



As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa

The Cognitive Skills revealed by secondary education students' in investigative experimental chemistry lessons

Rita de Cássia Suart¹

¹Mestranda no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
rsuart@iq.usp.br

Maria Eunice Ribeiro Marcondes²

²Departamento de Química Fundamental / Instituto de Química / Universidade de São Paulo
mermarco@iq.usp.br

Resumo

Algumas pesquisas em ensino de Química têm destacado a importância do uso de atividades experimentais investigativas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos e para sua maior participação no processo de aprendizagem. O presente trabalho apresenta a análise das respostas de alunos do ensino médio com relação ao alto ou baixo nível de habilidades cognitivas manifestadas em uma seqüência de atividades experimentais investigativas ocorridas em um ambiente construtivista de ensino de química. Foram analisadas também as respostas escritas dos alunos e as questões propostas pelo professor. Os resultados evidenciam respostas de alta ordem cognitiva, porém o número de respostas de baixo nível cognitivo prevalece.

Palavras chave: experimentação, ensino de química, habilidades cognitivas.

Abstract

Some research works in Chemistry Teaching have focused the importance of the use of investigative laboratory work to develop students' cognitive skills to increase the

participation in the learning process. This study presents the analysis of a sequence of investigative experimental chemistry classes in a constructivist context, classifying the student's answer in lower or higher levels of cognitive skills. It was also analysed the students' written answers and the questions proposed by the teacher. The results evidence high order cognitive answers, but the lower order cognitive answers prevail.

Key words: experimental, chemistry teaching, cognitive skills.

Introdução

A experimentação é um recurso valorizado no processo de ensino e aprendizagem de ciências. Muito já se pesquisou sobre o laboratório didático, principalmente como estratégia de ensino de química (HODSON, 1994, 2005; GIL-PEREZ e VALDÉS CASTRO, 1996; GONZALES, 1992; GARCIA BARROS et al., 1995; WATSON et al., 1995).

Algumas destas pesquisas apontam que a experimentação ainda é pouco utilizada pelos professores do ensino médio por diversos motivos como, por exemplo: falta de laboratórios, de materiais e reagentes e falta de tempo para o preparo das aulas (LIMA, 2004). Todavia, a grande maioria dos professores concorda que as atividades experimentais são de grande importância para o processo de ensino e aprendizagem, porém, quando as utilizam, alguns professores valorizam aspectos como manipulação de instrumentos e motivação, não atentando a aspectos fundