e inserir na sua prática docente ao fazer uso de atividades experimentais no ensino de Ciências. Dentre esses desafios destacam-se: a superação de um modelo de ciência indutivista, a criação de um espaço que valorize a reflexão e a aplicação de uma modalidade de experimentação adequada aos propósitos desse tipo de abordagem pedagógica.

Segundo Silva e Zanon (2000) a aprendizagem a partir da experimentação tende a fracassar quando o professor não considera que o conhecimento teórico disponível possa ser insuficiente ou quando os trabalhos práticos são introduzidos de forma tecnicista, trivial, em que a interpretação dos resultados parta de uma iniciativa individual. As autoras advertem que a compreensão do fenômeno se dá pela linguagem e não pela observação.

Quanto a espaço propício a reflexão, destaca-se o posicionamento de Caniato (1992) que, apesar de não falar diretamente de experimentação, considera as discussões entre alunos e entre aluno e professor como sendo “o maior manancial de situações que solicitam e desafiam o uso da razão” (p. 74). Para ele, o professor deve oferecer situações concretas desafiadoras que solicitem e proponham o raciocínio e sempre que o aluno se manifestar ou oferecer qualquer contribuição, esta deve ser reconhecida e estimulada.

Galiazzi e colaboradores (2001) alertam que “não basta apenas estabelecer um clima de diálogo em sala de aula, é fundamental o exercício do diálogo crítico, que se constrói e reconstrói pelo exercício sistemático da leitura, da leitura crítica, da escrita, da argumentação” (p. 251).

Portanto, há um consenso entre os autores mencionados de que o conhecimento científico e o entendimento são frutos de uma construção social em que os indivíduos envolvidos em conversações e atividades problematizadas engajam-se em um processo individual de atribuição de significados.

Em resumo pode-se definir o ensino experimental como uma abordagem pedagógica para apropriação do conhecimento, desde que a modalidade usada para desenvolvimento das atividades práticas seja investigativa, problematizada e que permitam aos estudantes: a participação em diálogos propondo explicações para os fenômenos observados, a compreensão e avaliação de modelos e de teorias, a modificação e ou reelaboração de ideias e de pontos de vista e a interligação entre os saberes cotidianos e científicos.

A seguir, será abordado com mais detalhes o tema atividades práticas investigativas e problematizadas enquanto modalidade de experimentação.

2. Ensino por investigação: modalidade didática para a experimentação

De acordo com Moreira e colaboradores (2006), a ciência avança impulsionada pela vontade de explicar situações problemáticas. Bachelard (1996) considera que todo conhecimento científico é resposta a uma pergunta, “se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico” (p. 18). Transpondo essa ideia para o ensino de ciências, isto é, se o objeto a ser conhecido for apresentado na forma de um problema a ser resolvido, pode-se tornar um atrativo aos estudantes por instigar a curiosidade. Segundo Freire (1996) é tarefa da prática educativa-progressista o desenvolvimento da curiosidade. Para ele

A curiosidade como inquietação indagadora, como inclinação ao desvelamento de algo, como pergunta verbalizada ou não, como procura de esclarecimento, como sinal de atenção que sugere alerta, faz parte integrante do fenômeno vital (p. 32).

Dessa forma, não podemos permitir que no ensino, a resposta apareça antes da pergunta, numa inversão tolhedora da curiosidade. Como alternativa, propõem-se a prática do ensino investigativo como modalidade didática para a experimentação.

O ensino por investigação, segundo Azevedo (2003), tem como objetivo levar os alunos a pensarem, debaterem, justificarem suas ideias e aplicarem seus conhecimentos em diferentes situações. Estas atitudes são esperadas no ensino por experimentação e possíveis de serem alcançadas se as atividades estiverem acompanhadas de situações instigantes, desafiadoras e dialógicas, envolvendo a solução de problemas.

Para Azevedo (2003), a atividade prática para ser considerada uma atividade investigativa, a ação do aluno não deve estar limitada apenas na manipulação ou observação, ela deve também promover a reflexão, a discussão e a explicação. Espera-se, com essas ações, que o aluno adquira atitudes, tais como curiosidade, iniciativa, criticidade e habilidades como raciocínio, astúcia, flexibilidade e argumentação.

Numa proposta investigativa, o estudante se mobiliza em busca de soluções para o problema proposto, pensando, agindo, interferindo e questionando. Nesta modalidade exige-se do aluno uma postura autônoma e ativa, deixando de ser apenas um observador.

Visto que será desenvolvida uma proposta de ensino por investigação através da problematização, o tópico seguinte apresenta o significado do termo “problema” e a importância do seu uso no ensino na perspectiva de alguns autores.

2.1 Atividades experimentais problematizadas

De acordo com Henning (1994), problema é uma situação de dúvida, um estado de tensão psicológica capaz de estimular a curiosidade, o pensamento reflexivo e provocar a ação em busca de uma solução ou atitude de trabalho.

Para Silva e Núñez (2002), além de provocar tensão ou pensamento produtivo, o problema também pode ser uma tarefa complexa cuja solução depende da busca para obter novos conhecimentos ou ressignificação de conceitos.

Segundo Macedo (2002), problema é uma atividade na qual o aluno deve buscar recursos, ativar esquemas e tomar decisões de forma reflexiva. Para isso, ele deve compreender o que está fazendo e ser capaz de avaliar as consequências das suas ações.

Concordantes com essa colocação, Silva e Núñez (2002) consideram o uso de problemas no ensino uma estratégia que permite que os educandos, a partir das suas reflexões, conscientizem-se dos processos utilizados e dos erros e acertos, pois a própria contradição expressada no problema ativa o raciocínio, promove o desenvolvimento cognitivo e o pensamento dialético.

Santos e colaboradores (2005) acreditam nessas possibilidades e afirmam que ao se fazer uso de problemas no ensino, o sujeito é levado a efetuar operações mentais solicitadas e

a interligar os resultados obtidos com os procedimentos utilizados durante a busca da solução para o problema. Para eles, os conteúdos e processos deixam de ser fins para ser meios de encontrar respostas possíveis sobre questões que fazem sentido.

Um ponto marcante nas revisões a respeito de situações problema é que esse tipo de atividade valoriza as ideias dos estudantes. Neste enfoque, Santos e colaboradores (2005) consideram que as informações prévias permitem ao educando aplicar capacidades e competências que já possuem para adquirir novas. E o educador, por sua vez, poderá ajustá-las e posteriormente avaliá-las para identificar se o objetivo de aquisição de conhecimento pela mediação do problema foi alcançado. Com a ressalva, apresentada por Silva e Núñez (2002), de que não é objetivo da situação problema a eliminação ou substituição das ideias iniciais, mas contribui para que as ideias dos estudantes estejam dentro de um marco mais estreito de validade.

Os PCN abordam a importância de o professor selecionar corretamente o fenômeno a ser problematizado. Essa cautela se deve ao fato de que as vivências dos alunos podem estar ligadas aos mais diferentes fenômenos naturais e tecnológicos e que suas explicações para os fenômenos se dão segundo essas vivências. Dessa forma, o documento defende a posição que as atividades problematizadas permitem que as vivências e os conhecimentos dos alunos aproximem-se das explicações próprias da ciência (Brasil, 1998).

Os autores Henning (1994) e Silva e Núñez (2002) fazem colocações quanto aos quesitos necessários para elaboração do problema, tais como:

- o nível de dificuldade. Não pode ser tão fácil que não provoque dificuldades e nem tão difícil que fique fora do alcance cognitivo;
- o despertar do interesse e da curiosidade dos estudantes para promover uma ação;
- a dinâmica que reflete as relações causais entre os processos estudados;

- os aspectos conceituais e motivacionais, estabelecendo a contradição entre o conhecido e não conhecido;
- a estrutura pedagógica, que deve ser boa, pois a promoção constante de conflitos cognitivos pode inibir a participação;
- o cotidiano, levando em conta aspectos relacionados à ciência, à tecnologia e à sociedade.

No entanto, o trabalho do professor não se restringe a escolha e a elaboração da situação problema, inclui também, ao longo do processo, incentivar a participação dos estudantes, mantendo-os atentos e emocionalmente envolvidos. Para Santos e colaboradores (2005), o professor deve intervir para relembrar instruções e apontar desvios do grupo. Henning (1994) também faz observações acerca da intervenção do professor. Para ele

O professor não deve intervir demasiadamente, pois isto é capaz de bloquear o aluno, impedindo-o de raciocinar e realizar. O professor também não deve intervir pouco, pois isto promoverá a morosidade do trabalho, com discussões arrastadas e não objetivas que a pouco ou a nada conduzem. (p. 217)

Em suma, o ensino através de situações problema, na perspectiva que foi discutida, torna a atividade experimental mais significativa, proporcionando ao aluno uma nova atitude de trabalho, em que a forma de pensar está relacionada à reflexão, à formulação de hipóteses, à manipulação e ao controle de variáveis experimentais, à observações correlatas, à abstrações e à validação de argumentos.

Na prática, temos como exemplo o trabalho do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF)⁸ da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Nesse trabalho, os alunos do ensino fundamental são levados a resolver situações problemas, argumentar e escrever sobre os fenômenos físicos a partir da reflexão do como, do por que e das

⁸O material produzido pelo LaPEF está disponível no site: www.fe.usp.br/estrutura/midiavirtual.htm.

explicações causais que eles mesmos dão ao agir sobre o objeto da experimentação. O resultado, segundo Carvalho⁹ (1998) apud Oliveira e Carvalho (2005), é que os estudantes, na medida em que vão contando o que fizeram para o professor e a turma, vão estabelecendo, em pensamento, as próprias coordenações conceituais, lógico-matemáticas e causais.

Cappechi e Carvalho (2000) destacam que as situações problemas enfrentadas pelos alunos propiciam a apresentação de ideias e elaboração de explicações, implicando construção de argumentos pelo diálogo.

No modo dialógico de pensar de Freire (1996), teoria, método e prática formam um todo, guiado pelo princípio da relação entre conhecimento e conhecedor. O diálogo é, portanto, uma exigência existencial, que possibilita a comunicação e permite ultrapassar o imediatamente vivido, chegando a uma visão totalizante do contexto.

Acreditando no potencial da atividade problematizada e considerando a argumentação uma habilidade importante a ser desenvolvida no contexto escolar, em particular no ensino de ciências, a atividade problematizada se torna um recurso para estabelecer relações de diálogo promovendo negociações de significados entre os alunos no contexto social de sala de aula.

Porém, em razão da riqueza da discussão e da importância do diálogo para essa pesquisa, foram abordados de maneira separada esse tema em outro tópico. Entende-se, aqui, termo diálogo como sendo a troca de ideias, conceitos e opiniões sustentada pela argumentação, com vista à solução de um problema em comum.

2.2 Argumentação

Para este trabalho de pesquisa, as atividades práticas problematizadas são um recurso para envolver os estudantes num processo de investigação em que o professor deixa de

⁹ Carvalho, A.M.P.(1998). *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico*. Scipione. São Paulo.

demonstrar conhecimentos “verdadeiros” e passa a estabelecer relações de diálogo para negociação de significados entre os estudantes.

Cappechi e Carvalho (2000) consideram importante o desenvolvimento da argumentação no contexto escolar baseada na apresentação de evidências, já que são tipicamente valiosas para a comunidade científica. Galiazzi e Gonçalves (2004), dentro desse mesmo contexto, ressaltam que o argumento desenvolvido em grupo favorece a concepção de que a ciência é uma atividade social envolvendo pessoas com atitudes, pontos de vista, opiniões e preconceitos.

Outra importante contribuição do trabalho de Cappechi e Carvalho (2000) é a apresentação das dimensões alcançadas na formação dos estudantes quando estes são incentivados a participarem de discussões sobre os temas estudados. São eles: aprendizado de uma convivência cooperativa com os colegas, respeito a diferentes formas de pensar, cuidado na avaliação, autoconfiança para a defesa de pontos de vista, visão de ciência como consenso de ideias de uma comunidade cujas teorias estão em constante construção, familiarização com a linguagem que carrega consigo características da cultura científica, reconhecimento entre informações contraditórias, identificação de evidências e possibilidade de confrontá-las com as teorias em estudo.

A argumentação pode ser explorada em todas as etapas realizadas pelos estudantes durante a solução das situações problemas apresentadas, pois faz parte do processo, além da apresentação dos resultados, o levantamento de hipóteses. Segundo Wells¹⁰ (1999) apud Galiazzi e Gonçalves (2004), a elaboração de uma previsão busca uma teorização, pois relacionamos nosso entendimento sobre os fenômenos com outro conhecimento que já possuímos e que tem relevância nos resultados experimentais. Galiazzi e Gonçalves (2004) acrescentam dizendo que esse exercício da explicitação do conhecimento individual pode ser

¹⁰Wells, G.(1999). *Dialogic inquiry: towards a sociocultural practice and theory of education*. Cambridge University Press. New York.

objeto de análise e discussão crítica em aula. Além disso, o professor consegue um importante instrumento de percepção do pensamento dos seus estudantes.

Monteiro e Teixeira (2004) analisaram os impactos dos discursos de professoras conduzindo uma atividade para estudantes de ensino fundamental e chegaram à conclusão de que quando o professor mescla diferentes recursos discursivos, contribui mais significativamente para o processo de formação de argumentos por parte dos seus estudantes.

Para avaliar o padrão discursivo, Monteiro e Teixeira (2004) basearam-se em categorias de discurso desenvolvidas por Compiani¹¹(1996) e por Boulter e Gilbert¹² (1995) para construírem subcategorias próprias, que permitiram a eles identificar com maior especificidade que tipo de argumentos as professoras utilizavam nas suas aulas. Dos vários tipos de argumentos apresentados, vale destacar o argumento dialógico. Nesse tipo de argumentação, o professor incentiva e regula o compartilhamento de ideias envolvidas no processo de ensino e aprendizagem, a partir da confrontação de opiniões. Cabe ao professor dar espaço e ênfase às falas, ideias e conclusões dos estudantes, garantido voz a todos, ajudando-os a perceber as virtudes e as falhas das hipóteses levantadas.

Mortimer e Scott (2002) também construíram uma ferramenta de análise das interações discursivas no contexto de sala de aula de ciências. Segundo esses autores, pouca atenção tem sido dada sobre: como os estudantes apreendem significados, como as interações são produzidas e como os diferentes tipos de discurso podem auxiliar na aprendizagem dos estudantes. Os autores apresentam uma ferramenta que auxilia professores a interagirem com os estudantes na apreensão de significados.

Baseados na teoria sociocultural e nas experiências como pesquisadores da sala de aula, Mortimer e Scott (2002) estabelecem quais são as intenções dos professores que

¹¹ Compiani, M. *As geociências no ensino fundamental: um estudo de caso sobre o tema. A formação do universo*. Campinas, SP, 1996. (Tese de doutorado) Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.

¹² Boulter, C.J.; Gilbert, J.K. *Arguments ans science education*. In: Costello, P. J. M. e Mitchell, S. *Competing and Consensual voices: the teory and pratice of argument*. Multilingual Matters LTD, 1995.

precisam ser contempladas nos seus planejamentos. Em síntese são: criar um problema para engajar os estudantes intelectual e emocionalmente; explorar a visão dos alunos; disponibilizar as ideias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social de sala de aula; dar oportunidade para os estudantes falarem e pensarem proporcionando suporte ao processo de internalização das ideias científicas e manter a narrativa de modo a ajudar os alunos a entender suas relações com o currículo como um todo.

A abordagem comunicativa é um termo usado para fornecer informações de como o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio de diferentes intervenções pedagógicas. Ao caracterizar o discurso, os autores Mortimer e Scott (2002) classificaram a abordagem comunicativa em quatro classes de acordo com a natureza das intervenções: discurso dialógico, discurso de autoridade, discurso interativo e discurso não interativo.

O que torna o discurso dialógico é o professor considerar o que o estudante tem a dizer sobre o seu ponto de vista; já no discurso de autoridade, o professor considera o que o estudante tem a dizer sobre o ponto de vista do discurso científico. Se houver somente a fala de uma pessoa o discurso será não interativo e, se houver a participação de mais de uma pessoa, o discurso será interativo. Essas duas últimas dimensões podem ser combinadas gerando classes de abordagem comunicativas do tipo: dialógica interativa, dialógica não interativa, de autoridade interativa ou de autoridade não interativa.

Mortimer e Scott (2002) destacam também as várias formas de intervenção do professor identificadas no processo de condução das atividades, tais como, selecionar e marcar significados chaves, compartilhar, checar o entendimento dos estudantes, rever e sintetizar. O foco do professor com essas intervenções vai desde a exploração das ideias dos estudantes, compartilhando-os com toda a classe, até a verificação de que tipo de significado os estudantes estão atribuindo em situações específicas. Para tanto, o professor introduz

termos, parafraseia a resposta dos estudantes, mostra a diferença entre os significados, estabelece padrões I-R-A (o professor inicia, o aluno responde e o professor avalia), solicita melhor explicação do estudante, sintetiza os resultados dos experimentos e recapitula atividades anteriores.

Para ilustrar uma parte do que foi mencionado em Mortimer e Scott (2002) pode-se acrescentar a fala de Mortimer em uma palestra proferida na Faculdade de Educação na Universidade de Brasília em maio de 2009. Nessa palestra, Mortimer apresentou a aula de um professor com habilidades para circular nos diferentes tipos de discursos e, desta forma, manter a argumentação dos seus estudantes durante a resolução de problemas envolvendo o tema gravidade. Dentre as habilidades do professor destacavam-se: a aceitação do posicionamento dos estudantes, permitindo que a fala de um interferisse na fala do outro; elaboração da situação problema, que serviu de elo entre a visão cotidiana e o conteúdo da ciência; respeito ao tempo de pensamento dos estudantes; encorajamento a participação, oferecendo aprovação, relembrando as ideias e os argumentos dos estudantes, introduzindo termos chaves, repetindo ideias, sintetizando, recapitulando e criando um ambiente afetivo e participativo.

Nessa perspectiva, Monteiro e colaboradores (2007) apresentam aspectos coincidentes em relação à atuação do professor no processo dialógico de apropriação de significados em sala de aula. Eles defendem a posição de que ao estudante deve ser concedida a oportunidade de partilhar o saber, relacioná-los a outros a partir de suas experiências, de seus conhecimentos e de seus colegas. Com isso, o professor proporciona condições para que eles consigam atingir patamares cada vez mais altos de função-autor, possibilitando, assim, obter mais conhecimentos de uma maneira menos impositiva e mais democrática.

Além disso, à medida que se proporciona que os aprendizes façam um esforço para exprimir em palavras seus pensamentos, dá-se oportunidade para que seus conhecimentos se coordenem, se organizem, se estruturem e se desenvolvam melhor (Laburú, 2003).

Por outro lado, esta dinâmica permite ao professor a verificação de como os conceitos dos estudantes vão sendo apropriados e qual é o direcionamento dos seus pensamentos. Possibilita também, que o professor faça prováveis correções, de forma a contribuir para a superação das dificuldades.

Esses referenciais além de engrandecer o trabalho do professor, também norteiam suas ações, seus planejamentos e sua maneira de intervir no processo de ensino através das aulas dialógicas. Segundo Freire (1984), o diálogo é mais do que um método de ensino, é também uma estratégia para respeitar o saber do aluno.

3. Concepções de Paulo Freire

No decorrer deste estudo foram apresentadas diversas concepções acerca do ensino, mais especificamente do ensino experimental em Ciências. Neste capítulo, será demonstrada que as mudanças almejadas com essa pesquisa estão sustentadas na pedagogia-crítica de Paulo Freire.

Para Freire (1987) existem duas concepções opostas de educação: a bancária e a problematizadora. Na concepção bancária, o educador é que sabe e que diz a palavra, os educandos são os que não sabem e que passivamente escutam. A educação problematizadora (método de problematização) baseia-se na relação dialógico-dialética entre educador e educando, em que ambos aprendem juntos.

Freire (1987) considera que na concepção bancária, as posições rígidas do professor que sabe e dos educandos que não sabem, nega a educação e o conhecimento como processos de busca. Nesta distorcida visão de educação não há criatividade e nem transformação. Em lugar de comunicar, o educador faz “comunicados” e os educandos recebem, memorizam e repetem. O educador é o sujeito do processo, pois é ele que sabe, que pensa, que diz a palavra, que escolhe. Já o educando, é o que não sabe, o que escuta, o que segue a prescrição, o que se acomoda.

Em contrapartida, a concepção problematizadora exige a superação dessa contradição entre educador e educando. O objeto cognoscível deixa de ser o término do ato cognoscente, para ser o mediador da reflexão crítica entre educador e educando. Este tipo de concepção considera o diálogo uma relação indispensável à cognoscibilidade e seu caráter é autenticamente reflexivo.

Freire defende a educação a partir de uma concepção problematizadora, pois para ele, a educação é um ato de conhecimento, não existindo um que educa e outro que é educado, o

professor que sabe tudo e o aluno que é totalmente ignorante. Na pedagogia de Freire tanto o educador como o educando procuram conhecer, incidindo a própria ação no mesmo objeto cognoscível e por meio de suas relações dialógicas, co-intencionados, vão aprofundando o próprio conhecimento.

Desta forma, o educador deve reforçar o pensamento crítico, a curiosidade e a não aceitação dos saberes transferidos. Uma educação problematizadora deve promover no educando uma curiosidade cada vez maior, que criticizando-se, aproxima-se cada vez mais do objeto cognoscível, tornando-se epistemológica (Freire, 1996).

A educação na perspectiva de Freire (1996) é um processo dinâmico, inacabado e incessante na busca de conhecimento. Na verdadeira aprendizagem, os educandos são reais sujeitos na apropriação dos saberes, junto com o educador, igualmente sujeito do processo. Nessa apropriação, os alunos trazem consigo o que Freire chama de curiosidade ingênua, na qual está inserido o senso comum. O termo “curiosidade ingênua” de Freire (1996) exhibe uma preocupação em superar a leitura inicial de mundo do educando por considerar que o uso ingênuo da curiosidade altera a capacidade de achar e obstaculiza a exatidão do achado.

Por isso, na visão de Freire (1996), o educador tem o dever de respeitar os saberes dos educandos e sugere que se discuta com os alunos a razão de ser de alguns desses saberes na relação com o ensino dos conteúdos, estabelecendo uma “intimidade” entre os saberes escolares e a experiência social que os estudantes têm como indivíduos.

Portanto, a superação da visão ingênua por uma visão mais crítica de inteligir o mundo, pode dar-se pelo respeito que o educador tem pela leitura de mundo do educando. O educador que respeita essa leitura de mundo reconhece a historicidade do saber, o caráter histórico da curiosidade, recusa a arrogância cientificista e assume a humildade crítica própria da posição verdadeiramente científica.

A grande tarefa do educador, segundo Freire (1996) não é transferir ao outro a inteligibilidade dos conceitos, e sim desafiar o educando com quem se comunica, a produzir sua compreensão do que vem sendo comunicado.

Para pôr em prática o diálogo, o educador não pode colocar-se na posição ingênua de detentor do saber, ao mesmo tempo, a dialogicidade não nega a validade de momentos explicativos, em que o professor expõe ou fala do objeto. Para Freire (1996) professores e estudantes devem ter uma postura dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto fala ou enquanto ouve. O importante é que professor e aluno se assumam epistemologicamente curiosos.

Ao buscar os elementos constitutivos do diálogo, Freire (1987) identifica duas dimensões que interagem: a ação e a reflexão. Assim, a prática docente crítica envolve o movimento dinâmico, dialético, entre o fazer e o pensar sobre o fazer (teoria-prática). Para ele, se ação e reflexão estivessem separadas a teoria tornar-se-ia *blablablá* e a prática, sem o pensamento reflexivo pautado no conhecimento, seria ativismo que inviabilizaria o diálogo.

Para que o diálogo entre educador e educando se estabeleça de forma eficiente, Freire (1996) faz vários apontamentos de como deve ser a postura do educador. Inicialmente é preciso que o educador seja capaz de conhecer as condições estruturais em que o pensar e a linguagem do educando, dialeticamente, constituem-se. A desconsideração total pela formação integral do ser humano e a sua redução a puro treino fortalecem a maneira autoritária de falar de cima para baixo, em que um possível momento de falar com, numa perspectiva democrática, nem é ensaiado.

Freire (1996) ensina que não é falando aos outros, de cima para baixo, sobretudo, como se fôssemos os portadores da verdade a ser transmitida, que aprendemos a escutar, mas é escutando que aprendemos a falar. E acrescenta alertando que quem tem o que dizer deve assumir o dever de motivar, de desafiar o outro a falar e a responder.

Outros aspectos ressaltados por Freire (1987), quanto à postura do educador mediante o processo de ensino dialógico, é que ele deve ter fé na capacidade de criar e recriar dos educandos, humildade para não achar que a ignorância está sempre no outro, segurança para admitir que não seja sabedor de tudo e especialmente deve apoiar o educando para que ele vença suas dificuldades, na compreensão ou na inteligência do objeto, de forma que sua curiosidade, compensada e gratificada pelo êxodo da compreensão alcançada, seja mantida numa busca permanente ao processo de conhecimento.

Desta forma, a escola na visão de Freire (1996) passa a ter como tarefa, uma vez que ela é um centro de produção sistemática do conhecimento, trabalhar criticamente a inteligibilidade das coisas e dos fatos e sua comunicabilidade. É preciso instigar constantemente a curiosidade do educando em vez de “amaciá-la” ou “domesticá-la”. Ao mesmo tempo, é imprescindível que o educando vá assumindo o papel de sujeito da produção de sua inteligência do mundo.

Portanto, orientado por Freire, defende-se, aqui, a educação problematizadora, que tem como caráter a não dissociação entre a teoria e a prática, entre o pensamento e a ação, entre a linguagem e a ideologia e entre o ensino e o conteúdo. Espera-se do ensino de conteúdo, criticamente realizado, que o educando assuma a autoria do conhecimento do objeto e que o educador estimule-o ajudando nessa tarefa.

A seguir será apresentada a metodologia que tornou possível a vivência de uma prática de ensino baseada na concepção de Freire.

4. Metodologia

4.1 Contexto da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida nas turmas de sexto ano (quinta série) do Ensino Fundamental II em uma instituição particular que atende estudantes, em sua maioria de classe média, desde 1º ano do Ensino Fundamental até o 3ª série do Ensino Médio.

Uma de suas unidade com capacidade para 3000 estudantes do Ensino Fundamental e Médio funciona nos turnos matutino e vespertino. Os recursos humanos contemplam uma equipe de cinquenta professores, uma diretora, seis orientadores educacionais, dois coordenadores disciplinares, duas coordenadoras pedagógicas, seis secretárias, dois tesoureiros, dez inspetores de corredor, uma copeira, quatro porteiros, quatro auxiliares de laboratório e duas bibliotecárias.

As instalações são constituídas por três prédios, seis quadras poliesportivas, duas cantinas, laboratórios de Física, de Química, de Biologia, de Matemática e de Informática, uma biblioteca com computadores ligados à internet, um auditório, seis salas de projeção equipadas com áudio e vídeo e duas salas de arte.

De acordo com o Projeto Político Pedagógico da instituição, a escola deseja ser reconhecida na sociedade como uma organização moderna e inovadora, tendo como missão formar cidadãos preparados para desafios pessoais e profissionais. Segundo aquele documento, o grande desafio é superar a educação caracterizada pela transmissão de conhecimento, ainda muito presente, por uma escola dialógica na qual o professor saiba facilitar e mediar o processo de aprender do estudante, permitindo-o ser protagonista desse processo.

A prática pedagógica da escola fundamenta-se na epistemologia genética de Piaget, em que o conhecimento é considerado como uma construção ativa e contínua. O processo educacional tem o papel de “desequilibrar” para que ocorra uma construção progressiva das noções e das operações, ao mesmo tempo em que há envolvimento intelectual e afetivo nos momentos de aprendizagem.

Diante desses pressupostos, a escola valoriza a interdisciplinaridade, a resignificação de informações a partir do sujeito aprendiz e a contextualização como fatores essenciais à aprendizagem significativa. Todos os funcionários da escola são convocados a assumirem os mesmos fundamentos ético-políticos, epistemológicos e didático-pedagógicos descritos no Projeto Político Pedagógico como elemento orientador da prática pedagógica e facilitador de estratégias dos planejamentos escolares.

O laboratório é um recurso didático-pedagógico para o ensino de Ciências e que, nessa escola, a inserção no currículo ocorre a partir do 5º ano do Ensino Fundamental. Com o intuito de melhorar o uso dele, a escola adotou a estratégia de contratar dois professores para ministrar a disciplina de ciências, sendo um professor responsável por desenvolver todo o conteúdo programático e o outro professor responsável por desenvolver alguns tópicos desse conteúdo por meio de atividades experimentais no laboratório. A carga horária de ciências é de três aulas semanais sendo que uma dessas aulas é destinada as atividades experimentais no laboratório. No dia de laboratório, a turma é dividida em dois grupos. Inicia-se o experimento com o primeiro grupo, média de quinze estudantes, guiados pela professora de laboratório. Enquanto isso, os outros quinze estudantes ficam em sala de aula realizando as atividades propostas pela professora titular da disciplina. Na semana seguinte, invertem-se os grupos, tornando-se assim, as aulas de laboratório quinzenais para cada estudante.

O laboratório possui equipamentos que recebem manutenção constante e materiais que são repostos conforme exigência da atividade. Todos os materiais necessários para os

experimentos são providenciados com antecedência por um auxiliar de laboratório, que prepara a aula disponibilizando os recursos necessários, além de auxiliar na orientação e disciplina dos estudantes durante a execução da atividade.

Com essas características o laboratório contribui para a imagem de uma escola que possui uma boa infraestrutura para o desenvolvimento das atividades, tornando-a bem conceituada entre os pais e os alunos. Consequentemente, o laboratório tem lugar de destaque nos *folders* de divulgação da escola. Porém, percebe-se que falta a visão crítica de que a existência de um laboratório bem equipado não garante por si só que a atividade prática seja um diferencial para a aprendizagem.

No primeiro semestre do ano letivo de 2009, o planejamento das aulas, os conteúdos ministrados, as escolhas dos experimentos, a relação dos materiais disponibilizados e a avaliação foram definidas em conjunto pelas professoras de laboratório das três unidades pertencentes a instituição. Já no segundo semestre, período de aplicação do projeto, as atividades desenvolvidas nas turmas do sexto ano foram propostas exclusivamente pela autora deste estudo. Desta forma, as problematizações selecionadas para a proposta foram apresentadas para a equipe de laboratório, que consentiu que fossem aplicadas em todas as turmas nas três unidades. Porém, os dados coletados para análise são aqueles referentes aos 6^{os} anos da unidade norte.

Quanto à forma de avaliação da disciplina de ciências, os alunos em cada bimestre realizaram duas provas que somadas atingiam um valor máximo de 70 pontos. Como complementos foram atribuídos 20 pontos pelas atividades desenvolvidas no laboratório e 10 pontos nos trabalhos escolares (tarefa de casa, seminários, pesquisas, entre outros).

Ao longo do ano letivo os conteúdos temáticos abordados no sexto ano (quinta série) foram: ecologia, impactos ambientais, poluição ambiental, lixo e suas formas de tratamento, solo, água e ar. Os estudantes seguiram o conteúdo utilizando o livro texto dos autores Barros

e Paulino¹³ e os experimentos foram selecionados considerando alguns conteúdos ministrados em sala e retirados de livros diversos, *sites* ou adaptações de roteiros de Ensino Médio.

4.2 Etapas da metodologia

Ao apresentar a metodologia adotada nas aulas de laboratório, ressalta-se que ela foi centrada no objetivo de estimular a curiosidade de forma que, por meio de propostas problematizadas, os educandos desenvolvessem as habilidades para observar, agir e argumentar.

Para alcançar estes objetivos utilizou-se um percurso que seguiu as etapas: 1) a professora apresentou um problema aos estudantes; 2) os estudantes, organizados em grupo, realizaram atividades em busca de respostas para o problema; 3) as respostas foram negociadas entre os integrantes do grupo, que posteriormente apresentaram para toda a turma; 4) professora e estudantes relacionaram as atividades realizadas ao cotidiano dando aplicação e sentido ao conhecimento adquirido; e 5) os estudantes fizeram o registro dos resultados por meio da escrita.

O problema a que se refere à primeira etapa do percurso foi definido após a seleção dos experimentos. Na sequência, foram elaborados os planos das aulas, usando um modelo proposto por Silva e colaboradores¹⁴ (2009). Segundo esse modelo, antes da execução do experimento, um plano de aula deve ser confeccionado e nele deve constar: uma pergunta inicial que instigará a investigação e a busca por soluções, os conteúdos a serem contemplados com o experimento, os materiais necessários para execução, os procedimentos, as observações em nível de fenômeno, as explicações científicas, a generalização do

¹³ Carlos Barros e Wilson Paulino. *Ciências – o meio ambiente*. 6º ano do ensino fundamental (5ª série). Editora Ática, SP. 73 ed.

¹⁴ Silva, R. R.; Baptista, J. A.; Ferreira, G. A. L. *Roteiro de plano de aula*. Instituto de Química, Universidade de Brasília. Mimeo, 2009.

conhecimento para outras situações e a interface com fatores Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Os planos de aula estão demonstrados na Proposta de Ação Profissional constante dessa dissertação.

Com esta perspectiva, foram selecionados seis experimentos abordando os temas água e ar, e neles, inseridos uma situação-problema identificados por quatro situações, a saber:

1. Atividade: investigar e determinar a densidade de sólidos.
Problema: vai flutuar ou vai afundar?
2. Atividade: o experimento da régua, o experimento do copo e o experimento da garrafa com água.
Problema: que força é essa que não percebo?
3. Atividade: como construir um sifão.
Problema: como transferir o líquido de um recipiente para outro sem incliná-lo usando uma mangueira?
4. Atividade: estudo do comportamento do ar e da água em uma seringa.
Problema: podemos alterar o volume do ar ou da água que se encontra dentro de uma seringa fechada?

4.3 Coleta de dados

Os dados foram coletados, durante as atividades propostas, em seis sextos anos. Como cada sexto ano tem em média trinta alunos, as turmas foram divididas de forma a compor doze turmas de laboratório. Cada turma tem média 15 estudantes. As aulas foram gravadas em áudio e produções escritas foram recolhidas para análise.

Após gravação das aulas foram feitas várias audições que permitiram selecionar os episódios que continham situações a serem investigadas. Foram analisados também os registros escritos dos alunos. Para análise dos resultados foi selecionado de cada atividade uma aula para transcrição, como exemplo da forma como foi conduzida a problematização, trechos gravados que representam episódios relevantes que corroboram para a análise e respostas extraídas dos registros escritos pelos alunos.

As gravações ficaram sobre o comando da assistente de laboratório, que circulava no ambiente aproximando o gravador dos alunos no momento em que eles falavam. Não foi possível fazer a captura das falas de todos os alunos, pois o ambiente das aulas era de constante discussão na explicitação das ideias, e muitas vozes apareceram juntas prejudicando assim a compreensão de algumas destas falas.

Porém, não houve comprometimento dos dados coletados, possibilitando as transcrições das aulas. Foram ignoradas as falas que não tinham valor no contexto da pesquisa, como brincadeiras entre os alunos e conversas não relacionadas ao assunto da aula.

Os cronogramas a seguir apresentam o período em que foi realizada a coleta de dados. Cada sexto ano, na composição das turmas de laboratório, estão nomeadas para identificação como Grupo 1 e Grupo 2. Desta forma, as atividades foram repetidas durante duas semanas consecutivas para que os dois grupos fossem contemplados com a mesma aula.

Cronograma das aulas problematizadas para as turmas de sexto ano do turno matutino:

Data	Densidade	Pressão	Vasos comunicantes	Propriedades do ar
27/08/2009	Grupo 1			
03/09/2009	Grupo 2			
10/09/2009		Grupo 1		
17/09/2009		Grupo 2		
24/09/2009			Grupo 1	
01/10/2009			Grupo 2	
22/10/2009				Grupo 1
29/10/2009				Grupo 2

Cronograma das aulas problematizadas para as turmas de sexto ano do turno vespertino:

Data	Densidade	Pressão	Vasos comunicantes	Propriedades do ar
28/08/2009	Grupo 1			
04/09/2009	Grupo 2			
11/09/2009		Grupo 1		
18/09/2009		Grupo 2		
25/09/2009			Grupo 1	
02/10/2009			Grupo 2	
23/10/2009				Grupo 1
06/11/2009				Grupo 2

4.4 Definição das categorias de análise

Segundo Laville e Dionne (1999) a análise e interpretação dos resultados são possíveis de serem realizadas após a preparação dos dados. Essa preparação exige do pesquisador a organização dos dados por meio da descrição, transcrição, codificação ou agrupamento em categorias.

Neste sentido as aulas foram gravadas, transcritas e analisadas. Analisou-se também as observações e as respostas escritas em protocolos.

A metodologia para coleta de dados (gravação das aulas) visou obter resultados que permitissem investigar se, no decorrer das aulas, as atividades problematizadas possibilitaram ou não uma participação mais ativa e criativa dos estudantes, no sentido de desenvolver habilidades para argumentação e atribuição de significados válidos para os conceitos abordados, configurando, desta forma, uma relação dialógica.

Tendo como referências os trabalhos de Mortimer e Scott (2000), Cappechi e Carvalho (2003) e Monteiro e Teixeira (2004), elaborou-se um instrumento para categorizar a intervenção docente e a atuação discente. Assim, destacando que as atividades foram apresentadas de maneira problematizada e que se manteve a intenção de incentivar e explorar as opiniões dos alunos, foram criadas as Tabelas 1 e 2, respectivamente, para decompor as transcrições das aulas. Apontou-se na Tabela 1 as intervenções em que a professora apresentou o problema, introduziu termos, questionou, parafraseou, contrapôs, organizou ou recapitulou, deu ênfase as ideias e concluiu. A Tabela 2 apresenta a atuação discente na apresentação de hipóteses, exposições de ideias, respostas diretas a questões, dados lembrados, explicações e associações com base em conceitos conhecidos.

Tabela 1. Atuação docente na condução das atividades propostas:

Categorização da atuação docente	
Intervenções	Falas retiradas da aula transcrita
Instigou (criando problema e introduzindo termos)	
Questionou ou solicitou melhor explicação	
Parafraseou a resposta	
Contrapôs	
Organizou ou recapitulou	
Deu ênfase a fala e as ideias	
Concluiu	

Tabela 2. Atuação discente

Categorização da atuação discente	
Ações	Falas retiradas da aula transcrita
Levantam hipóteses ou apresentam proposta de intervenção	
Expõem ideias	
Respondem a questão proposta	
Expõem um dado lembrado	
Explicam utilizando conceitos	
Fazem associações	

4.5 Transcrições das aulas

Para cada atividade aplicada foi transcrita uma aula completa. Para a transcrição utilizou-se a letra P para identificar a fala da professora e a letra A para identificar a fala dos alunos. Os números ao lado da letra A indicam a sequência das falas dos alunos, substituindo os nomes evitando, assim, possíveis identificações e exposições.

Cada fala foi antecedida por uma sequência numérica para posterior identificação na tabela e análise dos resultados. Intercalando as falas aparecem, com as letras em *itálico*, os acontecimentos não captados pelo gravador, mas que são importantes para a compreensão do episódio transcrito.

5. Resultados e discussões

Atividade: investigar e determinar a densidade dos sólidos.*

Título: Vai afundar ou vai flutuar?

O objetivo desta atividade era prever o comportamento de um sólido quando imerso em um líquido. Para isso, os alunos tiveram como desafio, estimar, antes de um teste empírico, se um determinado sólido afundaria ou flutuaria dentro da água. Até então, neste ano letivo, os alunos não haviam estudado o conceito de densidade e, por isso, foi necessário antes de propor o problema, apresentar o comportamento de diferentes materiais quando colocado na água e definir densidade como sendo a razão entre a massa e o volume do material. O sólido usado como problema foi um cubo. Era esperado que os alunos soubessem que o volume poderia ser determinado, matematicamente, considerando as suas dimensões (altura, largura e comprimento). A massa seria determinada diretamente em uma balança disponível no laboratório.

O cubo de madeira usado como desafio na problematização foi pintado para evitar que molhasse depois de imerso na água, e coberto por uma fita isolante a fim de dificultar a previsão antecipada para o problema, pois madeira é familiar para os alunos.

Esta atividade foi repetida nas doze turmas de laboratório e em todas as aulas os alunos encontraram soluções para o problema proposto. Não houve para esta atividade solicitação de registro escrito.

Transcreveu-se abaixo a condução de uma destas aulas.

(1) P: Estou com esses dois materiais e esse aquário contendo água. Olhe para esse sólido (*mostrando um pedaço de vela*), se eu colocá-lo na água ele vai afundar ou vai flutuar?

* Os planos de aula contendo o detalhamento dos experimentos encontram-se na Proposta de Ação Profissional constante desta dissertação.

(2) Coro: Vai afundar.

Observou-se que o pedaço de vela flutuou.

(3) Coro: Boiou!

(4) A1: Ué, por quê?

(5) P: E esse outro aqui (*mostrando uma bola de gude*) vai boiar ou vai flutuar?

(6) Coro: Vai afundar.

Observou-se que a bola de gude afundou.

(7) P: Por que alguns materiais bóiam na água e outros afundam? Qual a explicação?

(8) A2: A massa, professora.

(9) P: Será que só a massa determina se um material vai boiar ou afundar? Vamos ver esses materiais, tenho aqui uma placa de cobre. Vamos medir sua massa. Leva lá na balança A1 e fala para gente, qual é a massa.

(10) P: Quanto deu?

(11) A3: 1.8 g.

(12) P: Pessoal, essa placa vai boiar ou afundar?

(13) Coro: Vai afundar.

Foi colocada a placa de cobre e ela afundou.

(14) P: É, e esse tomate qual será a sua massa? Volta lá A1 e veja qual é a massa do tomate.

(15) A4: Professora, deu 137. 5 g.

(16) P: A massa do tomate é bem maior que a massa da plaquinha que afundou. Esse tomate vai afundar também? Ou não?

(17) Turma: Vai

Colocou-se o tomate e ele flutuou.

(18) P: Então não podemos considerando só a massa né! Por que será que o tomate mesmo tendo uma massa grande não afundou?

(19) A2: Por causa da forma dele.

(20) P: Ah, o formato é importante. Para saber se bóia ou afunda temos que considerar também o volume do material. Vamos ver essas duas latas de refrigerantes aqui: o guaraná normal e o light. Nas duas latinhas está escrito que o volume de refrigerante é igual a 350 mL. Vou colocar as duas latinhas na água e quero que vocês observem.

As latinhas de refrigerante foram colocadas na água e observou-se que a de refrigerante normal afundou e o light flutuou.

(21) P: Viram? Vocês esperavam por isso?

(22) A3: É por causa do açúcar professora.

Risos da turma.

(23) P: É verdade. O refrigerante normal tem adição de açúcar e o light tem adoçante. O refrigerante normal tem uma massa maior que o light. Se vocês quiserem conferir é só levar para balança e medir.

(24) A5: Eu vou, me dá aí.

(25) A6: Eu vou pesar a outra.

(26) P: Quanto deu as massas das latinhas?

(27) A7: Essa aqui (*mostrando o refrigerante light*) deu 365.8 g e a outra deu 386.8 g.

Durante a apresentação do conceito de densidade, os alunos tiveram oportunidade de expor suas opiniões e constatar se estavam corretas ou não. Como tentativa de solucionar o problema eles fizeram suposições que puderam ser testadas. Desta forma, as evidências experimentais que foram surgindo contribuíram para a formulação do conceito.

(28) P: Para determinar se o material bóia ou afunda devemos considerar a relação existente entre a sua massa e o seu volume. A propriedade que vamos estudar hoje se chama densidade, que é a razão entre a massa e o volume do material. Quando falamos razão consideramos a divisão entre a massa e o volume do material. Então para saber a densidade de um material é só pegar a sua massa e dividir pelo seu volume. A água, por exemplo, possui uma densidade igual a 1, isso quer dizer que se eu pegar 1g de água e for ver qual é o seu volume, esse 1g de água irá ocupar um volume de 1 cm^3 . Assim, é só pegar a massa de 1g e dividir por 1 cm^3 que vou achar a densidade da água que é igual a 1 g/cm^3 . Agora para saber se um material bóia ou afunda na água é só descobrir se a sua densidade é maior ou menor que a densidade da água. Se a densidade do material for maior que 1 o material afunda, se for menor que 1 o material flutua.

(29) P: Agora vamos fazer de conta que sou uma importante empresaria e recebi um material de última tecnologia e quero usá-lo, mas não sei se ele bóia ou afunda na água. Eu só vou poder usar esse material se ele boiar. Vocês são os engenheiros contratados para descobrir se esse material bóia. Vocês terão que fazer uma previsão se ele bóia ou afunda, mas não poderão colocar o material na água. Entendido? Vocês poderão fazer o que quiser para descobrir, menos colocar na água. Vamos lá cada um no seu grupo vou dar um tempo para vocês acharem a solução.

Os estudantes se dirigiram para os seus grupos e começaram a conversar entre eles.

(30) P: O material que vocês precisarem podem pedir que eu providencie para vocês. *Foi fornecido um pedaço de papel e caneta para cada grupo sem que eles pedissem. Os demais materiais que eles usaram foram fornecidos conforme solicitavam. Alguns estudantes pediram régua e calculadora. Outros pediram um recipiente grande para colocar vários objetos (foi oferecido um béquer de 500 mL, pois era sabido que eles necessitariam de um recipiente graduado). Ao longo do tempo, eles usaram a balança várias vezes e trocaram entre si o material (o cubo de madeira coberto com fita isolante). Durante a aula os grupos fizeram várias tentativas, dialogando ao longo do processo. Após o término do tempo estipulado todos foram convocados a sentar-se.*

(31) P: Vamos lá gente, agora eu quero saber como vocês resolveram o problema. Cada grupo vai dizer qual é a previsão, se o material bóia ou afunda na água e como chegaram a essa conclusão. Começando pelo grupo 1.

(32) Grupo 1: Nós fizemos assim: pegamos vários objetos colocamos na balança até dar a massa igual aquela.

(33) P: Qual massa? A do cubo?

(34) Coro: É.

(35) P: Ah tá! E aí o que mais vocês fizeram?

(36) N: Aí nós juntamos todos e fomos colocamos no béquer que tinha água e vimos o volume. Depois nós pegamos e dividimos a massa pelo volume deu 0.4 e descobrimos que ele bóia porque é menor que 1.

Durante a explicação do representante do grupo 1 de que maneira resolveram o problema foi perceptível o sentimento de apoio e afirmação dos demais integrantes.

(37) P: Legal, muito bom. E vocês grupo 02 como fizeram?

(38) Grupo 02: A gente não fez.

(39) P: Vocês não descobriram?

(40) Grupo 02: Não.

(41) P: Mas conta pra gente o que vocês fizeram, eu vi que vocês estavam tentando. Fala até onde vocês foram. O que conseguiram fazer?

(42) Grupo 02: Nós pesamos o material, depois a gente não conseguiu.

(43) P: Para que vocês pediram a régua?

(44) Grupo 02: Para medir o cubo, mas não deu certo.

(45) P: Por que não?

Nenhuma integrante do grupo respondeu. Mas, no decorrer do tempo, mesmo não chegando a um resultado final, houve interesse e curiosidade, constatação feita através do testemunho da discussão entre elas e da tentativa que fizeram para solucionar o problema.

(46) P: Ok! E vocês do grupo 03, como fizeram?

(47) Grupo 03: Ô professora, a gente fez igual a eles, nós fizemos junto com eles, vai boiar.

Apesar de as ações dos grupos terem convergido para uma mesma solução, é importante destacar que os alunos conseguiram identificar os resultados obtidos com os procedimentos utilizados durante a busca da solução do problema. O que pode ter acontecido é que os grupos se observavam e à medida que as ideias iam surgindo foram sendo copiadas. Mas mesmo assim, o ambiente foi cooperativo e respeitoso, não havendo necessidade de administrar conflitos e todos se sentiram satisfeitos com os resultados.

(48) P: Ok gente. Mas antes de eu colocar o material na água para ver se vocês acertaram, vou falar de uma forma que a gente poderia usar para resolver esse problema, diferente do que vocês fizeram e mais simples. Esse material não é um cubo? Como eu posso medir o volume do cubo? Medindo suas dimensões: altura, comprimento e largura. Vamos ver, me empresta essa régua aí. Veja desse lado dá 4 cm, a altura dá 4 e a largura 4 cm também. Para saber o volume é só multiplicar as três dimensões, $4 \times 4 \times 4$ que dá 64 cm^3 . A massa desse cubo é 32,3 g medida na balança. Vou dividir a massa, que é 32,3 g, pelo volume que é 64 cm^3 . Vai dar 0.5 g/cm^3 . Esse é o valor da densidade desse material que é aproximado do valor que vocês encontraram. Bom, se a densidade é menor do que 1, então esse material vai boiar. Vamos lá ver?

O cubo foi colocado na água e flutuou. Houve comemoração entre os estudantes.

(49) P: Então deu certo né, eu apresentei uma forma de solucionar o problema e vocês, de forma criativa, encontraram outro jeito, parabéns! Para encerrar, sabe aonde a gente pode observar esse princípio? Nos postos de gasolina. Quando vocês forem a algum posto observem que do lado da bomba (*tocou o sinal para o término da aula*) tem uma boiazinha que fica flutuando no combustível. Peraí gente deixa só eu concluir. Aquilo ali mostra se o álcool foi adulterado. O álcool que a gente compra tem água misturada nele, mas tem uma quantidade certa, se colocar a mais do que o permitido, a densidade do combustível muda e aí aquela boiazinha vai acusar. Ok? Tchau gente, podem subir.

A partir da transcrição da aula e utilizando as tabelas 1 e 2 procurou-se categorizar a atuação docente e discente.

Atuação docente

Categorização da atuação docente	
Intervenções	Falas retiradas da aula transcrita
Instigou (criando problema e introduzindo termos)	(1) (5) (9) (12) (16) (20) (29) (48)
Questionou ou solicitou melhor explicação	(7) (10) (14) (18) (21) (26) (31) (33) (35) (43) (45)
Parafraseou a resposta	(16) (20)
Contrapôs	(9) (18)
Organizou ou recapitulou	(28) (49)
Deu ênfase a fala e as ideias	(23) (41)
Concluiu	(28) (49)

Atuação discente

Categorização da atuação discente	
Ações	Falas retiradas da aula transcrita
Levantam hipóteses ou apresentam proposta de intervenção	(8) (19) (22) (36) (44)
Expõem ideias	(2) (6) (13) (17)
Respondem a questão proposta	(3) (11) (15) (27) (47)
Expõem um dado lembrado	(8) (19) (42) (44)
Explicam utilizando conceitos	(22) (32)
Fazem associações	(36)

Análise da atividade

Como nessa atividade não houve registro escrito a análise restringiu-se as interações ocorridas nas aulas. Durante a apresentação do conceito de densidade houve explicitação das ideias dos estudantes na tentativa de explicar porque os materiais boiavam ou flutuavam na água. As ideias iam surgindo a partir dos questionamentos e foram sendo trabalhadas até atingir uma meta. As interações ocorridas entre professora e alunos, foram interpretadas baseadas em Mortimer e Scott (2000), como interativa dialógica na primeira parte da aula, enquanto se levantava evidências para enunciar o conceito de densidade; e interativa de autoridade depois de proposto o problema aos estudantes. Os dados das tabelas nos permitem afirmar que o discurso predominante foi do tipo IRA (o professor indaga, o aluno responde e o professor avalia), organizado a partir das falas dos alunos. Fazendo o somatório das falas da professora e as dos alunos, percebe-se que houve espaço para todos se manifestarem. Do total de 40 falas, 23 correspondem as intervenções da professora e 17 são os argumentos dos alunos. O que predominou durante as falas foram perguntas que induziram a uma linha de raciocínio.

Em relação à situação-problema apresentada, considerou-se que a atividade foi adequada à faixa etária e ao nível cognitivo dos alunos, pois, de maneira geral, os grupos se mostraram motivados e engajados na busca de soluções.

Para resolução do problema os estudantes tiveram que lidar com o novo conhecimento, o conceito de densidade, e com o que já era conhecido, determinar a massa e o volume dos sólidos. Desta forma, a atividade valorizou os conhecimentos prévios dos alunos. Para avançar no conhecimento, os estudantes tiveram que recorrer a recursos, ativar esquemas e tomar decisões que só foram possíveis, conforme cita Macedo (2002), porque eles tinham a compreensão do que estavam fazendo.

O problema proposto pôde ser solucionado de duas formas distintas, o que permitiu perceber que não existe uma única resposta para uma questão e que se a curiosidade for estimulada, aparecem soluções criativas. Além disso, os estudantes tiveram a percepção de que a teoria estudada foi válida para fazer previsões experimentais, o que condiz com a ideia de que a experiência não tem função de comprovar a prática e que teoria e prática não se separam.

Os alunos desta turma determinaram a densidade do sólido pelo Princípio de Arquimedes, na qual todo material, parcial ou totalmente submerso em um líquido, fica sujeito a uma força de empuxo, de direção vertical de baixo para cima, e com intensidade igual ao peso do líquido deslocado e o volume do líquido deslocado corresponde ao volume do material. Baseados nesse princípio, os alunos tiveram a iniciativa de reunir vários materiais até atingir a massa aproximada do cubo e determinar o volume pelo deslocamento do líquido dentro do béquer.

Uma vantagem vivenciada na aula problematizada é a possibilidade de questionamentos por parte dos alunos que ampliam e sustentam a discussão. Esse efeito foi percebido em outra turma, enquanto estava sendo aplicada esta mesma atividade. Um dos alunos perguntou se a densidade do material poderia ser alterada. Quando o estudante levantou o questionamento aproveitou-se o momento para estabelecer relações com o cotidiano, considerando aspectos relacionados à ciência, tecnologia e sociedade (CTS).

Esse episódio foi transcrito abaixo.

A1: Professora, se colocar sal na água vai mudar a densidade?

P: Para responder a sua pergunta, vamos observar outro experimento. Vou pegar esse béquer e vou colocar água (*a professora se direcionou a pia e encheu o béquer de água*). Eu tenho um ovo aqui, vou colocá-lo na água, observem.

Ele afundou.

P: Observaram que ele afundou né?! Vou adicionar sal de cozinha aos poucos, fiquem observando.

A2: Eu sei, ele vai subir.

O ovo flutuou depois de certa quantidade de sal.

P: E agora, Al o que você acha? A adição de sal altera a densidade da água?

A1: Sim, a água fica mais pesada.

P: Sim, a gente fala mais densa. Desta forma, qual água é mais densa: a água do rio ou a água do mar?

Coro: A água do mar.

P: Todo material tem a sua densidade, mas se for adicionado alguma substância nesse material sua densidade muda. Por exemplo, o álcool que a gente usa como combustível é um material que tem água misturada. Se for colocada uma quantidade maior de água que o permitido, a gente fala que o álcool tá batizado. Dá pra descobrir se ele está batizado determinando a densidade. Outra fraude que ocorre, e que dá pra descobrir pela densidade, é adição de água no leite. Sabem por que é que se adiciona água no leite?

A3: Pra ficar mais ralo.

P: É, acaba ficando mais ralo, mais eles fazem isso para o leite render mais, e aí para disfarçar, eles colocam um pouco de maisena. Essa maisena vai corrigir a densidade do leite e fica difícil de perceber a fraude. Agora, se quiser descobrir a presença da maisena, basta colocar uma solução de iodo no leite. Se tiver maisena vai aparecer uma cor roxa.

O experimento em que o ovo bóia em solução salina é bem conhecido pelos alunos, talvez por isso tenha aparecido nas discussões. Inclusive o material para a realização estava facilmente disponível caso houvesse oportunidade para usá-lo. O aluno que fez o questionamento já sabia a resposta, mas de qualquer forma foi interessante, pois ele conseguiu interligar uma atividade que já havia vivenciado, com o tema da aula, surgindo a oportunidade de compartilhá-la com outros alunos. Além disso, novos termos foram inseridos, como a diferença de densidade da água doce e da água do mar e a possibilidade de determinar a presença de contaminantes no leite.

Atividades:

1: o experimento da régua; 2: o experimento do copo; 3: o experimento da garrafa com água.

Título: Que força é essa que não percebo?

Uma sequência de experimentos foram realizados em um mesmo dia, reunindo atividades que permitiram aos alunos perceberem que a pressão atmosférica atua sobre os materiais e que há uma tendência ao equilíbrio entre a pressão do material contido no recipiente e a pressão atmosférica.

O desafio das atividades estava em instigar os alunos a se conscientizarem dos efeitos provocados pela presença do ar, ou seja, da pressão atmosférica, e atribuírem a fenômenos a ação que ela produz. Por isso, a intervenção foi sempre no intuito de desviar a atenção dos alunos para a participação do ar atmosférico nos fenômenos visualizados. A primeira atividade, “o experimento da régua”, foi usada com o objetivo de provocar a curiosidade a partir do resultado inusitado que apresenta, além de introduzir o conceito de pressão atmosférica. Os alunos já conheciam o conceito de pressão e, nesta fase de aplicação da atividade, estavam iniciando o estudo sobre as camadas da atmosfera. Houve a predominância das concepções de senso comum dos alunos enquanto tentavam explicar o fenômeno, o que é compreensível se considerar que não é fácil percebermos a influência da atmosfera sobre nós. Os outros experimentos serviram para avaliar se os alunos conseguiam extrapolar o conceito de pressão atmosférica para os demais fenômenos observados. A seguir a transcrição de uma dessas aulas.

O experimento da régua

(1) P: De onde vocês estão, conseguem ver a régua? Observem que metade dela está apoiada na mesa e a outra metade está suspensa no ar. Vou pegar essa cola bastão e vou jogar nessa ponta. O que vai acontecer?

(2) A1: Vai voar!

(3) P: Vai voar?

(4) A2: Vai!

(5) P: Vou jogar.

A professora jogou a cola sobre a região suspensa no ar e a régua caiu no chão.

(6) P: Agora vou colocar essa folha em cima da parte apoiada na mesa e jogar novamente a cola bastão. E agora será que cai?

(7)A3: Cai.

(8) A4: Cai não.

(9) A5: A folha cai.

(10) A6: A folha e a régua caem.

A professora arremessou a cola bastão na extremidade oposta a da folha e a régua não caiu.

Essa primeira atividade, “o experimento da régua”, permitiu que os alunos levantassem suposições que, por não terem sido confirmadas, deixou-os intrigados e curiosos.

(11)A7: Num falei.

(12) A8: É o vento que tá impedindo que a folha voe.

(13) P: Vento? Mas aqui dentro está sem vento. Além disso, se tivesse vento a folha não ficaria parada, ela iria voar. Qual a explicação?

(14) A9: Pra mim foi o papel que prensou na régua, o papel fez uma força pra não cair.

Foco da explicação estava no objeto (papel) e não na ação da atmosfera sobre o papel.

(15) A10: Eu acredito que, por exemplo, tá aqui a régua, como o papel é muito grande, a força feita pela cola não foi suficiente. Essa força que estava nos lados (*apontando para a folha de papel*) por ser grande segurou a régua.

Apesar de a aluna, nesta atividade, não ter dado uma explicação que mencionasse o ar ou a pressão, ela tinha noção de que existiam forças atuando no experimento.

(16) P: O A9 acha que o papel é que prensou a régua para ela não cair, a A10 considera que existem duas forças, a força aplicada na ponta da régua, através da cola bastão, e uma outra força do outro lado da régua, contrária, que é maior, que não deixa a régua cair.

(17) A11: Professora joga mais com mais força.

(18) P: Vou jogar.

A cola bastão foi jogada com mais força e a régua não caiu. Os estudantes se mostraram empolgados e impressionados.

(19) P: E aí, temos duas explicações. Alguém tem alguma outra explicação?

(20) A12: Eu tenho. Se tiver um vento muito forte e a folha vai indo pra cima e o negócio (*referindo-se a cola bastão*) vai bater e aí não cai.

(21) P: Vocês acham que o A12 pode estar certo?

(22) A13: Eu não entendi nada. Eu acho que a força vem do papel.

(23) P: Bom gente, existem forças atuando nessa experiência, quanto a isso vocês têm razão. O problema é que vocês estão com o foco no papel e não perceberam que o ar também participa da experiência. O que aplica uma força contrária na área do papel que impede a régua de cair é o ar atmosférico. O que é força aplicada numa área?

(24) A14: Pressão.

(25) P: Isso mesmo, pressão. O que não deixa a régua cair é a pressão atmosférica. Olha agora, o que tenho aqui? Um molho de pizza. Aqui na lata está escrito: embalagem a vácuo. O que isso quer dizer?

(26) A15: Que não tem ar.

(27) P: É isso mesmo, lá dentro só tem o molho porque antes dessa embalagem ser fechada é retirado praticamente todo ar de dentro dela, e sabem por que se faz isso?

(28) A16: Para caber mais.

(29) P: Não. Na verdade é uma forma de conservar melhor o alimento. Depois de tirar o ar coloca a tampa e o lacre. Aí fica difícil de abrir a lata. Por quê?

(30) A17: Por que essa tampinha de borracha não está deixando abrir.

Esta fala demonstra que a explicação do aluno ainda estava focada em objetos, impedindo a abstração necessária para atribuir o fenômeno a “impalpável” e “invisível” atmosfera. Houve necessidade de uma nova intervenção para desviar a atenção de observações macroscópicas.

(31) P: Novamente o foco não é a tampa.

(32) A18: O ar pressiona o negocinho de borracha.

(33) P: Isso. Mas o ar pressiona só o lacre de borracha?

(34) A20: Não, ele pressiona toda a tampa.

(35) P: Só a tampa?

(36) A21: Não a lata toda!

(37) P: Isso mesmo, o ar exerce pressão por todos os lados da lata. E quando eu tiro o lacre, gente?

(38) A22: Aí professora, o ar vai entrar dentro da lata e vai deixar abrir.

(39) A23: A pressão vai entrar.

(40) P: Legal, isso mesmo. Só tem um detalhe A22, a pressão não tem como entrar ou sair. Pressão é uma força aplicada em uma área. Quem entra ou sai é o ar e é o ar que faz pressão aonde ele estiver presente.

(41) A24: Na verdade tem, por exemplo, quando a gente entra na água.

(42) P: Como assim?

(43) A25: A água tem uma pressão forte.

(44) P: O que você está falando é verdade, o ar exerce pressão e a água também. Quando a gente entra numa piscina muito funda a gente pode perceber a pressão da água, mas a gente não consegue sentir a pressão do ar. Por quê?

Silêncio.

(45) P: Porque nós temos uma pressão interna contrária que se iguala a pressão atmosférica. O peixe tem uma pressão interna também que iguala a pressão que a água faz no corpo dele. Agora, aqui nessa embalagem, a pressão interna está menor que a pressão externa. Lembra? Essa lata não tem ar dentro dela. Quando eu tenho diferença de pressão entre o recipiente e a pressão atmosférica, essas pressões tenderão ao equilíbrio. Esse equilíbrio vai acontecer com a entrada do ar. Entendido?

O experimento do copo

(46) Vamos para a outra experiência de hoje. Vocês irão pegar o copo que está na bancada, irão colocar água, depois pegarão esse pedaço de papel e irão cobrir a boca do copo. Segura o papel até vocês virarem o copo de cabeça para baixo e depois tirem a mão do papel.

Os estudantes fizeram conforme solicitado. Tiveram dificuldade no início, mas a professora fez uma demonstração e eles, impressionados e empolgados, repetiram em suas bancadas.

(47) P: E aí, gente. Vocês no início acharam que não era possível. Como explicar o fato da água não cair depois de virar o copo de cabeça para baixo?

(48) A26: É porque o ar não entra professora.

(49) A27: O ar faz pressão no papel e não deixa a água cair.

(50) P: É semelhante ao exemplo que nós já vimos da régua e da lata. A explicação é a mesma, o ar quer entrar para igualar a pressão, mas como o copo está tampado, o ar não entra e a pressão externa no papel impede a água de cair.

O termo “o ar quer entrar” é inadequado e dificulta o entendimento do conceito, pois atribui característica humana a seres inanimados. Bachelard (1996) caracteriza como sendo um obstáculo animista e, portanto, essa fala deve ser evitada.

O experimento da garrafa com água

(51) P: Vamos para a última experiência. Chega todo mundo pra cá. Algum de vocês cria passarinho?

(52) Coro: Não.

(53) P: Mas vocês já viram aqueles bebedouros de água que ficam nas gaiolas?

(54) A28: Eu sei qual é professora.

(55) P: O esquema do bebedouro é semelhante a essa experiência aqui. No bebedouro a gente tem uma coluna de plástico e uma bacia pequena em baixo, aqui nós temos uma garrafa com uma coluna de água e uma bacia contendo água. Na nossa experiência e no nosso bebedouro de aves a água não escoia. Por quê?

(56) A29: Porque é assim, a pressão do ar tá fazendo pressão por aqui (*mostrando a água da bacia*) e aí essa pressão dentro da água não deixa a água da bacia cair.

(57) P: Todos entendem assim?

Silêncio entre os alunos e gestos de afirmação com a cabeça.

(58) P: Bom, a explicação de todas essas experiências de hoje estão relacionadas à pressão atmosférica. A água e o ar que estão dentro da garrafa fazem pressão, mas não podemos esquecer que o ar externo também faz pressão. Novamente temos a ação do ar atmosférico. A pressão externa é maior que a pressão interna, para chegar ao equilíbrio o ar tende a entrar, mas o ar não tem como entrar porque a garrafa está dentro da bacia com água. Aí o que acontece? O ar empurra a água da bacia para dentro da garrafa não deixando a água da garrafa descer. Deu pra entender?

(59) P: Agora, o que eu preciso fazer para que a água da garrafa escoe?

(60) A30: É só levantar.

(61) P: Ok, espertinho, não pode levantar a garrafa. O que eu poderia fazer?

(62) A31: É só fazer um furo aqui (*Apontando para a parte de cima da garrafa*).

(63) P: Que ideia interessante. Será que dá certo?

(64) A32: Dá.

(65) P: Se eu fizer um furo na garrafa o que vai acontecer?

(66) A33: A água vai cair, o ar vai entrar.

(67) P: Como na lata de pomarola? Legal. Nós não vamos fazer o furo, mas quem tiver curiosidade em saber se essa ideia funciona, é só fazer depois em casa. Nós iremos fazer diferente, vou colocar uma mangueira dentro da garrafa. Do jeito que está aqui (*mostrou a mangueira sem tampar uma das extremidades*). Vai dar certo?

(68) A34: Não.

(69) P: Por que não?

(70) A35: Vai entrar água.

(71) P: Então o que vou ter que fazer?

(72) A36: Bota uma tampinha professora.

(73) P: Ah! É o que eu pretendo fazer. Vou colocar essa massinha aqui na ponta. Ta vendo esse arame que está dentro da mangueira? Vai servir para eu empurrar a massinha depois que a mangueira estiver dentro da garrafa. Vamos tentar? Observem.

O procedimento foi realizado e assim que a massinha caiu, foram observadas bolhas e a descida da água para a bacia.

(74) A37: Que legal! Faz de novo professora.

(75) P: Tentem vocês uma vez, depois que terminar pega a ficha e comecem a responder.

Os materiais estavam dispostos em todas as bancadas e o experimento foi feito pelos alunos.

A partir da transcrição da aula e utilizando as tabelas 1 e 2 procurou-se categorizar a atuação docente e discente.

Atuação docente

Categorização da atuação docente	
Intervenções	Falas retiradas da aula transcrita
Instigou (criando problema e introduzindo termos)	(1) (6) (23) (25) (27) (29) (44) (46) (51) (55) (58) (65) (67)
Questionou ou solicitou melhor explicação	(13) (21) (33) (35) (42) (47) (53) (63) (69) (71)
Parafraseou a resposta	(23) (37) (44) (73)
Contrapôs	(13) (21) (31)
Organizou ou recapitulou	(19) (23) (40) (50) (55) (67)
Deu ênfase a fala e as ideias	(16) (18) (37) (63)
Concluiu	(25) (45) (50) (58)

Atuação discente

Categorização da atuação discente	
Ações	Falas retiradas da aula transcrita
Levantam hipóteses ou apresentam proposta de intervenção	(8) (14) (15) (22) (38) (48) (60) (62) (72)
Expõem ideias	(11) (12) (20) (30)
Respondem a questão proposta	(2) (4) (7) (8) (9) (10) (22) (28) (52) (54) (64) (68) (70)
Expõem um dado lembrado	(24)
Explicam utilizando conceitos	(15) (26) (30) (32) (34) (36) (39) (49) (56) (66)
Fazem associações	(20) (41) (43)

Avaliação da atividade

Essa atividade possibilitou uma constante interação entre os alunos, que se mantiveram o tempo todo envolvidos e dispostos a expor seus argumentos. Vários pontos de vista foram ouvidos e confrontados, tanto que as falas da professora contabilizam um total de 33 e as falas dos alunos um total de 35, caracterizando a interação como dialógica. Observando a tabela 2 percebe-se que as ações que mais apareceram entre os alunos foram responder as questões solicitadas e dar explicações utilizando os conceitos. Analisando-se as intervenções docentes, predominavam perguntas apontando que a atuação dos alunos se mostra dependente da postura discursiva do professor. As intervenções foram realizadas no intuito de dar suporte à fala dos alunos, ajudando-os a perceber as similaridades e as contradições de suas falas, ideias e conclusões a partir do confronto das ideias cotidianas com o saber científico, permitindo, assim, transpor o discurso dialógico para o discurso de autoridade. Ao final de cada discussão, foram feitas sistematizações enfatizando a versão científica.

Na visão de Azevedo (2003) estas três atividades podem caracterizar-se como uma atividade de investigação, pois a ação do aluno não estava limitada à observação e à manipulação. Ela também promoveu a reflexão, a discussão e a explicação, em que o aluno deixou de ser apenas um observador.

Durante a aula os estudantes agiram sobre o objeto de estudo e tiveram o interesse de repetir os procedimentos que foram inicialmente realizados de forma demonstrativa. As demonstrações, por sua vez, permitiram uma investigação acerca dos fenômenos demonstrados e não foram executadas com o objetivo de confirmar teorias, como era anteriormente realizado.

Contrariando a antiga prática, a explicação teórica surgiu como forma de interpretação das observações, desfazendo o equívoco de usar a prática como comprovação de teoria. Além disso, usou-se a linguagem na compreensão do fenômeno e não somente a observação.

Em meio a explicação dos fenômenos observados foi possível extrapolar o ensino para outras situações ligadas ao cotidiano. Na aula transcrita, falou-se dos enlatados embalados a vácuo e do funcionamento dos bebedouros das aves. Em outras aulas, abordou-se também o funcionamento do canudinho plástico usado para tomar líquidos.

Em relação à aula transcrita, no momento da abordagem dos enlatados, os alunos conseguiram apontar o ar como o agente responsável por fazer a tampa se prender tão fortemente à lata. Mesmo não mencionando o equilíbrio das pressões interna e externa quando se rompe o lacre da lata, eles conseguiram atribuir à entrada do ar como o fator que faz a tampa se soltar facilmente. Essa compreensão, de que o ar entra na lata ao invés de sair dela, não foi verificada tão facilmente em outras turmas. Foi mais comum entre os alunos a percepção de que a tampa se abre porque o ar sai de dentro da lata. Nesse caso, houve a necessidade de uma discussão mais direcionada, introduzindo a questão: “se não tem ar dentro da lata como é possível que ele saia de dentro dela?” Esse foi o argumento usado para contrapor, na intenção de fazer o aluno repensar a ideia.

Outra situação semelhante que necessitou confrontar as ideias dos alunos com a ciência, foi usar o exemplo do canudinho para bebidas como extrapolação do conteúdo em uma situação do cotidiano. Apareceu com frequência entre os alunos a concepção de que o líquido sobe no canudo porque ele é sugado pelas nossas bocas. Poucos alunos mencionaram a ação da atmosfera, resposta mais condizente com a concepção científica. Assim, como no caso anterior, foi apresentada a versão da ciência para os alunos contrapondo a fala de alguns deles. Importante destacar, como mencionado por Silva e Nuñez (2002), que não é objetivo da

situação problema a eliminação ou substituição das ideias iniciais, mas contribui para que elas estejam mais próximas da explicação científica.

Outro diferencial interessante foi a verificação da aprendizagem ao ser apresentado o “experimento da garrafa com água”. Esperou-se que nesse momento da atividade os alunos já conseguissem usar a linguagem da ciência para explicar porque a água não escoava para a bacia. Esse discurso foi verificado na sequência (56) das falas, quando uma aluna explicou o fenômeno e toda a turma acompanhou em silêncio, não se opondo e manifestando-se com gestos de afirmação.

Na continuidade da discussão, os alunos sugeriram formas para a retirada da água da garrafa, desconhecendo qual seria o procedimento a ser executado por mim. Eles tinham a confiança de que suas sugestões eram válidas, baseadas no conceito de pressão atmosférica. Conseguiram, desta forma, não só a compreensão do conceito como também fizeram previsões a partir da teoria estudada.

Na fala (59) solicitei que os alunos encontrassem uma forma de fazer a água contida na garrafa escoar para a bacia. Um aluno sugeriu, na sequência, a execução de um furo na garrafa que, segundo sua compreensão, permitiria a entrada do ar e, consequentemente, a descida da água. Este momento é de suma importância para a proposta deste trabalho, pois temos como objetivos incentivar a criatividade, a autonomia e a inter-relação teoria e prática a partir do diálogo. O fato de o aluno ter proposto uma solução para o problema é uma forma de percebermos que os objetivos estavam sendo contemplados. A ideia do aluno deveria ter sido experimentalmente validada ou não diante do grupo. Porém, a minha postura foi manter um roteiro mental preestabelecido para a condução da atividade, enfatizando o procedimento que estava previamente preparado, enquanto que, o correto seria estruturar tanto as falas quanto os procedimentos a partir das ideias apresentadas pelos alunos, pois testar as ideias que surgem é fundamental na proposta de um ensino investigativo.

As concepções que surgiram enquanto as atividades estavam sendo realizadas só foram possíveis de serem detectadas porque a atividade valorizou o diálogo e as ideias prévias dos alunos, que, de maneira geral, estavam envolvidos e bem participativos.

Em todas as turmas as discussões na atividade foram muito produtivas, aparecendo entre os alunos muitas concepções diferentes, principalmente no experimento da régua. Retomando a visão de Bacherlard (1996), as ideias que não coincidem com o saber científico, possivelmente são elaboradas a partir de experiências, que inferimos ser com objetos, eventos, pessoas ou informações da mídia.

Para ilustrar as concepções que surgiram durante a execução dos experimentos destacam-se os argumentos dos alunos extraídos de turmas aleatórias e que complementam a análise. Os argumentos apresentados a seguir foram obtidos em três momentos distintos: o primeiro foi captando as falas dos estudantes enquanto estavam organizados em grupos e negociando a resposta para o problema proposto; o segundo foi quando todos estavam reunidos e um dos alunos da turma dava uma explicação para o fenômeno e o terceiro foi a partir da leitura das respostas escritas dos alunos registradas nos protocolos.

1º Momento: diálogo entre os componentes do grupo

O diálogo entre os componentes do grupo corresponde a uma das etapas da metodologia proposta. A negociação de respostas é uma etapa fundamental para que os estudantes façam reflexões, elaborem explicações causais e desenvolvam argumentos. Diferentes pontos de vista são apresentados até que se convençam de uma resposta única e mais apropriada para o problema em questão, ao mesmo tempo, em que vão se familiarizando com os termos científicos e se apropriando de uma linguagem própria da ciência na

explicação dos fatos. Para exemplificar, foram selecionados dois episódios desta etapa de negociação entre os alunos.

Discutindo porque a água não cai do copo mesmo ele estando virado (o experimento do copo).

A1: Porque o ar de fora é maior que o ar de dentro que impede que a água caia.

A2: Não, é porque a pressão de fora que é maior que a de dentro e assim impede que a água caia.

Discutindo porque a água escoava para a bacia quando se retira a massinha da mangueira que estava conectada na garrafa (o problema da garrafa com água).

A1: Ah, eu sei porque quando a gente abre o treco da massinha a água sai junto. Porque quando a gente encheu a garrafa, não tinha pressão dentro. Aí quando abriu, entrou ar, teve pressão e aí tirou a água.

A2: Você está falando o que acontece quando tirou a massinha da mangueira? A água vai para a bacia. Não havia pressão dentro da garrafa.

A3: Sem a mangueira liberada não existia pressão atmosférica dentro da garrafa, porque não tinha ar dentro.

A4: Não, eu sei porque a massinha não deixou o ar entrar. Quando a gente tirou a massinha, o ar entrou dentro da garrafa e empurrou a água.

A5: É bem assim: dentro da garrafa não havia ar para empurrar a água. Quando nós socamos a mangueira, sei lá, entrou com ar, e o ar ocupou espaço e empurrou a água.

A6: Não tinha ar ou não tinha pressão dentro?

A7: Não tinha ar, o ar é que faz pressão.

A8: Tinha ar mais não era muito, não foi suficiente para empurrar a água.

A9: E também porque a bacia tava tampando. Dentro da garrafa não tinha pressão suficiente e com a entrada da mangueira o ar aglomerou-se e houve mais pressão empurrando a água.

2º Momento: falas de alguns alunos durante a discussão com toda a turma

Durante a etapa de discussão com toda a turma, os alunos se manifestavam dando respostas para o problema proposto. As falas abaixo foram retiradas das gravações nas

diferentes turmas no momento em que foi solicitado aos alunos que dessem explicações de porque a régua não cai depois de colocado uma folha sulfite sobre ela. Ressaltando que, a posição da ciência no contexto da discussão só foi apresentada após manifestação das opiniões dos alunos.

Argumentações orais de quatro alunos captadas nas gravações:

- 1) “Foi a eletricidade estática que o papel fez com a mesa e daí não deixou a régua cair”.
- 2) “Esse papel em cima da régua é como se fosse uma tonelada pressionando. Vai com tanta coisa que a pressão é maior, então eu acho que aqui é tipo isso, bate no papel aumenta a pressão, não a pressão, mas diminui a velocidade dele fazendo com que ele não caia”.
- 3) “A pressão vem de cima pra baixo, então o papel fica colado à superfície”.
- 4) “Eu sei uma forma de alterar a pressão do ar no papel. Depende do papel e do peso dele, porque se o papel for muito pesado ele vai segurar e a régua vai ricochetear, mas quanto mais você cortar a metade do papel, ou dobrar, joga que você vai ver, vai cair”.

3º Momento: registros escritos

Na etapa de registro dos argumentos por escrito, os estudantes receberam um protocolo contendo as perguntas referentes à experiência do dia. Nessa atividade específica, os alunos tiveram que responder por escrito as mesmas questões que foram propostas e discutidas oralmente.

Questão 1: por que a água não escoava mesmo o copo estando virado?

Intenção: essa questão requer que o aluno apresente o que entendeu, selecione os pontos fundamentais e sintetize as informações discutidas.

Respostas:

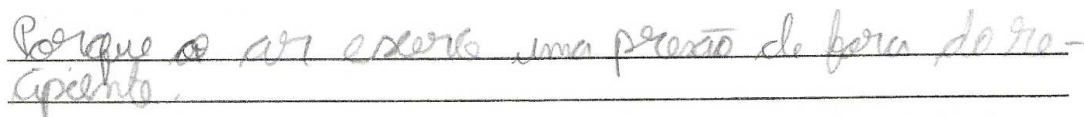
Exemplo 1.

Por a pressão externa faz com que o papel fique grudado no copo, e a pressão interna é menor que a externa.

Pois a pressão externa faz com que o papel fique “grudado” no copo (a pressão interna é menor que a externa).

Apesar de a resposta não ter uma elaboração que mostra a causalidade entre os termos, o aluno seleciona dois pontos importantes que explicam a questão. Primeiro ele ressalta a ação da pressão externa sobre o papel e depois destaca que a diferença de pressão entre os dois meios (externo e interno).

Exemplo 2.

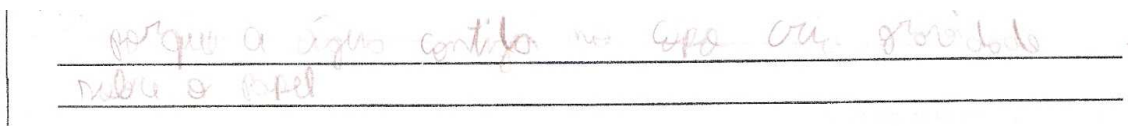


Porque o ar exerce uma pressão de fora do recipiente.

Porque o ar exerce uma pressão de fora do recipiente.

A resposta não traz a certeza de que houve entendimento por parte do aluno, pois não se sabe se ele está considerando implícito que o ar de fora age diretamente no recipiente, impedindo a descida da água, ou se a resposta se limita a expor um dado lembrado.

Exemplo 3.



Porque a água contida no copo cria gravidade sobre o papel.

Porque a água contida no copo cria gravidade sobre o papel.

Essa resposta foi um diferencial nos registros escritos. Nenhum outro aluno mencionou a gravidade, nem mesmo durante as interações discursivas. Pela resposta, percebeu-se que o aluno não tem uma compreensão do tema, usando o termo gravidade de forma inadequada. Além disso, toda a discussão em torno da pressão que o ar exerce no papel e no líquido foi

desconsiderada e ele manteve a sua concepção sobre o assunto. O aluno deu uma resposta sem utilizar os termos exigidos.

Exemplo 4.

Porque a pressão atmosférica exercida no papel é maior que a da água e do ar contido no copo.

Porque a pressão atmosférica exercida no papel é maior que a da água e do ar contido no copo.

Neste caso, apesar de a resposta ser sucinta, o aluno associou o fenômeno às diferenças de pressões existentes entre os meios interno e externo, atribuindo maior pressão a atmosfera. Ele considerou também que dentro do copo tanto o ar quanto a água estavam exercendo pressão.

Questão 2: explique por que a água da garrafa escoou para a bacia após retirada da massinha da mangueira que estava conectada a garrafa?

Intenção: essa pergunta requer que o estudante utilize os dados obtidos na experiência para fazer inferências a respeito da ação da pressão atmosférica.

Respostas

Exemplo 1.

A pressão aumentou dentro da garrafa fazendo a água sair.

A pressão aumentou dentro da garrafa fazendo a água sair.

Resposta bem objetiva, que mostra que o aluno compreendeu que houve um aumento da pressão no interior da garrafa, mas ele não mencionou o fator que provocou esse aumento, ou seja, não falou da entrada do ar.

Exemplo 2.

Que a água que está na garrafa exerce uma pressão para baixo e a bacia exerce pressão para cima.

Que a água que está na garrafa exerce uma pressão para baixo e a bacia exerce pressão para cima.

A resposta da aluna não condiz com a pergunta. Ela não mencionou a pressão atmosférica, desconsiderando a entrada do ar na garrafa. Pelos termos utilizados provavelmente ela expôs o que conseguiu captar dos diálogos na aula, mas que, ao mesmo tempo, demonstra que o conceito discutido não foi bem compreendido.

Exemplo 3.

O ar penetrou na garrafa pelo tubo que nós colocamos e por causa do ar que entrou imprimiu uma força maior do que a água.

O ar penetrou na garrafa pelo tubo que nós colocamos e por causa do ar que entrou imprimiu uma força maior do que a água.

Apresenta uma sequência de fatos e uma causalidade através dos termos. A aluna compreendeu que a entrada do ar atmosférico exerceu uma pressão que provocou a saída da água.

Atividade: como construir um sifão?

Título: Como transferir o líquido de um recipiente para o outro, sem incliná-lo e usando uma mangueira?

A terceira atividade objetivou estudar o Princípio dos Vasos Comunicantes. Este assunto foi abordado no segundo semestre quando se trabalhou a temática “água”. Um dos capítulos da Unidade III do livro texto trata de uma parte da Física dedicada à mecânica dos fluidos, especificamente a hidrostática. O capítulo aborda a pressão exercida pela água, vasos comunicantes e princípio de Pascal. O estudo do ar e da pressão atmosférica só é abordado no livro, em outra unidade e após o término do tema “água”.

No laboratório existia uma prática de vasos comunicantes que sempre foi aplicada no mesmo período em que se estudava a temática água em sala de aula, ou seja, antes do estudo de pressão atmosférica. Para essa prática eram usados os seguintes materiais: um tubo em “U”, fixo no suporte universal, um sistema composto por três vasos comunicantes, uma régua e uma proveta contendo água com corante. O procedimento restringia-se em despejar o líquido nos conjuntos de tubos e verificar que em um sistema de vasos comunicantes, quando o equilíbrio é estabelecido, a altura do líquido é a mesma em todos os tubos. Uma atividade com essa abordagem explícita com nitidez a experimentação sendo usada para comprovação de teorias. Para os alunos a atividade era prazerosa e tinha um caráter lúdico, pois durante a manipulação dos tubos fixados no suporte, ocorria com frequência o derramamento do líquido nos alunos e na bancada, ou porque os parafusos afrouxavam ou porque os alunos assopravam o tubo fazendo o líquido esguichar com pressão. Eles se divertiam, davam risadas e saíam de lá dizendo que adoravam o laboratório. Exemplo de que o prazer pelas aulas práticas se dá pela quebra da rotina da sala de aula e não pelo desafio ao intelecto. Esta

atividade se encaixa na crítica de Hodson (1994) por ser uma prática mal concebida e carente de valor pedagógico.

Com a nova proposta, os conjuntos de tubos foram abandonados e uma atividade simples que aborda o tema vasos comunicantes foi transformada em uma proposta problematizada. O período de aplicação da prática não foi o mesmo de quando os alunos estudaram o conteúdo em sala de aula. Propositalmente, a prática foi deixada para ser aplicada só depois que os alunos tivessem estudado o conceito de pressão atmosférica e o resultado foi muito positivo, pois a solução do problema dependia da retomada da conscientização de que o ar exerce pressão sobre os materiais.

A problematização consistia em realizar a transferência de um líquido que estava dentro de uma proveta para outra proveta vazia utilizando para isso uma mangueira plástica, que juntos formavam um vaso comunicante. Os resultados foram bem diversificados entre as turmas. A seguir apresenta-se a transcrição de uma aula em que os alunos resolveram o problema conforme estava previsto. Porém, apareceram em outras aulas situações inusitadas que serão comentadas mais adiante.

(1) P: Olhem para estes materiais. Temos aqui uma proveta cheia de água, uma mangueira plástica e essa outra proveta aqui que está vazia. Eu quero hoje que vocês resolvam um problema para mim. Vocês terão que transferir a água que está nesta proveta para esta outra proveta vazia, mas obrigatoriamente vocês terão que fazer isso usando essa mangueira. Será que tem jeito? Qual é o jeito?

Muitos alunos falavam ao mesmo tempo. Não deu para distinguir as falas.

(2) P: Calma gente! Vocês tentarão lá nas bancadas. Vamos ver qual grupo consegue fazer a transferência primeiro. Vamos lá?

Os alunos se dirigiram as bancadas e começaram a manipular os materiais. Várias tentativas foram feitas e diferentes soluções foram encontradas. Os grupos compartilharam entre si as soluções e eles experimentaram diversas formas de solução.

(3) P: Bom gente, eu dei quinze minutos para vocês manipularem o material e agora quero saber como vocês solucionaram o problema. Vamos ficar todos nessa bancada. Chega todo mundo para cá.

(4) P: Ê aí? Me conta como vocês fizeram? Vou começar pelo grupo um. Al como vocês fizeram?

(5) A1: Primeiro nós fizemos assim ó.

Nesse momento a aluna mostrou como foi feito repetindo a ação. Ela mergulhou a mangueira na proveta com água, esperou o líquido subir e depois prendeu a extremidade da mangueira com o dedo indicador. Levantou a mangueira mantendo o dedo preso a ela e só soltou quando o outro lado da mangueira estava dentro da proveta vazia. Ao soltar o dedo indicador a água desceu para a proveta vazia. Ela repetiu esse procedimento três vezes enquanto a turma ficava de expectadora.

(6) A2: A gente fez melhor.

(7) P: Porque que o jeito que vocês fizeram foi melhor?

(8) A3: Desse jeito aí demora demais.

(9) P: É verdade, o jeito que elas fizeram resolve o problema, mas demora muito. O jeito das meninas é igual quando a gente usa a pipeta aqui no laboratório, lembra? Como eu vi as meninas fazendo deste jeito eu já separei a pipeta para mostrar para vocês. Quando eu mergulho a pipeta no líquido o que acontece?

(10) A4: A água sobe.

(11) P: Vocês já repararam até aonde a água sobe? Não? Então eu vou colocar e quero que vocês olhem.

Foi colocada a pipeta na proveta contendo água e foi passado na mão dos alunos para que eles conferissem a altura do líquido dentro da pipeta.

(12) A5: Ah! Já sei. Tá igualzinho.

(13) P: O que está igualzinho?

(14) A6: O líquido dentro e fora.

(15) P: Isso! A altura do líquido dentro da proveta é igual a altura do líquido na pipeta. E quando eu pressiono a parte de cima da proveta, por que a água não desce?

(16) A7: Por que tem ar dentro e ele não sai.

(17) P: Tá certo isso gente?

(18) A8: É porque o ar não entra.

(19) P: É... se eu tampar com o dedo a parte de cima da pipeta eu vou impedir que o ar faça pressão na água. Só que, lembra, o ar exerce pressão por todos os lados, então ele faz pressão na parte de baixo também, impedindo que o líquido desça.

(20) P: Bom, eu vi que vocês resolveram de forma semelhante, vamos fazer de novo? Mostra aí Al como que vocês fizeram?

(21) A9: Nós tivemos que chupar a mangueira depois a gente colocou na proveta.

(22) P: Por que vocês sugaram a mangueira?

(23) A10: Pra tirar o ar de dentro.

(24) P: Igual quando a gente usa canudinho de refrigerante, né?

(25) P: Vocês conseguiram transferir todo o líquido?

(26) A11: Não. Tava dando certo mais aí parou.

(27) P: Por que será que parou? Faz aí de novo.

Nesse momento, o grupo repetiu o experimento para mostrar para a turma, mas um dos alunos deixou a mangueira muito levantada fazendo a água retornar para a proveta de origem.

(28) P: Vocês percebem porque não está dando certo?

(29) P: Peraí gente, um de cada vez, fala Al por que.

(30) A12: Porque o ar entrou, tem que botar a mangueira mais para dentro.

(31) P: Então faz aí.

*Ele colocou a mangueira dentro da proveta com água, se abaixou e sugou a mangueira mantendo-a mais abaixo que o nível da mesa onde estava apoiada a proveta com água. A água começou a escorrer e foi recolhida na proveta vazia a partir do momento que ele inseriu a mangueira dentro dela e a manteve em um nível mais baixo. **O procedimento de colocar a boca em instrumentos de laboratório não é recomendável e por medidas de segurança os alunos não devem proceder conforme descrito.***

(32) P: Olha lá, a água está passando de uma proveta para outra. Agora meninos colocam a duas provetas na mesma altura. É, as duas em cima da mesa.

(33) P: O que aconteceu?

(34) A13: Nivelou.

(35) P: Vocês já estudaram um princípio que explica o que aconteceu aqui. Quem sabe qual é o princípio?

(36) Coro: Vasos comunicantes.

(37) P: E o que diz o Princípio dos Vasos Comunicantes?

(38) A14: Que os líquidos se igualam nos dois tubos.

(39) P: Isso. Quais as condições para que os líquidos se igualem nos tubos?

(40) A15: Pressão.

(41) P: Ok! Mas é a pressão da água no tubo né? Porque a pressão atmosférica é a mesma, a gente não pode confundir as duas pressões. Além da pressão, o que mais nós observamos nessa experiência? O que a gente teve que fazer para que os líquidos se igualassem nas provetas?

(42) A16: Botar o dois na mesa.

(43) P: Exatamente! Os tubos precisam estar na mesma altura. Então o Princípio dos Vasos Comunicantes diz o seguinte: quando eu coloco um líquido dentro de recipientes que se comunicam, esse líquido se espalha pelos recipientes até que ocorra um equilíbrio. Isso se a altura dos recipientes for a mesma. Se altura for a mesma vai ter a mesma pressão nos recipientes e aí o nível dos líquidos se igualam. Ah, os recipientes podem ter forma ou tamanho diferentes que o resultado vai ser o mesmo. E pode ser mais de dois recipientes. Na nossa experiência nos usamos dois, mas pode ter mais.

(44) P: Agora, se a altura dos recipientes não for a mesma? Eu vi vocês brincando com os tubos, ora levantava um, ora levantava o outro e o líquido?

(45) A17: Ele ficava passando de um lado para o outro.

(46) P: Foi mesmo, e isso acontece para que seja estabelecido o equilíbrio e os líquidos se igualem. É igual quando vocês estudaram a parte de distribuição de água e vocês viram lá que as caixas d'água devem ficar na parte de cima de nossas casas. Os encanamentos que trazem a água o reservatório da cidade e as caixas d'água formam um conjunto de vasos comunicantes. Por isso que os reservatórios ficam sempre num ponto mais alto da cidade. Como está em uma altura diferente, a água vai descer para as nossas casas e não vai precisar de bomba.

(47) P: Podemos encontrar esse princípio também quando um pedreiro usa uma mangueira transparente para nivelar paredes, já viram isso? Os pedreiros pegam uma mangueira dobra ela formando um vaso comunicante na forma de um U, assim ó (*dobrando um pedaço de mangueira para demonstração*), bota água e usa para ver se a parede que ele construiu está reta. O nível da parede tem que coincidir com o nível da mangueira. Legal, né? Vocês agora irão responder a ficha. Vamos lá?

A partir da transcrição da aula e utilizando as tabelas 1 e 2 procurou-se categorizar a atuação docente e discente.

Atuação docente

Categorização da atuação docente	
Intervenções	Falas retiradas da aula transcrita
Instigou (criando problema e introduzindo termos)	(1) (9) (11) (35)
Questionou ou solicitou melhor explicação	(4) (7) (13) (17) (22) (25) (27) (31) (35) (37) (39) (41) (44)
Parafraseou a resposta	(9)
Contrapôs	(44)
Organizou ou recapitulou	(19) (24)
Deu ênfase a fala e as ideias	(46)
Concluiu	(43) (46) (47)

Atuação discente

Categorização da atuação discente	
Ações	Falas retiradas da aula transcrita
Levantam hipóteses ou apresentam proposta de intervenção	(5) (18) (23) (30)
Expõem ideias	(6) (8) (16)
Respondem a questão proposta	(5) (10) (12) (26) (30) (34) (45)
Expõem um dado lembrado	(18) (21)
Explicam utilizando conceitos	(23) (36) (38) (40)
Fazem associações	(30) (36) (42)

Análise da atividade

Pela tabela percebe-se que as intervenções mais frequentes da professora foram questionar ou solicitar melhor a explicação e a verificação de quais significados estavam

sendo atribuídos em situações específicas. O intuito foi mediar às concepções apresentadas e os conceitos cientificamente aceitos. Não houve contradições entre as ideias, mas prevaleceu a fala elucidativa, motivada pelas respostas dos alunos. O objetivo foi tornar as respostas mais claras e precisas e por isso foram constantemente recapituladas usando a linguagem adequada. Contando a quantidade de vezes que a professora e os alunos falam foram encontrados, respectivamente, 19 e 17 falas, demonstrando o diálogo, o que caracteriza a aula como interativa dialógica.

Nessa atividade os alunos, manipulando os materiais, reconheceram que se tratava de um conjunto de vasos comunicantes. No início, aqueles acreditavam que bastava interligar as duas provetas e levantar um dos tubos que a água seria transferida. Só aos poucos é que eles se conscientizaram de que era preciso retirar o ar da mangueira para que a água fosse transferida, oportunizando assim a retomada do conceito de pressão atmosférica.

Os alunos constataram que o enunciado do princípio dos vasos comunicantes era válido para explicar o que estava ocorrendo com o líquido nos tubos, possibilitando perceber que a pressão exercida por um líquido depende de sua altura, pois o nivelamento do líquido só foi estabelecido quando a altura era a mesma nos dois recipientes.

Porém, sugar o ar da mangueira com a boca, no intuito de diminuir a pressão interna, consiste em um procedimento inadequado que contradiz as normas de segurança dos laboratórios.

Um grupo de alunos, em outra aula, resolveu o problema de forma interessante, mas cometendo o mesmo equívoco, pois, o procedimento consistiu em: 1) unir os dois recipientes com a mangueira; 2) colocar as duas mãos tampando a abertura da proveta cheia de água, deixando somente uma abertura entre os dedos; 3) soprar fortemente na proveta, provocando, desta forma, a transferência do líquido. Após a percepção de que o procedimento funcionou,

eles também experimentaram sugar o ar da proveta vazia, obtendo novamente êxito no deslocamento da água de uma proveta para outra.

Uma alternativa, para evitar o contato da boca com os materiais do experimento, foi executada por outros alunos que se dirigiram até a pia enchendo a mangueira de água antes de interligá-la nas provetas, obtendo assim o mesmo resultado.

Na discussão foi dado destaque a esse procedimento que gerou interesse em toda a turma e enriqueceram a atividade. Foi perceptível entre os alunos que fizeram a atividade de forma diferenciada, um sentimento de autoconfiança e afirmação pelo resultado obtido. Com alguns alunos foi possível perceber, através de outros encontros, que eles estavam mais afetivos e receptivos as atividades.

Na fase de registro escrito dos resultados, os alunos se depararam com um protocolo diferente dos que já haviam sido respondidos em outras aulas. Para esta atividade ao invés de responder a questionários que remetessem às explicações dos fenômenos das atividades trabalhadas, os alunos tiveram que elaborar um texto sintetizando os eventos ocorridos em ordem cronológica que apresentassem uma conexão lógica entre as ações. A primeira questão enfatizou os procedimentos (o como) e a segunda questão teve a intenção de identificar se os alunos conseguiam extrapolar o conceito e os fatores causais, aplicando leis e conceitos.

Alguns exemplos de respostas serão apresentados a seguir.

Questão 01: Descreva como pode ser feita a transferência do líquido de um recipiente para outro recipiente vazio usando a mangueira.

Exemplo 1

Você segue os princípios dos vasos comunicantes, ou seja, ligar dois recipientes com a mangueira e retirar o ar da mangueira, abaixo o recipiente sem água, a água fará pressão para a água ir ao outro recipiente.

Você segue os princípios dos vasos comunicantes, ou seja, ligar dois recipientes com a mangueira e retirar o ar da mangueira, abaixo o recipiente sem água. A água fará pressão para a água ir ao outro recipiente.

Aparece na resposta deste aluno referência ao princípio e as condições para sua validade, ou seja, a ligação entre os recipientes, a retirada do ar no interior da mangueira e a diferença de altura que promove o deslocamento da água.

Exemplo 2.

Deixe o recipiente vazio um pouco abaixo do recipiente cheio com a mangueira, chupe um pouco ^{o ar} ~~de água~~ ~~dele~~ ~~a este ponto~~ ~~da~~ (com a ponta da mangueira) e coloque essa ponta rápido no fundo do recipiente, assim deixe-os lado a lado até parar de transferi-los (ficarão mais ou menos na metade os dois), depois, ~~deixe um dos recipientes~~ deixe um recipiente um pouco acima do outro, até um dos recipientes ficar totalmente cheio.

Deixe o recipiente vazio um pouco abaixo do recipiente cheio com a mangueira, chupe um pouco o ar (com a ponta da mangueira) e coloque essa ponta rápido no fundo do recipiente, assim deixe-os lado a lado até parar de transferi-los (ficarão mais ou menos na metade os dois), depois, deixe um recipiente um pouco acima do outro, até um dos recipientes ficar totalmente cheio.

A aluna apresentou uma sequência mostrando que ela conseguiu compreender quais são as ações necessárias para transferir o líquido de um recipiente para outro.

Exemplo 3.

Primeira: Assim suga a água e o ar porque a água não tem força para subir sozinha, ela precisa de pressão. Então, se eu suga a água e ela vai para o outro recipiente.

Primeiro você suga a água e o ar porque a água não tem força para subir sozinha, ela precisa de pressão. Então, o ar vai sugar a água e ela vai para o outro recipiente.

Essa resposta é um exemplo de que mesmo após as discussões dos conceitos, algumas concepções não são desfeitas. Essa aluna apresentou uma resposta não condizente com a explicação científica.

Questão 2: Considere agora que o recipiente contendo líquido esteja tampado e haja somente um furo para passagem da mangueira. O resultado do experimento seria o mesmo? Justifique.

Intenção: requer dos alunos façam inferências, avalie condições e generalize.

Exemplo 1.

Não, pois no recipiente fechado não a ar suficiente para fazer com que a água seja sugada e colocada no outro recipiente.

Não, pois no recipiente fechado não há ar suficiente para fazer com que a água seja sugada e colocada no outro recipiente.

Novamente aparece entre as respostas a concepção de que a água está sendo sugada pelo ar para outro recipiente. Não houve compreensão de que o ar atmosférico exerce pressão sobre o líquido provocando seu deslocamento.

Exemplo 2.

Não, o ar não entrou no recipiente fechado. Pois, como ele está fechado tem pressão em cima da tampa.

Não, o ar não entrou no recipiente fechado. Pois, como ele está fechado tem pressão em cima da tampa.

A aluna conseguiu avaliar as condições em que se deu a pergunta e ressaltou que mesmo o recipiente estando fechado o ar continua exercendo pressão. Houve a compreensão e extrapolação do conceito para a situação proposta.

Exemplo 3.

Não, pois é o ar atmosférico que empurra o líquido para podermos passá-lo para o outro recipiente. Como a tampa está impedindo o ar atmosférico a entrar, não podemos passar o líquido para o outro recipiente. A pressão atmosférica está presente, mas não no líquido e sim na tampa.

Não, pois é o ar atmosférico que empurra o líquido para podermos passá-lo para o outro recipiente. Como a tampa está impedindo o ar atmosférico a entrar, não podemos passar o líquido para o outro recipiente. A pressão atmosférica está presente, mas não no líquido e sim na tampa.

Assim como na questão anterior, a aluna também conseguiu extrapolar o conceito para outra situação proposta fazendo conclusões importantes que demonstram que houve aprendizagem.

Atividade: estudo do comportamento do ar e da água em uma seringa.

Título: podemos alterar o volume do ar ou da água que se encontra dentro de uma seringa fechada?

Essa atividade teve como objetivo fazer com que os alunos percebessem algumas propriedades dos gases, como a compressibilidade e a expansibilidade. Manipulando a seringa, empurrando ou puxando o êmbolo, foi possível alterar o volume de uma amostra de ar aprisionado, aumentando ou reduzindo a pressão exercida sobre ele. Com essa mesma seringa manipulou-se também uma amostra de água. Esses dois procedimentos permitiram comparar o comportamento dos gases com os líquidos, verificando que o volume de uma

amostra de água, diferentemente do volume do ar, é praticamente invariável com a alteração da pressão.

Além dessas observações, o procedimento de pressionar o êmbolo para comprimir o ar contido dentro de uma seringa fechada, serviu também para observar que o êmbolo volta a sua posição original depois de liberado, possibilitando a retomada do estudo sobre pressão atmosférica.

E, por fim, como complemento da atividade, os alunos foram instigados a fazer previsões que contribuíssem para a compreensão do enunciado, conhecido como Princípio de Pascal. Ele diz que nos fluidos em repouso, as pressões são transmitidas integralmente, sem perda, agindo em todas as direções e por toda a superfície do material nele imerso. Esse enunciado explicou o fato de um balãozinho cheio de ar dentro de uma seringa se achatar, em todas as direções, após termos imprimidos uma pressão no êmbolo.

A forma como esses procedimentos foram executados estão no apêndice F e a descrição de como foram trabalhados é exemplificada a seguir, com a transcrição de uma das aulas.

(1) P: Bom gente vamos iniciar hoje manipulando essas seringas descartáveis, sem a agulha, claro! Essa parte da seringa aqui é chamada de êmbolo. Vai ter uma seringa para cada um.

Foi distribuída uma seringa para cada aluno que já começou a manipulá-la de várias formas antes mesmo de iniciarmos os procedimentos.

(2) P: Agora vocês irão puxar o êmbolo da seringa até o final, mas sem tirar ele da seringa, deixa na pontinha. Fizeram? Agora, vocês vão tampar com o dedo a ponta da seringa, assim. Não pode tirar o dedo. O que tem dentro da seringa?

(3) A1: Nada.

(4) P: Nada?

(5) A2: Têm ar, têm ar.

(6) P: É tem ar dentro da seringa. Vocês irão agora empurrar o êmbolo, sem tirar o dedo da ponta, senão o ar escapa e vão empurrar até onde conseguir. Faz aí.

(7) P: Fizeram? Agora sem tirar o dedo da ponta, solta o êmbolo e observa.

(8) A3: Ele volta.

(9) A4: É por causa da expansão do ar.

(10) P: Vamos por parte. Primeiro o que acontece quando a gente empurra o êmbolo?

(11) A5: O ar fica comprimido.

(12) P: Isso. Antes, a gente puxou o êmbolo até mais ou menos 50 mL, esse é o volume de ar dentro da seringa. Como a gente tampou a saída do ar, a quantidade do ar não muda dentro da seringa, porém o volume muda. Vocês conseguiram apertar até aonde? Até uns 10 mL não foi? Pois é, nós pegamos a mesma quantidade de ar e nós fizemos ele ocupar um volume bem menor. Como isso é possível?

(13) A6: Porque o ar pode ser comprimido.

(14) P: Só por isso?

(15) A7: As partículas do ar estão separadas aí a gente junta elas.

(16) P: Tá certo! Mas vocês precisam considerar também que as partículas do ar se juntaram ocupando um volume menor porque foi feita uma pressão sobre o ar da seringa. Aumentou a pressão e diminuiu o volume. E se a gente usar água vai dar certo? Vamos ter o mesmo resultado?

(17) A8: Eu acho que vai.

(18) P: Experimentem então. Vou dar esse béquer que tem água, vocês irão puxar a água usando a seringa, agora tem que tirar o ar que ficou dentro da seringa. Sabem como faz isso? Igual as enfermeiras, coloca a seringa em pé e aperta o êmbolo até sair o ar. Não deixe bolhas.

Os alunos iam realizando o procedimento conforme solicitado.

(19) P: Pronto? Agora vamos fazer a mesma coisa, tampa a ponta da seringa com o dedo e empurra o êmbolo até onde conseguir.

(20) A9: Não dá, não vai.

(21) P: Tá difícil? Dá para comprimir a água?

(22) Coro: Não.

(23) P: E por que não?

Silêncio.

(24) P: Vocês falaram que o ar pode ser comprimido porque as partículas dos gases estão mais distantes umas das outras, isto indica que elas tem mais liberdade de movimento e o seu volume diminuiu porque aumentamos a pressão sobre o ar. E com a água por que isso não aconteceu?

(25) A10: Porque as partículas estão mais juntas.

(26) P: Além de as partículas estarem mais juntas, o volume do líquido não muda com o aumento ou diminuição da pressão. Se a gente quiser mudar o volume do líquido ao invés de mudar a pressão a gente tem que alterar a sua temperatura.

(27) P: Mas vamos lá, a outra coisa que a gente viu foi o êmbolo voltar a sua posição inicial depois que a gente soltou ele. Por que isso acontece?

(28) A11: Porque o ar se espalhou.

(29) P: Alguém tem outra explicação?

Silêncio.

(30) P: Nessa parte da experiência a gente vai ter que lembrar de outras práticas que nós fizemos aqui. O que temos dentro da seringa?

(31) A12: Ar.

(32) P: E o que tem do lado de fora?

(33) A13: Ar.

(34) P: Pois é, tem ar do lado de dentro e tem ar do lado de fora. Só que o ar dentro da seringa está comprimido fazendo com que a pressão lá dentro fique maior que a pressão de fora. Para estabelecer o equilíbrio entre as duas pressões foi preciso que o ar de dentro empurrasse o êmbolo. Entendido?

(35) P: Vamos para a segunda parte. Estão vendo esse balãozinho aqui. Vou colocar ele dentro da seringa, vou colocar o êmbolo na ponta, vou tampar a ponta com dedo e agora vou empurrar o êmbolo, o que vai acontecer com o balãozinho?

(36) A14: Vai estourar.

(37) A15: Que massa, eu quero ver ele estourar.

(38) P: Ô Al por que você acha que o balãozinho vai estourar?

(39) A15: Por causa da pressão. Vai aumentar a pressão e o balãozinho vai estourar.

(40) P: Todo mundo acha isso? Que o balãozinho vai estourar?

(41) Coro: Sim.

(42) P: Então vamos ver. Vou dar um balãozinho para cada um e vocês irão fazer e observar.

Os alunos fizeram e se surpreenderam com o resultado e se mostraram curiosos com o fato do balãozinho ter ficado com um formato de um disco achatado.

- (43) P: Ih, não estourou, ele se achatou. Legal né? Por que o balãozinho ficou todo achatado?
- (44) A16: Por que saiu o ar de dentro dele.
- (45) P: Não, o ar está aí, quer ver? Solta o êmbolo e observa o balãozinho, ele vai estar cheio. O ar não sai. Quem tem outra explicação?
- (46) A17: O êmbolo faz pressão no balãozinho.
- (47) P: Mas o êmbolo não entra em contato com o balãozinho. O balãozinho tem contato com o ar.
- (48) A18: Ah já sei, a gente apertou o êmbolo o ar foi comprimido e comprimiu o balãozinho.
- (49) P: Beleza, com isso a gente percebe que se eu aplicar uma força no êmbolo, essa força vai se espalhar no ar e vai chegar até o balãozinho. Isso é Princípio de Pascal. O ar transmite a pressão recebida para os materiais que estão tendo contato com ele. Mas será que o Princípio de Pascal só é válido para o ar? E se eu repetir essa experiência do balãozinho usando água ao invés do ar vai dar certo?
- (50) A19: Não vai dar não.
- (51) P: Então façam com a água.
- (52) A20: Deu certo, o balãozinho achatou. Que estranho!
- (53) P: É estranho né! A água não pode ser comprimida, mas ela transmite a pressão do mesmo jeito que o ar. Para fechar, nós vimos no início da prática que o ar pode ser comprimido. Essa propriedade de compressão do ar pode ser encontrada nas bolas de futebol, vôlei, basquete ou mesmo nos pneus dos carros. Vamos começar a fazer a ficha!

A partir da transcrição da aula e utilizando as tabelas 1 e 2 procurou-se categorizar a atuação docente e discente.

Atuação docente

Categorização da atuação docente	
Intervenções	Falas retiradas da aula transcrita
Instigou (criando problema e introduzindo termos)	(2) (12) (16) (19) (21) (27) (35) (42) (45) (49)
Questionou ou solicitou melhor explicação	(4) (10) (14) (23) (24)(29) (30) (32)(38) (40) (43)
Parafraseou a resposta	(12) (34)
Contrapôs	(45) (47)
Organizou ou recapitulou	(16) (24) (34)
Deu ênfase a fala e as ideias	(6) (51)
Concluiu	(26) (49) (53)

Atuação discente

Categorização da atuação discente	
Ações	Falas retiradas da aula transcrita
Levantam hipóteses ou apresentam proposta de intervenção	(36)
Expõem ideias	(3) (8) (15) (41) (50) (52)
Respondem a questão proposta	(5) (11) (17) (20) (22) (28) (31) (33) (36) (44) (50)
Expõem um dado lembrado	(13)
Explicam utilizando conceitos	(9) (15) (25) (39) (46) (48)
Fazem associações	

Análise da atividade

Nessa atividade, assim como no experimento do sifão, os alunos apresentaram respostas que foram sendo reformuladas a partir das intervenções docente, que objetivou dar mais

clareza e entendimento as ideias que surgiram. Nesta atividade houve predomínio da interação interativa dialógica em que tanto a professora como os alunos se manifestaram. Pelas tabelas 1 e 2 observamos que há proximidade entre a quantidade de vezes que falou a professora, total de 28, e a quantidade de vezes que os alunos falaram, total de 24. O padrão discursivo predominante foi a sustentação da fala dos alunos para elaboração do enunciado.

A problematização permitiu a exposição de ideias e a retomada do estudo sobre pressão atmosférica quando explicaram utilizando conceitos. Na maioria das turmas constatou-se que os alunos tiveram dificuldades para explicar porque o êmbolo volta a sua posição inicial após liberado. Considera-se que o ar ao ser comprimido através do êmbolo provoca o aumento da pressão no interior da seringa, fazendo com que, nesse caso, a pressão interna se torne igual à pressão que foi aplicada no êmbolo somada a pressão atmosférica. Desta forma, quando o êmbolo foi liberado, o ar no interior da seringa empurrou o êmbolo até que as pressões interna e externa voltassem a se igualar.

Era esperado dos alunos que houvesse uma formulação desse conceito, pois eles já haviam estudado pressão atmosférica. Porém, eles focaram na capacidade de compressão e expansão do ar e não identificaram que ocorreu igualdade entre as pressões na situação apresentada. Mas, a atividade foi muito produtiva e associei à dificuldade dos alunos à complexidade do tema e ao nível cognitivo da faixa etária.

Um inconveniente apresentado na atividade é que a água se espalhou por todo o chão do laboratório e incentivou a brincadeira entre os alunos, que usaram a seringa para atingir água uns nos outros. Foi necessário administrar o excesso de brincadeiras por parte de alguns alunos, fato não tirou o mérito da atividade.

No registro escrito, os alunos receberam um protocolo com questões referentes aos experimentos. A questão selecionada para ser descrita requer dos alunos uma explicação usando leis e conceitos a partir de uma informação dada.

Questão 01: após a compressão do êmbolo o balãozinho ficou no formato de um disco achatado. Qual a explicação para o ocorrido com o balãozinho?

Exemplo 1.

Que em vez de estourar ele murcha, pois o ar dele foi.

Que em vez de estourar ele murcha, pois o ar dele sai.

Resposta não condizente com a explicação científica.

Exemplo 2.

Porque a gente exerce pressão no êmbolo o êmbolo comprime o ar e o ar comprime o balão.

Porque a gente exerce pressão no êmbolo, o êmbolo comprime o ar e o ar comprime o balão.

Resposta que apresenta uma sequência de fatos que justificam a compressão do balãozinho. A escrita da aluna permite aproximá-la do enunciado do Princípio de Pascal.

Exemplo 3.

A pressão exercida num ponto de um líquido ou gás em um recipiente fechado, se transmite integralmente a todos os pontos do líquido ou gás.

A pressão exercida num ponto de um líquido ou gás em um recipiente fechado se transmite integralmente a todos os pontos do líquido ou gás.

Resposta bem elaborada, principalmente considerando a faixa etária. O aluno escreveu o enunciado do Princípio de Pascal, mostrando compreensão do conceito e capacidade de síntese do que foi apreendido.

6. Considerações finais

A metodologia proposta permitiu vivenciar uma prática de ensino baseada na teoria de Paulo Freire. Antes existia uma proposta de aprendizagem de ciências através da experimentação caracterizada como concepção bancária; agora, assumindo um caráter de problema, e, portanto de desafio, o que permitiu tornar os alunos mais participativos.

Ao contrário de propor apenas a recepção passiva de um conhecimento acabado, a proposta foi convidar os educandos a pensar e a desenvolver seu poder de captação e de compreensão dos fenômenos, em suas relações com ele. A atividade envolveu o fazer e o pensar sobre o fazer como elementos constitutivos dos diálogos estabelecidos durante as atividades.

Os resultados das falas, sistematizados nas tabelas, indicam que as aulas podem ser classificadas como dialógicas. Segundo Freire, uma aula dialógica é aquela que estabelece uma “intimidade” entre os saberes curriculares e a experiência que os alunos têm como indivíduos. Em todas as atividades propostas foi constatada a participação dos alunos, expondo suas ideias, respondendo a questionamentos, explicando os fenômenos, usando termos da ciência, interferindo nas ações, escutando e avaliando diferentes versões para um mesmo problema.

A análise das tabelas indica também que houve um espaço democrático para exposição dos argumentos, o que foi quantificado pelas falas que ocorreram nas aulas, o número de vezes que os alunos falaram é muito próximo do total das vezes da fala docente, caracterizando as interações ocorridas entre professora-alunos e entre alunos-alunos, segundo os critérios de Mortimer e Scott (2002), como interativa dialógica. Isso quer dizer que professora e alunos exploraram ideias, formularam perguntas e trabalharam os diferentes pontos de vista.

Porém, ainda na perspectiva de Mortimer e Scott (2002), os padrões de interações ocorridos nas aulas foram bem diversificados. No experimento da densidade, por exemplo, manteve-se o padrão IRA (o professor indaga o aluno responde e o professor avalia), a partir de um conjunto de perguntas que induziram a um raciocínio. Já no experimento do sifão e no experimento da seringa, as falas foram sustentadas pelas explicações dadas pelos alunos a partir da solicitação de maiores detalhes que levassem a uma melhor compreensão. Para os experimentos da régua, do copo e da garrafa com água os diálogos foram mantidos através das exposições das ideias e dos confrontos de posicionamentos entre os alunos.

O desempenho dos alunos nas atividades foi considerado satisfatório e atribui-se esse fator a postura docente, que assumiu como prioridade incentivar a participação dos alunos. Monteiro e Teixeira (2004) acreditam que a capacidade do aluno em descrever suas ações e construir justificativas plausíveis se mostra dependente da postura discursiva do professor. Desta forma, o discurso docente foi organizado a partir das falas dos alunos, aceitando e valorizando os seus posicionamentos.

Esta postura foi influenciada pelos dizeres de Freire (1996), que considera que o diálogo entre educador e educando se estabelece quando o educador percebe as condições estruturais do pensar e da linguagem, que são possíveis de serem reconhecidas escutando o que os educandos têm a dizer.

As categorias de análise, elaboradas na forma de tabela, mostraram-se eficientes para classificar as falas, contribuindo para um entendimento de como o discurso foi desenvolvido dentro da sala de aula. As categorias apresentam os tipos de intervenções para promover uma abordagem dialógica e a evolução dos pensamentos dos alunos, desde as manifestações das opiniões até as explicações mais elaboradas utilizando conceitos.

Seguindo os pressupostos de uma educação problematizadora, caracterizada por Freire, o objeto do conhecimento apresentado como um problema foi o mediador da reflexão

de professora e alunos na busca de soluções. Portanto, o processo dialógico só aconteceu porque a proposta de ensino esteve calcada na investigação.

Se por um lado os alunos estiveram mais ativos, mais autônomos e mais dispostos a pensar, por outro, foi necessária, por parte da professora, uma atitude mais aberta, mais atenta e curiosa. Cabe ressaltar que a preparação e a execução de uma atividade experimental investigativa não é tarefa fácil, pois além da mudança de postura diante dos alunos, o educador tem que ter mais domínio do conteúdo e mais disponibilidade de tempo para elaboração das atividades.

As características das atividades problematizadas mencionadas por autores como Henning (1994), Silva e Núñez (2002), Macedo (2002) e Santos e colaboradores (2005) foram identificadas neste trabalho em diferentes situações.

Uma dessas características é o desenvolvimento de habilidades inferido nas mudanças observadas no comportamento e decisões dos alunos. Durante a execução das atividades, “o experimento da densidade” e o “experimento do sifão” ficaram perceptíveis que os alunos agiram, decidiram e discutiram as ações de forma consciente e criativa.

Outra característica da problematização é a valorização das ideias prévias dos estudantes, que foi principalmente identificada nas atividades envolvendo o conceito de pressão atmosférica, em que os alunos mantiveram a narrativa do discurso confrontando diferentes explicações para o mesmo fenômeno. Ou mesmo quando na atividade “o experimento da seringa”, na qual as concepções dos alunos surgiram quando eles foram instigados a suporem o que iria acontecer com o balãozinho dentro da seringa após a compressão do êmbolo.

Desta forma, pode-se afirmar que as aulas experimentais podem ser uma abordagem para que os conceitos sejam discutidos e problematizados, com a intervenção pedagógica do professor. Os resultados desta investigação permitem argumentar a favor das atividades

experimentais que contemplam as orientações de autores como Hodson (1994), Silva e Zanon (2000), Cappechi e Carvalho (2000), Galianzi e colaboradores (2001), como mais adequada a modalidade de problematização, que permite aos alunos participem de diálogos: propondo explicações para os fenômenos observados, modificando e ou reelaborando ideias e pontos de vista e estabelecendo conexões entre os saberes cotidianos e científicos.

O levantamento bibliográfico revelou que as pesquisas em ensino de Ciências emitem um parecer favorável em relação ao uso das atividades experimentais, mas criticam a forma como estão sendo realizadas. Essas pesquisas foram objetos de reflexão acerca da própria prática e base de orientação para uma reformulação da docência. Os aspectos criticados foram evidenciados no contexto escolar e serviram de ponto de partida para mudança das concepções e das ações.

Evidente que o processo de mudança foi gradativo. Somente depois de pensar criticamente a minha prática e as minhas concepções acerca da natureza da ciência e do papel da experimentação é que consegui me adaptar a uma nova proposta de ensino experimental. Antes entendia a experimentação como uma estratégia de ensino complementar usada para comprovação e validação de teorias que potencialmente motivava os alunos, porém, essa visão simplista contribuía para dissociar a teoria da prática e reforçava uma ação tecnicista que valorizava os procedimentos em detrimento da reflexão. O ensino estava caracterizado dentro do modelo transmissão-recepção, que negava a dialogicidade, reduzindo o ato de conhecer a uma mera transferência de informações.

Foi constatado que a superação dos princípios e conceitos inadequados do que seja ensino experimental e das concepções errôneas sobre a natureza da ciência favoreceu o desenvolvimento de ações educativas que proporcionaram aos estudantes atividades relevantes para o seu contexto social. O uso da experimentação passou a ser definido pela natureza do conhecimento, e os alunos passaram a se envolver em conversações, em um

processo de atribuição de significados, que permitiu aumentar a compreensão e a avaliação de modelos e teorias, além de integrar outras dimensões complementares a formação do estudante, tais como: autonomia, cooperação e autoconfiança.

7. Bibliografia

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella. *Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula*. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson, 2003.

BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARATIERI, Stela Mari; BASSO, Nara R. Souza.; BORGES, Regina Maria Rabello; ROCHA FILHO, João Bernardes da Rocha. *Opinião dos estudantes sobre a experimentação em química no ensino médio*. *Experiências em ensino de ciências*, v. 3, n. 3, 2008.

BIZZO, Nélío. *Ciências: fácil ou difícil?* São Paulo: Ática, 1998.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC/SEF, 1998.

CANIATTO, Rodolfo. *Com ciência na Educação: ideário e prática de uma alternativa brasileira para o ensino da ciência*. 3ª ed. São Paulo: Papirus, 1992.

CAPPECHI, Maria Cândida V. M.; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. *A argumentação em uma aula de conhecimento físico para crianças na faixa de oito a dez anos*. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 3, 2000.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia – Saberes Necessários à Prática Educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*, 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, Paulo. *Sobre educação (Diálogos)*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1984.

GALIAZZI, Maria do Carmo; ROCHA, Jusseli M. B.; SCHMITZ Luis Carlos; SOUZA, Moarcir Langoni; GIESTA, Sérgio; GONÇALVES, Fábio Peres. *Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências*. *Ciência e Educação*, v. 7 n. 2, 2001.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres. *A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química*. Química Nova, v. 27, n. 2, 2004.

GIOPPO, Cristiane; SCHEFFER, Elizabeth Weinhardt O.; NEVES, Marcos D. Danhoni. *O ensino experimental na escola*. Educar em Revista, n. 14, 1998.

HARRES, João Batista Siqueira. *Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino*. Investigações no Ensino de Ciências, v. 4, n. 3, 1999.

HENNING, George J. *Metodologia do ensino de ciências*. 2ª ed. Porto Alegre: Mercado aberto, 1994.

HODSON, D. *Investigacion y Experiências didácticas*. Enseñanza de las ciencias, v. 12, 1994.

LABURÚ, Carlos Eduardo. *Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discurso multivocal e univocal*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 8, n. 3, 2003.

LAVILLE, Chistian; DIONNE, Jean. A. *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1999.

LONGHINI, Marcos Daniel; NARDI, Roberto. *A pesquisa sobre a prática como elemento formador na formação do professor: uma experiência envolvendo a formação inicial de professores de física*. Revista Electronica de Investigacion em Educacion en Ciências, n. 1, 2007.

MACEDO, Lino. *Situação-problema: forma e recurso e avaliação, desenvolvimento de competências e aprendizagem escolar*. In: Philippe Perrenoud. *As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MATOS, Maria Goreti; VALADARES, Jorge. *O efeito da actividade experimental na aprendizagem da ciência pelas crianças do primeiro ciclo do ensino básico*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 6 n. 2, 2001.

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; TEIXEIRA, Odete Pacubi B. *Uma análise das interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 9, n. 3, 2004

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; SANTOS, Daniella Almeida; TEIXEIRA, Odete Pacubi Baierl. *Caracterizando a autoria no discurso em sala de aula*. Investigações no Ensino de Ciência, v. 12, n. 2, 2007.

MOREIRA, Marco Antônio; OSTERMANN, Fernanda. *Sobre o ensino do método científico*. Caderno Brasileiro de Física, v. 10, n. 2, 1993.

MOREIRA, Marco Antônio, CABALLERO, C., SARAIVA-NEVES, M. *Repensando o papel do trabalho experimental na aprendizagem de física, em sala de aula – um estudo exploratório*. Investigações em Ensino de Ciências, v.11, n.3, 2006.

MORTIMER, Eduardo F.; SCOTT, Phil. *Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 7, n. 3, 2002.

MOURA, Gesiel Nascimento; CHAVES, Silvia Nogueira. *Visões e virtudes pedagógicas do ensino experimental da química*. In: VII Enpec, Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Anais do VII Enpec. Florianópolis: UFSC, 2009.

OLIVEIRA, Carla Marques Alvarenga; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. *Escrevendo em Aulas de Ciências*. Ciência e Educação, v. 11, n 3, 2005.

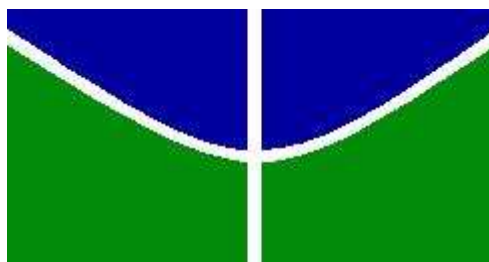
SANTOS, Verônica Tavares; ALMEIDA, Maria Angêla Vasconcelos de Almeida; CAMPOS, Ângela Fernandes Campos. *Concepções de professores de química do ensino médio sobre a resolução de situação-problema*. Abrapec, v. 5, n.3, 2005.

SARAIVA-NEVES, Margarida; CABALLERO, Concesa; MOREIRA, Marco Antônio. *Repensando o papel do trabalho experimental na aprendizagem de física, em sala de aula: um estudo exploratório*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 11, n. 3, 2006.

SHÖN, Donald. *Formar professores como profissionais reflexivos*. In: Antônio Nóvoa. Os professores e a sua formação. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1992.

SILVA, Lenice Heloísa de Arruda; ZANON, Lenir Basso. *A experimentação no ensino de ciências*. In: R. P. Schneltzer, R. P., M R Aragão. Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens. Campinas: UNIMEP/CAPES, 2000.

SILVA, Sebastião Franco; NÚÑEZ, Isauro Beltrán. *O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes: reflexões teóricos-metodológicas*. Química Nova, v. 25, n. 6B, 2002.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Experimentação no Ensino de Ciências no nível fundamental II:
atividades problematizadas e interações dialógicas para os conteúdos
de ar e de água

Suzana de Souza Guedes

Proposta de Ação Profissional realizada sob orientação da Prof.^a D.^a Joice de Aguiar Baptista e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF
2010

SUMÁRIO

1. Apresentação da proposta	102
2. Concepções acerca da natureza da ciência.....	103
3. Concepções acerca do ensino experimental: reflexão na ação	106
4. Concepções sobre educação problematizadora	111
5. A estrutura da proposta.....	113
5.1 Contexto em que se deu esta proposta.....	113
5.2 A metodologia usada na proposta.....	114
5.3 Elaboração de um instrumento para análise das aulas.....	115
5.4 Apresentação dos planos de aulas	119
6. Descrição da aplicação de uma das atividades.....	135
7. Análise do diálogo estabelecido nas atividades	140
8. Comentários finais.....	142
9. Bibliografia.....	143

1. Apresentação da proposta

Este trabalho apresenta um material pedagógico resultante de uma pesquisa realizada no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, reunindo uma trajetória da atividade docente que envolve aulas de laboratório de Ciências para o Ensino Fundamental II. A partir de uma reflexão sobre dificuldades presentes na prática docente, apresentam-se formas de atuação que permitem superá-las.

Tem por objetivo expor concepções que devem ser superadas acerca da natureza da ciência e do papel do ensino experimental, apontando para um processo de mudança de postura docente em contexto e condições reais do ensino de Ciências, culminando com uma proposta de experimentação que valorize a curiosidade, o diálogo e a aplicação do conhecimento como fatores indispensáveis à aprendizagem.

O material pedagógico apresentado, por si só, não transforma a prática docente, mais pode tornar-se um instrumento importante para os professores que procuram inovar sua prática pedagógica, buscando uma educação comprometida com o desenvolvimento intelectual e emocional dos estudantes.

O texto é constituído de duas partes. A primeira explicita concepção de atividade experimental e descreve as características de um ensino problematizado, baseado nas concepções de Freire. A segunda parte disponibiliza orientações para o desenvolvimento de alguns conceitos, abordados no sexto ano do Ensino Fundamental II, relativos aos temas água e ar por meio de atividades práticas problematizadas.

2. Concepções acerca da natureza da ciência

Harres (1999) reúne vários trabalhos que relacionam o processo de ensino-aprendizagem com as concepções dos professores sobre a natureza da ciência. De acordo com sua revisão, muitos professores mantêm a concepção de uma imagem empirista da ciência, apoiada no papel da observação e na produção de conhecimentos através do método científico.

O trabalho de Harres (1999) também traz a reflexão se essas concepções influenciam na atividade docente. Por ser um tema ainda pouco conclusivo, o posicionamento de Porlán e Rivero¹⁵ (1998) apud Harres (1999), parece ser mais abrangente, por considerar que as concepções dos professores e suas condutas são influenciadas por fatores de ordem organizacional, motivacional, institucional e experiencial.

Para entender melhor esse posicionamento, recorreremos à filosofia da ciência, buscando nas concepções de Bachelard subsídios para compreensão dos processos de evolução conceitual, tão necessários ao Ensino de Ciências.

Bachelard (1996) usa o termo “alma professoral” para caracterizar o estado em que o ser zela pelo dogmatismo, repetindo ano após ano o seu saber. Para ele, de nada serve a experiência que é monotonamente verdadeira ou isenta de erros. Portanto, para Bachelard (1996), a cultura científica deve começar por uma purificação intelectual e afetiva e posteriormente colocada em estado de mobilização permanente, substituindo o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico.

¹⁵ Porlán, R. & Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: uma proposta em el área de ciências*. Sevilla: Diáda.

Mesmo quando o conhecimento empírico se racionaliza, não se tem a garantia de que os valores primitivos não estejam interferindo nos argumentos. Dessa forma, a ideia científica reúne inúmeras analogias, imagens e metáforas que dificultam a abstração.

Quanto à dimensão empírica, Bachelard (1996) ressalta que as observações são incutidas de fatores subjetivos relacionados a nossa experiência, pois no próprio ato de conhecer, o sujeito coloca muito de si, impregnando o conhecimento científico de traços subjetivos, imaginários e de foro afetivo. Estes são, para ele, causas da estagnação e até regressão do pensamento científico a que ele chamou de obstáculos epistemológicos.

O primeiro obstáculo epistemológico a ser superado é o conhecimento baseado na opinião. A ciência por princípio opõe-se a ela, mas destruí-la não é tarefa fácil, pois segundo Bachelard (1996), há entre nós um instinto conservativo em que o espírito prefere, o que confirma o seu saber ao que o contradiz, gosta mais de respostas do que de perguntas.

Porém, o homem é uma espécie que tem necessidade de mudanças. Precisar, retificar, diversificar são pensamentos dinâmicos que fogem da certeza e da unidade, senão encontra mais obstáculos do que estímulos. Nos dizeres de Bachelard (1996): “o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar” (p. 21).

Enfim, para Bachelard (1996), a evolução do espírito científico se mostra fecunda quando sobre qualquer fenômeno se avance da imagem para a forma geométrica, em que há conciliação entre a matemática, a experiência, as leis e os fatos, e, depois da forma geométrica para a forma abstrata.

Somente com a abstração é que se superam obstáculos. Na educação, por exemplo, Bachelard (1996) alerta que essa noção de obstáculos é desconhecida e se surpreende com o fato de que os professores de ciências não compreendem que os alunos não compreendam. Para ele, isso se deve ao fato de que os professores não levam em conta que os alunos entram em sala de aula com conhecimentos empíricos já constituídos e insistem em se fazerem

entender pela repetição, ao invés de tentar derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana.

Acolhida a perspectiva apontada por Bachelard, o professor deve fazer uma reflexão acerca dos saberes científicos, crenças, hábitos e heranças culturais que entravam o progresso do saber, ou seja, detectar os obstáculos epistemológicos para fundamentalmente racionalizar o ensino.

3. Concepções acerca do ensino experimental: reflexão na ação

Ainda na perspectiva das concepções, abordaremos a necessidade de se romper com uma visão de ciência neutra, indutivista, e se evitar reducionismos e deformações acerca dos objetivos da experimentação no ensino de ciências. Esse processo de rompimento se deu após um processo, denominado por Schön (1992), de “reflexão na ação”, que consiste em refletir sobre a própria prática confrontando os esquemas teóricos com as concepções implícitas.

Na perspectiva da reflexão na ação, estava implícita a concepção de que a experimentação é uma estratégia de ensino complementar usada para comprovação e validação de teorias que potencialmente motivava os alunos e desenvolvia habilidades técnicas. Para confrontar essa visão com os esquemas teóricos, as concepções implícitas foram separadas em três categorias: a) experimentação para comprovação de teorias; b) experimentação como instrumento motivador para a aprendizagem e c) experimentação para promoção de habilidades.

Essas categorias serão analisadas a seguir.

a) Experimentação para comprovação de teorias

Normalmente depois de expor a teoria, conduzia os estudantes à bancada do laboratório para que os alunos pudessem confirmar na prática a verdade daquilo que lhes havia dito, reforçando a convicção quanto à plausibilidade daqueles acontecimentos. Dessa forma, separava a atividade experimental da atividade teórica, tornando a prática uma condição final para validação da teoria.

Essa categoria permite identificar a atividade experimental como uma estratégia didática que auxilia na compreensão dos conhecimentos teóricos, em que os estudantes, diante das observações e procedimentos, chegam a aprendizagens. É como se o aprender se fizesse pela prática e pelas observações empíricas, desconsiderando os conhecimentos que os

indivíduos já possuem. Ao condicionar as atividades experimentais a demonstrações e ou a comprovações de teorias e de fatos, dissemina-se uma visão estereotipada de que existe uma única explicação, certa ou errada, para os problemas abordados.

Na visão de Moura e Chaves (2009), a justificativa de que o experimento serve de comprovação para o conhecimento ministrado nas aulas teóricas evidencia a separação, a hierarquização e a complementaridade entre teoria e prática, além de reforçar a concepção de que a prática favorece o “aparecimento de algo” que não aconteceria se as aulas fossem tipicamente teóricas.

Outro equívoco associado é acreditar que bastava usar o concreto para que os conceitos se tornassem compreensíveis, e que a ciência está escondida por dentro de fenômenos à espera de ser descoberta. Contrapondo essa ideia, Baratieri e colaboradores (2008) nos fazem lembrar que “as teorias são produções humanas, portanto históricas, e fazem parte de um processo de construção. Não são simplesmente, encontradas ou descobertas a partir da realidade empírica” (p. 25).

Se fosse verdade que a realidade pudesse ser “descoberta” pelos sentidos e pela observação, não precisaríamos do professor. Além disso, Bizzo (1998) alerta que não se pode esperar que a simples realização de um experimento seja suficiente para modificar a forma de pensar dos estudantes: eles tenderão a encontrar explicações para o ocorrido que diferem do que o professor esperaria. Isso significa que a realização de experimentos é uma tarefa importante, mas que não dispensa o acompanhamento constante do professor, que deve pesquisar quais são as explicações apresentadas pelos alunos para os resultados encontrados e conduzi-los de alguma forma à aprendizagem desejada.

Além dos motivos apresentados, que contribuem para sustentar que a experimentação não tem a função de comprovação de teorias, Galiuzzi e Gonçalves (2004) acrescentam que os experimentos são dependentes de alguma teoria, considerando que é ela que possibilita uma

interpretação das observações e não o contrário. Os autores advertem que o professor deve romper com uma visão dogmática de ciência a fim de não fomentar a apropriação dessa visão pelo aluno.

b) Experimentação como instrumento motivador para aprendizagem

Quanto à motivação, segunda categoria, considere que o público infantil é especialmente interessado quando o assunto é experimentação. A curiosidade e o interesse em investigar diversos aspectos da natureza são características inerentes às crianças. Segundo Hodson (1994), os estudantes se sentem atraídos pelo laboratório porque colocam em prática métodos de aprendizagem mais ativos e em que há maior interação entre professor e alunos. Além de considerarem interessantes, os estudantes manifestam-se positivamente em relação às aulas de laboratório por vivenciarem situações diferentes daquelas impostas em sala de aula, tornando-se prazerosas simplesmente por “quebrar” a rotina do cotidiano. Mas, o ideal é que essa motivação apareça e se mantenha em razão das situações instigantes, desafiadoras que despertem o intelecto e não por ser descontraída e livre de tensões.

Alguns estudos, apontados por Galianzi e Gonçalves (2004), mostram que muitos professores consideram a experimentação um fator motivador para a aprendizagem. Esse pensamento dos professores, segundo estes autores, está associado às ideias empíricas de que a motivação é resultado inerente da observação, uma vez que os alunos observam “algo” diferente ou fantástico. A magia e o show, segundo Galianzi e Gonçalves (2004), são sempre salientados, mas advertem que “a componente estética pode ser incorporada às atividades experimentais não por sua beleza e magia somente, mas por configurar-se um conhecimento tácito que precisa ser problematizado” (p. 324).

Moura e Chaves (2009) associam a crença de que as práticas experimentais motivam o interesse dos alunos por influência dos grandes projetos educacionais implantados no Brasil nas décadas de 60 e 70, cujo foco era a experimentação e o objetivo era formar cientistas.

Inspirados em Hodson (1994), aqueles autores relembram que a motivação não ocorre de forma homogênea entre os alunos e complementam afirmando que as práticas experimentais podem motivar em situações específicas e não generalizadas. Lançam, então, suposições de que o interesse ou não dos alunos pode estar associado à afetividade que se estabelece entre professor e aluno.

Nesse aspecto, Galianzi e Gonçalves (2004) acreditam que a maneira como um professor apresenta um assunto influencia o aluno a gostar e aceitar ou não o que está sendo apresentado.

c) Experimentação para promoção de habilidades

Uma intenção que se destaca para justificar o uso de aulas experimentais é a aquisição de habilidades em decorrência do manuseio de equipamentos e do treinamento de técnicas de laboratório. Hodson (1994) critica essa finalidade considerando-a de pouca relevância e sem aplicabilidade fora do contexto de laboratório, uma vez que poucos estudantes ingressam nas áreas das ciências nas universidades ou mesmo seguem uma vida profissional trabalhando em laboratórios.

Bizzo (1998) comenta que é uma expectativa frequente e muito exagerada a ideia de que as aulas de ciências são desenvolvidas em laboratórios iguais aos dos cientistas. Essa situação é reforçada quando propõe-se aos estudantes roteiros lineares, que seguem a etapas rígidas (observar, formular hipóteses, verificar, comprovar ou recusar e concluir) como se simulassem uma suposta metodologia científica. Moreira e Ostermann (1993) tecem rigorosas críticas a respeito do método científico tal como é apresentado nos livros didáticos e abordado nas aulas de ciência, pois, podem levar as várias concepções errôneas sobre o trabalho científico. O laboratório de ensino não reproduz o laboratório de pesquisa, uma vez que o método científico não começa na observação e que nem o mais puro, ou o mais ingênuo

cientista, observa algo sem ter a cabeça cheia de conceitos, princípios, teorias, os quais direcionam o trabalho.

Barberá¹⁶ (1996) apud Silva e Zanon (2000), diz que o conhecimento de procedimentos é ainda considerado como aspecto fundamental do ensino experimental de ciências, em detrimento da reflexividade e ao conhecimento de conceitos.

Em pesquisa desenvolvida por Moura e Chaves (2009), aparece, entre os professores pesquisados, a concepção de que na experimentação se aprende por meio da manipulação de instrumentos. Da compreensão da experimentação como forma de aprender fazendo, os autores realizam inferências, a partir da fala de um dos professores pesquisados, que as informações adquiridas nas aulas experimentais não resultam necessariamente na compreensão dos fenômenos de maneira integral e que a experimentação por si só não contempla em termos de explicações.

Assim, diante das reflexões guiadas pelos pressupostos teóricos, concluí-se que apenas as aulas experimentais não garantem um bom aprendizado, não asseguram a inter-relação teoria e prática, que a ciência não resulta de descobertas, que não há neutralidade do sujeito que observa e que as observações devem ser guiadas por teorias.

A superação dos princípios e conceitos inadequados do que seja ensino experimental e das concepções errôneas sobre a natureza da ciência, favoreceu o desenvolvimento de ações educativas que proporcionaram aos estudantes atividades relevantes para o seu contexto social.

¹⁶ Barberá, O. (1996). *Investigación y Experiencias didácticas*: el trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las ciencias*, v.14, n. 3.

4. Concepções sobre educação problematizadora

As mudanças alcançadas na prática docente foram influenciadas pela pedagogia crítica de Paulo Freire.

Freire (1996) defende a educação a partir de uma concepção problematizadora, pois para ele, a educação é um ato de conhecimento, não existindo um que educa e outro que é educado, o professor que sabe tudo e o aluno que é totalmente ignorante. Dessa forma, tanto o educador como o educando procuram conhecer, incidindo a própria ação no mesmo objeto cognoscível e por meio de suas relações dialógicas, co-intencionados, aprofunda o próprio conhecimento.

A proposta do ensino problematizado, na visão de Freire (1987), é apresentar uma situação concreta na forma de problema, que desafia a resposta, não só a nível intelectual, mas no nível de ação. Pois para ele, ação e a reflexão são dimensões que interagem, através da dinâmica entre o fazer e o pensar sobre o fazer.

Portanto, se o objeto a ser conhecido for apresentado na forma de um problema a ser resolvido, pode-se tornar um atrativo aos estudantes por instigar a curiosidade. Segundo Freire (1996) é tarefa da prática educativa progressista o desenvolvimento da curiosidade. Para ele

A curiosidade como inquietação indagadora, como inclinação ao desvelamento de algo, como pergunta verbalizada ou não, como procura de esclarecimento, como sinal de atenção que sugere alerta, faz parte integrante do fenômeno vital (p. 32).

Nessa perspectiva, o objeto cognoscível deixa de ser o término do ato cognoscente, para ser o mediador da reflexão crítica entre educador e educando. Neste tipo de concepção, o diálogo é considerado uma relação indispensável ao ato de conhecer e seu caráter é autenticamente reflexivo.

Por isso, o diálogo e a argumentação são a tônica das atividades que compõem este trabalho. Considera-se que não existe um ser isolado, mas indivíduos com suas experiências prévias que interagem entre si, através da linguagem. Portanto, as atividades propostas foram elaboradas para que os estudantes vivenciem o processo de troca de ideias, participem de diálogos, modifiquem ou reelaborem ideias e pontos de vistas e estabeleçam conexões entre os saberes cotidianos e científicos.

Para tanto, incorporou-se as intenções que Mortimer e Scott (2002) apontam como primordiais no planejamento do professor que pretende interagir com seus alunos na apreensão de significados. São elas: criação de um problema para engajar os estudantes intelectual e emocionalmente, exploração da visão dos estudantes durante a atividade, disponibilização das ideias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social de sala de aula e criação de momentos em que os estudantes falem e pensem dando suporte ao processo de internalização das ideias.

Na elaboração dos problemas foram seguidas as orientações dos autores Henning (1994) e Silva e Núñez (2002), enfatizando os seguintes pontos:

- o nível de dificuldade. O problema não pode ser tão fácil que não provoque dificuldades e nem tão difícil que fique fora do alcance cognitivo;
- o poder desafiador que deve provocar o interesse e a curiosidade dos estudantes a nível de ação;
- as relações causais entre os processos estudados;
- a contradição entre o conhecido e não conhecido, que pode orientar o aluno a sair dos limites dos conhecimentos já assimilados;
- os aspectos relacionados à ciência, à tecnologia e à sociedade.

5. A estrutura da proposta

5.1 Contexto em que se deu esta proposta

Atuo exclusivamente com a experimentação no ensino de ciências e tenho como papel, na instituição particular em que trabalho, ministrar aulas práticas para alunos do Ensino Fundamental II. Os alunos apresentam idade compatível com as séries e são na sua maioria de classe média alta. As condições para desenvolver rotineiramente atividades experimentais são muito boas, o que torna o contexto desse trabalho um diferencial se comparado a muitas escolas locais, principalmente as que compõem a rede pública. As dificuldades normalmente apontadas pelos professores para justificar a ausência ou a baixa frequência do uso da experimentação não são encontradas nesse contexto, pois a instituição oferece tempo, espaço adequado, materiais, equipamentos, aulas previamente preparadas por uma assistente e turmas com o número reduzido de alunos.

Com o intuito de melhorar o uso do laboratório, a escola adotou a estratégia de contratar dois professores para ministrar a disciplina de ciências, sendo um professor responsável por desenvolver o conteúdo programático e o outro professor responsável por desenvolver alguns tópicos desse conteúdo por meio de atividades experimentais no laboratório. A carga horária de ciências é de três aulas semanais sendo que uma dessas aulas é destinada as atividades experimentais no laboratório. No dia da aula de laboratório, a turma é dividida em dois grupos. Inicia-se o experimento com o primeiro grupo, média de quinze estudantes, guiados pela professora de laboratório. Enquanto isso, os outros quinze estudantes ficam em sala de aula realizando as atividades propostas pela professora titular da disciplina. Na semana seguinte, invertem-se os grupos, tornando-se assim, as aulas de laboratório quinzenais para cada estudante.

O laboratório possui equipamentos que recebem manutenção constante e materiais que são repostos conforme exigência da atividade. Todos os materiais necessários para os experimentos são providenciados com antecedência por uma auxiliar de laboratório, que prepara a aula disponibilizando os recursos necessários, além de auxiliar na orientação e disciplina dos estudantes durante a execução da atividade.

Com essas características o laboratório contribui para a imagem de uma escola que possui uma boa infraestrutura para o desenvolvimento das atividades, tornando-a bem conceituada entre os pais e os alunos. Porém, a existência de um laboratório bem equipado não garante, por si só, que a atividade prática seja um diferencial para a aprendizagem.

A ausência de laboratório não pode ser um fator limitante para realização dos experimentos. Pensando nisso, foram escolhidas atividades simples, com materiais de baixo custo e de fácil aquisição, que podem ser executadas em ambientes diferentes do laboratório e adaptados a diferentes contextos.

5.2 A metodologia usada na proposta

Ao apresentar a metodologia adotada nas aulas de laboratório, ressalta-se que ela foi centrada no objetivo de estimular a curiosidade de forma que, por meio de propostas problematizadas, os educandos desenvolvessem as habilidades para observar, agir e argumentar.

Para alcançar estes objetivos utilizou-se um percurso que seguiu as etapas: 1) a professora apresentou um problema aos estudantes; 2) os estudantes, organizados em grupo, realizaram atividades em busca de respostas para o problema; 3) as respostas foram negociadas entre os integrantes do grupo, que posteriormente apresentaram para toda a turma; 4) professora e estudantes relacionaram as atividades realizadas ao cotidiano dando aplicação

e sentido ao conhecimento adquirido; e 5) os estudantes fizeram o registro dos resultados por meio da escrita.

Para apresentação das atividades, preparou-se um plano de aula, baseado no modelo proposto por Silva e colaboradores¹⁷ (2009). O quadro a seguir apresenta os tópicos que constam nesses planos de aulas.

Quadro 1- Descrição dos tópicos que compõem o plano de aula	
Tópico	Breve descrição
Título	Elaborado na forma de uma pergunta e que deve ser respondida após realização e discussão do experimento.
Contexto	Relação entre o tema estudado e as situações observadas no cotidiano.
Materiais	Lista dos materiais necessários a execução da atividade.
Procedimentos	Descrição sucinta de como realizar o experimento.
Observações macroscópicas	As observações em nível de fenômeno observado.
Como a ciência explica	A explicação do fenômeno através de modelos teóricos da ciência.
Interface ciência-tecnologia-sociedade	Implicações sociais, culturais, políticas, econômicas, tecnológicas que podem estar relacionadas ao fenômeno abordado.
Conteúdo abordado	Conceitos que o professor deseja enfatizar.

5.3 Elaboração de um instrumento para análise das aulas.

¹⁷ Silva, R. R.; Baptista, J. A.; Ferreira, G. A. L. *Roteiro de plano de aula*. Instituto de Química, Universidade de Brasília. Mimeo, 2009.

Para análise das aulas tomou-se como referências os trabalhos de Mortimer e Scott (2000) e Monteiro e Teixeira (2004) para idealizar um instrumento de avaliação das interações discursivas ocorridas em aula, categorizando a intervenção docente e a atuação discente.

Monteiro e Teixeira (2004) analisaram os impactos dos discursos de professoras conduzindo uma atividade para estudantes de ensino fundamental e chegaram à conclusão de que quando o professor mescla diferentes recursos discursivos, contribui mais significativamente para o processo de formação de argumentos por parte dos seus estudantes. Dos vários tipos de argumentos apresentados, vale destacar o argumento dialógico. Nesse tipo de argumentação, o professor incentiva e regula o compartilhamento de ideias envolvidas no processo de ensino e aprendizagem, a partir da confrontação de opiniões expostas pelos envolvidos. Cabe ao professor dar espaço e ênfase às falas, as ideias e as conclusões dos estudantes, garantido voz a todos, ajudando-os a perceber as virtudes e as falhas das hipóteses levantadas.

Na ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002) o foco também é o papel do professor na condução das atividades. Eles consideram que há uma interligação entre as intenções do ensino, a abordagem e as ações. A parte central da estrutura analítica é a abordagem comunicativa, por fornecer perspectiva sobre como o professor trabalha as intenções pedagógicas que resultam em diferentes padrões de interações. Esses padrões de interações, por sua vez, surgem na medida em que professor e alunos alternam turnos de fala na sala de aula. O padrão mais comum é a tríade IRA (professor inicia, o aluno responde e o professor avalia), mas há outros padrões, como a que o professor apenas sustenta a elaboração de um enunciado pelos alunos ou fornece um opinião (*feedback*) para que haja uma reelaboração das falas.

Outro aspecto da análise de Mortimer e Scott (2002) especifica as formas de intervenções pedagógicas do professor na valorização dos significados que aparecem no contexto. Os autores destacam que o professor pode estar intervindo de várias formas: dando forma aos significados (introduzindo termos, parafraseando uma resposta e mostrando a diferença entre dois significados), selecionando (considerando ou ignorando a fala de um estudante), marcando significados chaves (repetindo falas, confirmando uma ideia ou realçando partes de um enunciado), checando o entendimento (solicitando melhor explicação por parte do estudante) e revendo (recapitulando ou sintetizando significados).

Assim, destacando que as atividades foram apresentadas de maneira problematizada e que se manteve a intenção de incentivar e explorar as opiniões dos alunos, foram criadas as Tabelas 1 e 2, respectivamente, para decompor as transcrições das aulas. Apontou-se na Tabela 1 as intervenções da professora, a saber: apresentou o problema, introduziu termos, questionou, parafraseou, contrapôs, organizou ou recapitulou, deu ênfase as ideias e concluiu. A Tabela 2 categorizou a atuação discente na apresentação de hipóteses, exposições de ideias, respostas diretas a questões, dados lembrados, explicações e associações com base em conceitos conhecidos.

Tabela 1. Atuação docente na condução das atividades propostas

Categorização da atuação docente	
Intervenções	Falas retiradas da aula transcrita
Instigou (criando problema e introduzindo termos)	
Questionou ou solicitou melhor explicação	
Parafraseou a resposta	
Contrapôs	
Organizou ou recapitulou	
Deu ênfase a fala e as ideias	
Concluiu	

Tabela 2. Atuação discente

Categorização da atuação discente	
Ações	Falas retiradas da aula transcrita
Levantam hipóteses ou apresentam proposta de intervenção	
Expõem ideias	
Respondem a questão proposta	
Expõem um dado lembrado	
Explicam utilizando conceitos	
Fazem associações	

5.4 Apresentação dos planos de aulas

ATIVIDADE

Investigar e determinar a densidade dos sólidos

TÍTULO

Vai afundar ou vai flutuar?

CONTEXTO

Por que alguns tipos de madeira afundam e outros flutuam? Por que uma bola de futebol cheia de ar flutua e uma bola de chumbo afunda? Como é possível um balão flutuar no ar ao invés de cair? Estes questionamentos podem ser respondidos através do conceito de densidade.

A densidade é uma propriedade do material que pode ser usada para identificá-lo ou separá-lo e por isto, usado em diversas situações do cotidiano. A decantação, por exemplo, é um processo de tratamento da água em que as impurezas mais densas se depositam no fundo do tanque facilitando a sua separação.

MATERIAIS

Um aquário grande com água, um cubo de madeira pintado e revestido com fita isolante, um pedaço de vela, uma bola de gude, uma placa pequena de cobre, um tomate, uma lata de refrigerante guaraná normal, uma lata de refrigerante guaraná light, balança, réguas e béqueres de 500 mL.

PROCEDIMENTO

Encha o aquário com água e coloque dentro dele o pedaço de vela e a bola de gude.

Observe o comportamento destes materiais.

Pese na balança a massa: do tomate, de uma pequena placa de cobre e das latas de refrigerantes light e normal.

Após a pesagem coloque esses materiais no aquário e observe se eles bóiam ou flutuam na água.

Discuta o conceito de densidade a partir dos materiais usados.

Mostre o cubo coberto com a fita isolante e proponha a situação problema: É possível prever se esse material vai afundar ou não sem jogá-lo na água?

OBSERVAÇÃO MACROSCÓPICA

Dos materiais colocados na água observamos que a vela, o tomate, e a lata de refrigerante light bóiam, enquanto que a bola de gude, a placa de cobre e a lata de refrigerante normal afundam.

Em relação ao cubo determinamos, através de cálculos matemáticos, que ele tem uma densidade menor que a densidade da água, e, portanto, bóia. Podemos constatar essa previsão colocando o cubo dentro do aquário com água.

COMO A CIÊNCIA EXPLICA

A densidade é definida como a razão entre a massa de uma amostra de material e o volume ocupado por esta. Para medir a densidade considera-se um centímetro cúbico (1cm^3) do material e verifica-se qual a massa desse volume. A água, por exemplo, em condições normais de temperatura e pressão, possui densidade é igual a 1g/cm^3 , ou seja, 1g de água vai ocupar um volume de 1cm^3 . Para prever ou explicar o comportamento dos materiais quando o meio em que eles se encontram é a água, consideramos os valores da suas densidades comparando-as com a densidade da água. Desta forma, os materiais que flutuam na água apresentam densidade menor que 1g/cm^3 , enquanto que os materiais que afundam apresentam valores maiores que 1g/cm^3 .

INTERFACE CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE

O densímetro é um instrumento muito usado em postos de gasolina para verificar por meio da densidade o grau de pureza do álcool, indicando se esses combustíveis estão de acordo com os padrões estabelecidos por lei.

CONCEITOS ABORDADOS

- Determinação da massa e do volume dos sólidos.
- Estudo do comportamento dos sólidos na água.
- Conceito de densidade.

ATIVIDADES 1, 2 e 3

TÍTULO

Que força é essa que não sinto?

CONTEXTO

A existência e a manutenção da vida na Terra são consequências de diversas condições encontradas somente nesse planeta. Entre essas condições, destaca-se a presença da atmosfera, que além de conter os gases essenciais à sobrevivência, nos oferece proteção contra radiações nocivas à nossa forma de vida.

Apesar da sua importância, a atmosfera nem sempre é percebida, especialmente se tratando dos efeitos a que estamos sujeitos devido a sua existência, como por exemplo, a pressão gerada pelos gases que a compõe.

ATIVIDADE 1

O experimento da régua

MATERIAIS

Uma régua, um tubo de cola bastão e uma folha sulfite.

PROCEDIMENTO

Posicione a régua sobre a mesa, de forma que, metade dela se encontre apoiada e a outra metade fique suspensa no ar.

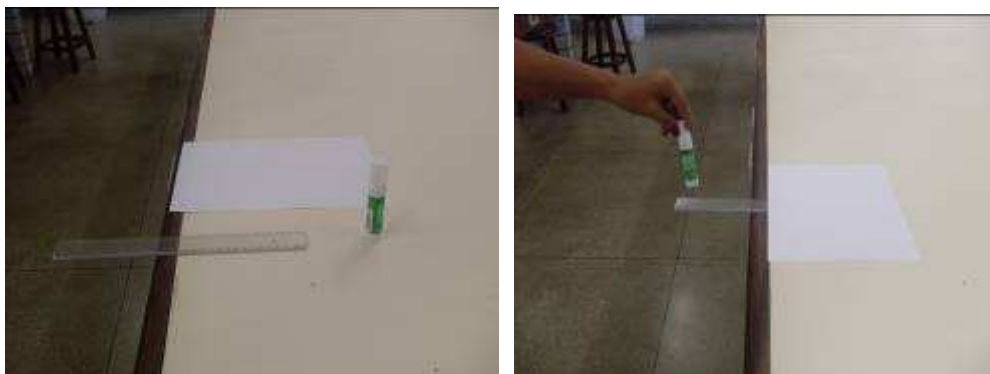
Após essa preparação, lance por cima da extremidade da régua que está suspensa no ar, um tubo de cola bastão. Observe o que acontece com a régua.

Posicione novamente a régua sobre a mesa, conforme realizado anteriormente (metade dela apoiada na mesa e a outra metade suspensa no ar).

Coloque uma folha sulfite por cima da extremidade da régua que está apoiada sobre a mesa.

Faça novamente o lançamento da cola bastão por cima da extremidade da régua suspensa no ar e observe o que acontece.

Ilustração



OBSERVAÇÕES MACROSCÓPICAS

Observamos a queda da régua após o primeiro lançamento do tubo de cola.

Ao colocar a folha sulfite por cima da régua, o mesmo não é verificado, pois ela se mantém fixa na mesa, mesmo após o lançamento do tubo de cola.

COMO A CIÊNCIA EXPLICA

A atmosfera exerce uma força sobre a superfície do papel e da régua impedindo a sua queda.

ATIVIDADE 2

O experimento do copo

MATERIAIS

Uma régua, um copo de vidro, um pedaço de papel cartão.

PROCEDIMENTO

Encha o copo com água (pode ser até a borda ou menos, a quantidade é aleatória).

Coloque o pedaço de papel cartão tampando o copo.

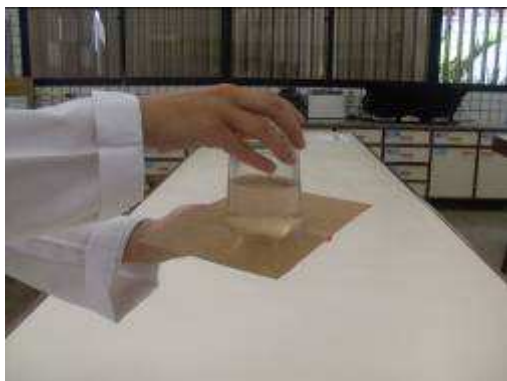
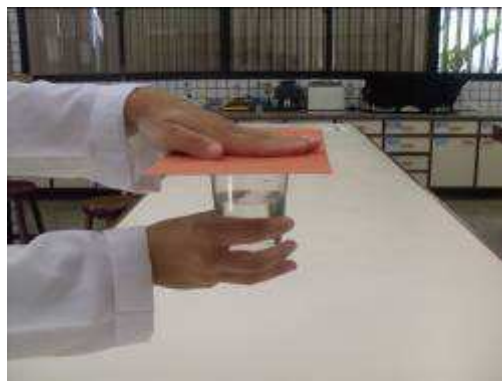
Prenda o papel cartão com a mão para que não haja passagem de ar de fora para dentro.

Espere um pouco para que a borda do copo absorva a água.

Mantenha o papel cartão nesta posição e gire o copo de cabeça para baixo.

Retire devagar a mão do papel cartão e observe o que acontece.

Ilustração



OBSERVAÇÕES MACROSCÓPICAS

O papel cartão e a água se mantêm presos ao copo mesmo ele estando virado com a abertura para baixo.

COMO A CIÊNCIA EXPLICA

O ar e a água contidos no interior do copo exercem uma pressão inferior a pressão atmosférica. Desta forma, a pressão atmosférica por ser maior impede a descida do papel e da água, estabelecendo assim o equilíbrio entre as pressões interna e externa.

ATIVIDADE 3

O experimento da garrafa com água

MATERIAIS

(Parte 1): Uma bacia plástica, uma garrafa de 600 mL de plástico transparente e água.

(Parte 2): Uma bacia plástica, uma garrafa de 600 mL de plástico transparente, uma mangueira plástica flexível de aproximadamente 50 cm, um pedaço de arame fino e maleável de aproximadamente 60 cm, água e massinha de modelar.

PROCEDIMENTO

(Parte 1)

Coloque água na bacia até um pouco mais da metade.

Encha a garrafa com água e, tampando-a com o dedo, vire-a de cabeça para baixo.

Coloque a boca da garrafa um pouco abaixo da superfície da água contida na bacia.

Destampe-a e segure-a mantendo a sua abertura imersa na água.

Observe o resultado e proponha a situação problema: Por que a água não escoar para a bacia?



Para facilitar a visualização o líquido usado foi a mistura de água com anilina vermelha.

(Parte 2)

Prepare a mangueira para o experimento, colocando o pedaço de arame no seu interior e cobrindo uma das suas aberturas com a massinha de modelar.

Repita todo o procedimento da parte 1.

Insira a mangueira no interior da garrafa mergulhada na bacia. Cuidado para a massinha não sair da mangueira e a abertura da garrafa não sair de dentro da água da bacia.

Com o auxílio do arame empurre a massinha que está na ponta da mangueira e observe o que acontece com a água.

Ilustrações



Para facilitar a visualização o líquido usado foi a mistura de água com anilina vermelha.

OBSERVAÇÕES MACROSCÓPICAS

(Parte 1)

Observamos que a água contida na garrafa não escoar para a bacia.

(Parte 2)

Após a retirada da massinha, observamos a descida da água para a bacia.

COMO A CIÊNCIA EXPLICA

(Parte 1)

A pressão do ar, atuando de cima para baixo sobre a água contida na bacia, impede a descida da água.

(Parte 2)

O ar entra na garrafa, através da mangueira, e exerce uma pressão sobre a água, fazendo-a descer para a bacia.

INTERFACE CIÊNCIA-TECNOLOGIA - SOCIEDADE

Uma das formas de condicionamento de alimentos industrializados são as embalagens “fechadas a vácuo”. Estas embalagens possuem normalmente um anel de borracha preso as suas tampas e as suas aberturas se dão após a retirada deste lacre. Trata-se de uma situação de desequilíbrio entre as pressões interna e externa, sendo a pressão no interior da lata menor que a pressão atmosférica. As pressões se igualam depois que o anel da tampa é retirado, pois o ar entra no interior da lata promovendo a sua abertura.

CONTEÚDOS ABORDADOS

- Equilíbrios entre as pressões.
- Pressão atmosférica.

ATIVIDADE

Como construir um sifão.

TÍTULO

Como transferir o líquido de um recipiente para o outro, sem incliná-lo e usando uma mangueira?

CONTEXTO

Os lençóis freáticos são verdadeiros rios subterrâneos. Dependendo do tipo e da inclinação do terreno, podem se formar lençóis de água situados em diferentes níveis, mas tendo o lençol freático como uma base comum desse sistema. Se um poço for cavado em um ponto mais baixo deste sistema, a água vai jorrar para a superfície com pressão, mas se o poço for cavado em um nível mais alto, a água não jorra precisando ser retirada com auxílio da bomba. O que explica essa diferença?

MATERIAIS

Duas provetas de 50 mL, água e uma mangueira de aquário.

PROCEDIMENTO

Encher uma das provetas com água.

Apresentar os materiais e propor o problema: Como transferir o líquido de um recipiente para o outro, sem incliná-lo e usando uma mangueira?

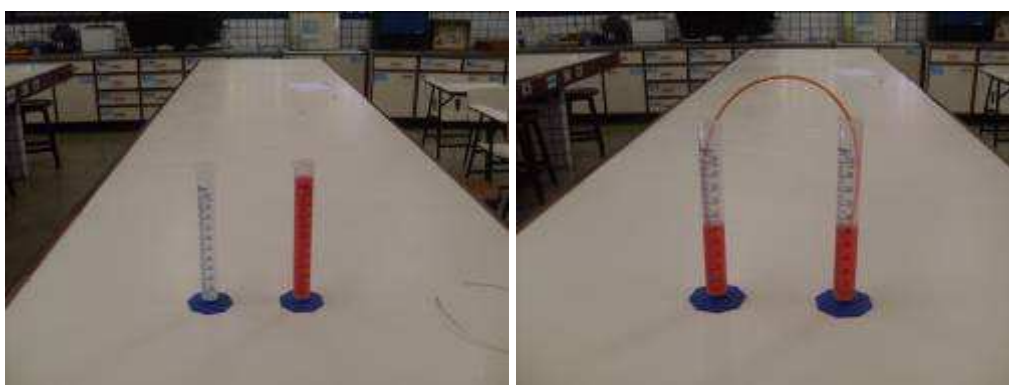
Procedimentos que podem solucionar o problema:

Solução 1: tampe com um dedo uma das extremidades da mangueira, mantendo a outra extremidade aberta para cima. Peça alguém para colocar água até encher completamente a mangueira. Tampe com o dedo e mergulhe-a na água contida no recipiente. Retire o dedo e recolha a água no recipiente vazio.

Solução 2: colocar uma das pontas da mangueira no recipiente contendo água e com a outra ponta abaixada, sugar o ar do seu interior. Recolher a água em outro recipiente vazio depois que ela começar a escorrer pela mangueira.

Apesar de ser uma resposta para o problema proposto, a solução 2 não deve ser executada pelos alunos. Seguindo as normas de segurança, deve-se evitar o contato da boca com os materiais usados nos laboratórios. Dessa forma, os alunos deverão ser orientados, antes da tentativa de solução para o problema, que não se pode fazer a sucção na mangueira.

Ilustração



Para facilitar a visualização o líquido usado foi a mistura de água com anilina vermelha.

OBSERVAÇÕES MACROSCÓPICAS

Depois de retirar o ar do interior da mangueira, observamos que a água começa a escoar. Se os dois recipientes ficarem numa mesma altura, observamos que a água deixa de escoar quando atingir o mesmo nível nos dois recipientes. Porém se os dois recipientes ficarem em alturas diferentes, a água continuará escoando até que atinja um novo equilíbrio.

COMO A CIÊNCIA EXPLICA

O ar foi retirado da mangueira de duas formas: na solução 1 pela introdução de água na mangueira e na solução 2 (não recomendável) por sucção. Essa retirada do ar da mangueira provoca à diminuição na pressão interna, conseqüentemente, a pressão atmosférica empurra a água do recipiente para do interior da mangueira.

Os dois recipientes e a mangueira formam um conjunto de vasos comunicantes, portanto se os dois recipientes forem mantidos num mesmo nível, a água escoará de um recipiente para outro até que se atinja o mesmo nível nos dois lados. Isto porque num líquido em repouso todos os pontos da superfície estão sob uma mesma pressão atmosférica.

Porém, se os dois recipientes estiverem em alturas diferentes, a pressão da água será maior no recipiente que está em um nível mais alto, promovendo o escoamento da água para o outro recipiente mais baixo até que seja atingido o equilíbrio.

INTERFACE CIÊNCIA-TECNOLOGIA – SOCIEDADE

Depois de passar por uma estação de tratamento, a água que chega a nossas casas é transportada por canos até os reservatórios da cidade. Todo esse sistema forma um conjunto de vasos comunicantes.

Os reservatórios funcionam como o recipiente mais alto do conjunto e por isso ficam sempre num ponto mais alto da cidade. A água é distribuída sem precisar de bombas porque num sistema de vasos comunicantes a água tende a ficar sempre no mesmo nível.

O Princípio dos Vasos Comunicantes também pode ser encontrado em pias, ralos e vasos sanitários através de um tubo em forma de S conhecido como sifão, que acumula água para impedir a entrada de gases malcheirosos que vêm dos encanamentos.

Além disso, um sistema simples de vasos comunicantes, uma mangueira dobrada em U, pode ser usado para nivelar muros e paredes de uma construção.

CONCEITOS ABORDADOS

- Pressão atmosférica
- Princípio dos vasos comunicantes
- Aplicação dos vasos comunicantes

ATIVIDADE

Estudo do comportamento do ar e da água em uma seringa.

CONTEXTO

Como ocorre com os materiais no estado gasoso, uma massa de ar pode ser comprimida e expandida com relativa facilidade. Os balões de festa junina, por exemplo, para subir e flutuar precisa manter o ar do seu interior expandido através do aquecimento, para tornar-se rarefeito e menos denso que o ar. As armas de paintball por sua vez, funcionam com o ar comprimido armazenado em um recipiente até que se puxe o gatilho. Quando isto acontece, o recipiente é aberto e o gás percorre o cano até o projétil. Visto que está mais comprimido, o gás atrás do projétil é empurrado para fora com força maior do que a pressão atmosférica, levando o projétil com velocidade.

TÍTULO

Podemos alterar o volume do ar ou da água que se encontra dentro de uma seringa fechada?

PARTE 1

MATERIAIS

Uma seringa de 50 mL, béquer e água.

PROCEDIMENTO

Tampe com o dedo a extremidade da seringa. Com a outra mão, empurre o êmbolo para frente. Até o ponto que conseguir. Solte o êmbolo e observe-o.

Coloque, agora, água no interior da seringa, não deixe formar bolhas. Tente comprimir a água, do mesmo modo que você comprimiu o ar. Observe o resultado.

Ilustração



Para facilitar a visualização o líquido usado foi a mistura de água com anilina vermelha.

OBSERVAÇÕES MACROSCÓPICAS

Com o ar no interior da seringa conseguimos empurrar o êmbolo e ao soltá-lo observamos que ele rapidamente volta a sua posição inicial. O mesmo não acontece quando usamos a água no interior da seringa. A água não pode ser comprimida e o êmbolo não sai da sua posição inicial.

COMO A CIÊNCIA EXPLICA

A amostra de ar pode ser facilmente comprimida, alterando seu volume no interior da seringa a partir do aumento da pressão exercida sobre ele. Como a água é menos compressível que o ar, o seu volume é praticamente invariável com a variação de pressão.

O que explica o retorno do êmbolo depois de empurrado para frente é o equilíbrio entre a pressão no interior da seringa e a pressão atmosférica. Quando comprimimos o ar, seu volume é reduzido aumentando a pressão no interior da seringa. A pressão do ar no interior da seringa será, nesse caso, igual à pressão que fazemos no êmbolo mais a pressão atmosférica. Por isso, quando soltamos o êmbolo, o ar no interior da seringa empurra o êmbolo para trás até que as pressões interna e externa novamente se igualem.

PARTE 2

MATERIAIS

Uma seringa de 50 mL, água, béquer e um balão de borracha nº 03.

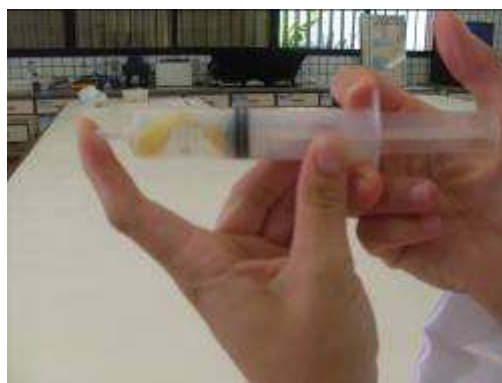
PROCEDIMENTO

Encha o balãozinho com um pouco de ar e amarre-o. O balãozinho precisa ter um tamanho adequado para caber com folga dentro da seringa.

Coloque o balãozinho no interior da seringa mantendo o êmbolo na parte superior.

Tampe a ponta da seringa com um dedo e comprima o êmbolo com a outra mão. Observe o que acontece com o balãozinho.

Repita os procedimentos acima substituindo o ar pela água.



OBSERVAÇÕES MACROSCÓPICAS

Observamos que o balãozinho fica achatado em todas as direções nas duas situações, usando o ar ou a água no interior da seringa.

COMO A CIÊNCIA EXPLICA

De acordo com o Princípio de Pascal, em fluidos, como o ar e a água, as pressões são transmitidas integralmente, agindo em todas as direções e por toda a superfície do material nele imerso. Embora a água não seja compressível, ela transmite a pressão de modo análogo ao ar.

INTERFACE CIÊNCIA – TECNOLOGIA

Baseados na propriedade de transmissão de pressão sem perdas, vários equipamentos funcionam com ar ou óleo comprimido, como freios hidráulicos e prensas hidráulicas.

Além disso, a propriedade do ar de se comprimir pode ser usada para encher bolas, pneus de bicicletas, compressores de ar para encher pneus, entre outros exemplos.

CONCEITOS ABORDADOS

- Propriedades do ar
- Princípio de Pascal
- Equilíbrio entre as pressões
- Pressão atmosférica.

6. Descrição da aplicação de uma das atividades

As atividades foram ministradas em seis turmas de sexto ano (5ª série) e avaliadas após as gravações das aulas em áudio. Procurou-se envolver os alunos em busca de soluções para as situações problemas propostas, a partir da manipulação dos materiais, estabelecendo relações entre as causas e os efeitos dos fenômenos e pelas interações discursivas, oportunizando a exposição de ideias e a formação de argumentos.

Para exemplificar o processo de condução das aulas foi transcrita a aula envolvendo o conceito de pressão atmosférica. O desafio da atividade esteve em instigar os alunos a se conscientizarem dos efeitos provocados pela pressão atmosférica e atribuírem os fenômenos observados a ação que ela produz. Em seguida será apresentada a análise das interações dialógicas ocorridas durante essa aula.

Transcrição

O experimento da régua

(1) P: De onde vocês estão, conseguem ver a régua? Observem que metade dela está apoiada na mesa e a outra metade está suspensa no ar. Vou pegar essa cola bastão e vou jogar nessa ponta. O que vai acontecer?

(2) A1: Vai voar!

(3) P: Vai voar?

(4) A2: Vai!

(5) P: Vou jogar.

A professora jogou a cola sobre a região suspensa no ar e a régua caiu no chão.

(6) P: Agora vou colocar essa folha em cima da parte apoiada na mesa e jogar novamente a cola bastão. E agora será que cai?

(7) A3: Cai.

(8) A4: Cai não.

(9) A5: A folha cai.

(10) A6: A folha e a régua caem.

A professora arremessou a cola bastão na extremidade oposta a da folha e a régua não caiu.

Essa primeira atividade, “o experimento da régua”, permitiu que os alunos levantassem suposições que, por não terem sido confirmadas, deixou-os intrigados e curiosos.

(11) A7: Num falei.

(12) A8: É o vento que tá impedindo que a folha voe.

(13) P: Vento? Mas aqui dentro está sem vento. Além disso, se tivesse vento a folha não ficaria parada, ela iria voar. Qual a explicação?

(14) A9: Pra mim foi o papel que prensou na régua, o papel fez uma força pra não cair.

Foco da explicação estava no objeto (papel) e não na ação da atmosfera sobre o papel.

(15) A10: Eu acredito que, por exemplo, tá aqui a régua, como o papel é muito grande, a força feita pela cola não foi suficiente. Essa força que estava nos lados (*apontando para a folha de papel*) por ser grande segurou a régua.

Apesar de a aluna, nesta atividade, não ter dado uma explicação que mencionasse o ar ou a pressão, ela tinha noção de que existiam forças atuando no experimento.

(16) P: O A9 acha que o papel é que prensou a régua para ela não cair, a A10 considera que existem duas forças, a força aplicada na ponta da régua, através da cola bastão, e uma outra força do outro lado da régua, contrária, que é maior, que não deixa a régua cair.

(17) A11: Professora joga mais com mais força.

(18) P: Vou jogar.

A cola bastão foi jogada com mais força e a régua não caiu. Os estudantes se mostraram empolgados e impressionados.

(19) P: E aí, temos duas explicações. Alguém tem alguma outra explicação?

(20) A12: Eu tenho. Se tiver um vento muito forte e a folha vai indo pra cima e o negócio (*referindo-se a cola bastão*) vai bater e aí não cai.

(21) P: Vocês acham que o A12 pode estar certo?

(22) A13: Eu não entendi nada. Eu acho que a força vem do papel.

(23) P: Bom gente, existem forças atuando nessa experiência, quanto a isso vocês têm razão. O problema é que vocês estão com o foco no papel e não perceberam que o ar também participa da experiência. O que aplica uma força contrária na área do papel que impede a régua de cair é o ar atmosférico. O que é força aplicada numa área?

(24) A14: Pressão.

(25) P: Isso mesmo, pressão. O que não deixa a régua cair é a pressão atmosférica. Olha agora, o que tenho aqui? Um molho de pizza. Aqui na lata está escrito: embalagem a vácuo. O que isso quer dizer?

(26) A15: Que não tem ar.

(27) P: É isso mesmo, lá dentro só tem o molho porque antes dessa embalagem ser fechada é retirado praticamente todo ar de dentro dela, e sabem por que se faz isso?

(28) A16: Para caber mais.

(29) P: Não. Na verdade é uma forma de conservar melhor o alimento. Depois de tirar o ar coloca a tampa e o lacre. Aí fica difícil de abrir a lata. Por quê?

(30) A17: Por que essa tampinha de borracha não está deixando abrir.

Esta fala demonstra que a explicação do aluno ainda estava focada em objetos, impedindo a abstração necessária para atribuir o fenômeno a “impalpável” e “invisível” atmosfera. Houve necessidade de uma nova intervenção para desviar a atenção de observações macroscópicas.

(31) P: Novamente o foco não é a tampa.

(32) A18: O ar pressiona o negocinho de borracha.

(33) P: Isso. Mas o ar pressiona só o lacre de borracha?

(34) A20: Não, ele pressiona toda a tampa.

(35) P: Só a tampa?

(36) A21: Não a lata toda!

(37) P: Isso mesmo, o ar exerce pressão por todos os lados da lata. E quando eu tiro o lacre, gente?

(38) A22: Aí professora, o ar vai entrar dentro da lata e vai deixar abrir.

(39) A23: A pressão vai entrar.

(40) P: Legal, isso mesmo. Só tem um detalhe A22, a pressão não tem como entrar ou sair. Pressão é uma força aplicada em uma área. Quem entra ou sai é o ar e é o ar que faz pressão aonde ele estiver presente.

(41) A24: Na verdade tem, por exemplo, quando a gente entra na água.

(42) P: Como assim?

(43) A25: A água tem uma pressão forte.

(44) P: O que você está falando é verdade, o ar exerce pressão e a água também. Quando a gente entra numa piscina muito funda a gente pode perceber a pressão da água, mas a gente não consegue sentir a pressão do ar. Por quê?

Silêncio.

(45) P: Porque nós temos uma pressão interna contrária que se iguala a pressão atmosférica. O peixe tem uma pressão interna também que iguala a pressão que a água faz no corpo dele. Agora, aqui nessa embalagem, a pressão interna está menor que a pressão externa. Lembra? Essa lata não tem ar dentro dela. Quando eu tenho diferença de pressão entre o recipiente e a pressão atmosférica, essas pressões tenderão ao equilíbrio. Esse equilíbrio vai acontecer com a entrada do ar. Entendido?

O experimento do copo

(46) Vamos para a outra experiência de hoje. Vocês irão pegar o copo que está na bancada, irão colocar água, depois pegarão esse pedaço de papel e irão cobrir a boca do copo. Segura o papel até vocês virarem o copo de cabeça para baixo e depois tirem a mão do papel.

Os estudantes fizeram conforme solicitado. Tiveram dificuldade no início, mas a professora fez uma demonstração e eles, impressionados e empolgados, repetiram em suas bancadas.

(47) P: E aí, gente. Vocês no início acharam que não era possível. Como explicar o fato da água não cair depois de virar o copo de cabeça para baixo?

(48) A26: É porque o ar não entra professora.

(49) A27: O ar faz pressão no papel e não deixa a água cair.

(50) P: É semelhante ao exemplo que nós já vimos da régua e da lata. A explicação é a mesma, o ar quer entrar para igualar a pressão, mas como o copo está tampado, o ar não entra e a pressão externa no papel impede a água de cair.

O termo “o ar quer entrar” é inadequado e dificulta o entendimento do conceito, pois atribui característica humana a seres inanimados. Bachelard (1996) caracteriza como sendo um obstáculo animista e, portanto, essa fala deve ser evitada.

O experimento da garrafa com água

(51) P: Vamos para a última experiência. Chega todo mundo pra cá. Algum de vocês cria passarinho?

(52) Coro: Não.

(53) P: Mas vocês já viram aqueles bebedouros de água que ficam nas gaiolas?

(54) A28: Eu sei qual é professora.

(55) P: O esquema do bebedouro é semelhante a essa experiência aqui. No bebedouro a gente tem uma coluna de plástico e uma bacia pequena em baixo, aqui nós temos uma garrafa com uma coluna de água e uma bacia contendo água. Na nossa experiência e no nosso bebedouro de aves a água não escoar. Por quê?

(56) A29: Porque é assim, a pressão do ar tá fazendo pressão por aqui (*mostrando a água da bacia*) e aí essa pressão dentro da água não deixa a água da bacia cair.

(57) P: Todos entendem assim?

Silêncio entre os alunos e gestos de afirmação com a cabeça.

(58) P: Bom, a explicação de todas essas experiências de hoje estão relacionadas à pressão atmosférica. A água e o ar que estão dentro da garrafa fazem pressão, mas não podemos esquecer que o ar externo também faz pressão. Novamente temos a ação do ar atmosférico. A pressão externa é maior que a pressão interna, para chegar ao equilíbrio o ar tende a entrar, mas o ar não tem como entrar porque a garrafa está dentro da bacia com água. Aí o que acontece? O ar empurra a água da bacia para dentro da garrafa não deixando a água da garrafa descer. Deu pra entender?

(59) P: Agora, o que eu preciso fazer para que a água da garrafa escoe?

(60) A30: É só levantar.

(61) P: Ok, espertinho, não pode levantar a garrafa. O que eu poderia fazer?

(62) A31: É só fazer um furo aqui (*Apontando para a parte de cima da garrafa*).

(63) P: Que ideia interessante. Será que dá certo?

(64) A32: Dá.

(65) P: Se eu fizer um furo na garrafa o que vai acontecer?

(66) A33: A água vai cair, o ar vai entrar.

(67) P: Como na lata de pomarola? Legal. Nós não vamos fazer o furo, mas quem tiver curiosidade em saber se essa ideia funciona, é só fazer depois em casa. Nós iremos fazer diferente, vou colocar uma mangueira dentro da garrafa. Do jeito que está aqui (*mostrou a mangueira sem tampar uma das extremidades*). Vai dar certo?

(68) A34: Não.

(69) P: Por que não?

(70) A35: Vai entrar água.

(71) P: Então o que vou ter que fazer?

(72) A36: Bota uma tampinha professora.

(73) P: Ah! É o que eu pretendo fazer. Vou colocar essa massinha aqui na ponta. Ta vendo esse arame que está dentro da mangueira? Vai servir para eu empurrar a massinha depois que a mangueira estiver dentro da garrafa. Vamos tentar? Observem.

O procedimento foi realizado e assim que a massinha caiu, foram observadas bolhas e a descida da água para a bacia.

(74) A37: Que legal! Faz de novo professora.

(75) P: Tentem vocês uma vez, depois que terminar pega a ficha e comecem a responder.

Os materiais estavam dispostos em todas as bancadas e o experimento foi refeito pelos alunos.

7. Análise do diálogo estabelecido nas atividades

A partir da transcrição da aula e utilizando as Tabelas 1 e 2 procurou-se categorizar a atuação docente e discente.

Tabela 1. Atuação docente

Categorização da atuação docente	
Intervenções	Falas retiradas da aula transcrita
Instigou (criando problema e introduzindo termos)	(1) (6) (23) (25) (27) (29) (44) (46) (51) (55) (58) (65) (67)
Questionou ou solicitou melhor explicação	(13) (21) (33) (35) (42) (47) (53) (63) (69) (71)
Parafraseou a resposta	(23) (37) (44) (73)
Contrapôs	(13) (21) (31)
Organizou ou recapitulou	(19) (23) (40) (50) (55) (67)
Deu ênfase a fala e as ideias	(16) (18) (37) (63)
Concluiu	(25) (45) (50) (58)

Tabela 2. Atuação discente

Categorização da atuação discente	
Ações	Falas retiradas da aula transcrita
Levantam hipóteses ou apresentam proposta de intervenção	(8) (14) (15) (22) (38) (48) (60) (62) (72)
Expõem ideias	(11) (12) (20) (30)
Respondem a questão proposta	(2) (4) (7) (8) (9) (10) (22) (28) (52) (54) (64) (68) (70)
Expõem um dado lembrado	(24)
Explicam utilizando conceitos	(15) (26) (30) (32) (34) (36) (39) (49) (56) (66)
Fazem associações	(20) (41) (43)

Essa atividade possibilitou uma constante interação entre os alunos, que se mantiveram o tempo todo envolvidos e dispostos a expor seus argumentos. Vários pontos de vista foram ouvidos e confrontados, tanto que as falas da professora contabilizam um total de 33 e as falas dos alunos um total de 35, caracterizando a interação como dialógica. Observando a tabela 2 percebe-se que as ações que mais apareceram entre os alunos foram responder as questões solicitadas e dar explicações utilizando os conceitos. Analisando-se as intervenções docentes, predominavam perguntas apontando que a atuação dos alunos se mostra dependente da postura discursiva do professor. Por meio da Tabela 2, também é possível identificar que os alunos conseguem transpor o discurso dialógico para o discurso de autoridade, apresentando explicações utilizando os conceitos abordados.

As intervenções foram realizadas no intuito de dar suporte à fala dos alunos, ajudando-os a perceber as similaridades e as contradições de suas falas, ideias e conclusões a partir do confronto das ideias cotidianas com o saber científico. Ao final de cada discussão, foram feitas sistematizações enfatizando a versão científica.

Na visão de Azevedo (2003) estas três atividades podem caracterizar-se como uma atividade de investigação, pois a ação do aluno não estava limitada à observação e à manipulação. Ela também promoveu a reflexão, a discussão e a explicação, em que o aluno deixou de ser apenas um observador.

Durante a aula os estudantes agiram sobre o objeto de estudo e tiveram o interesse de repetir os procedimentos que foram inicialmente realizados de forma demonstrativa. As demonstrações, por sua vez, permitiram uma investigação acerca dos fenômenos demonstrados. Contrariando a antiga prática, a explicação teórica surgiu como forma de interpretação das observações, desfazendo o equívoco de usar a prática como comprovação de teoria. Além disso, usou-se a linguagem na compreensão do fenômeno e não somente a observação.

Em meio a explicação dos fenômenos observados foi possível extrapolar o ensino para outras situações ligadas ao cotidiano. Na aula transcrita, falou-se dos enlatados embalados a vácuo e do funcionamento dos bebedouros das aves.

8. Comentários finais

Usando a experimentação de forma rotineira, concepções equivocadas estavam presentes na prática docente determinando o modelo didático pessoal. No decorrer do trabalho, influenciado pelos referenciais, surgiu à necessidade de enriquecer as teorias pessoais e as ações sobre a experimentação no ensino de Ciências a partir das reflexões sobre: a própria prática, a natureza epistemológica da ciência e da experimentação no ensino.

Segundo Moura e Chaves (2009) e Galianzi e Gonçalves (2004) a experimentação não deve ser entendida como uma estratégia de ensino complementar a teoria, pontuada como elemento motivador de aprendizagem e legitimador de teorias. Em contraposição, defendem que a experimentação deve ser uma abordagem de ensino condicionada mais a natureza da ciência apontando para relações sociais, culturais, econômicas e políticas.

Dessa forma, incorporaram-se nas atividades experimentais, situações problematizadas como modalidade de experimentação, inserindo o diálogo como forma de explicitação e confronto entre os conhecimentos prévios e científicos na apreensão dos significados. Com isso, os alunos ao invés de estarem passivos no processo de aprendizagem, trocaram ideias, encontraram respostas, desenvolveram o raciocínio e elaboraram argumentos e a professora, por sua vez, assumiu uma postura mais aberta, dialógica, curiosa, valorizando e questionando o posicionamento dos alunos sem abrir mão de sua condição docente.

9. Bibliografia

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella. *Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula*. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson, 2003.

BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARATIERI, Stela Mari; BASSO, Nara R. Souza.; BORGES, Regina Maria Rabello; ROCHA FILHO, João Bernardes da Rocha. *Opinião dos estudantes sobre a experimentação em química no ensino médio*. *Experiências em ensino de ciências*, v. 3, n. 3, 2008.

BIZZO, Nélío. *Ciências: fácil ou difícil?* São Paulo: Ática, 1998.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia – Saberes Necessários à Prática Educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*, 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres. *A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química*. *Química Nova*, v. 27, n. 2, 2004.

HARRES, João Batista Siqueira. *Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino*. *Investigações no Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, 1999.

HENNING, George J. *Metodologia do ensino de ciências*. 2ª ed. Porto Alegre: Mercado aberto, 1994.

HODSON, D. *Investigacion y Experiências didácticas*. *Enseñanza de las ciencias*, v. 12, 1994.

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; TEIXEIRA, Odete Pacubi B. *Uma análise das interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental*. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9, n. 3, 2004.

MOREIRA, Marco Antônio; OSTERMANN, Fernanda. *Sobre o ensino do método científico*. *Caderno Brasileiro de Física*, v. 10, n. 2, 1993.

MORTIMER, Eduardo F.; SCOTT, Phil. *Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 7, n. 3, 2002.

MOURA, Gesiel Nascimento; CHAVES, Silvia Nogueira. *Visões e virtudes pedagógicas do ensino experimental da química*. In: VII Enpec, Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Anais do VII Enpec. Florianópolis: UFSC, 2009.

SHÖN, Donald. *Formar professores como profissionais reflexivos*. In: Antônio Nóvoa. Os professores e a sua formação. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1992.

SILVA, Lenice Heloísa de Arruda; ZANON, Lenir Basso. *A experimentação no ensino de ciências*. In: R. P. Schneltzer, R. P., M R Aragão. Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens. Campinas: UNIMEP/CAPES, 2000.

SILVA, Sebastião Franco; NÚÑEZ, Isauro Beltrán. *O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes: reflexões teóricas-metodológicas*. Química Nova, v. 25, n. 6B, 2002.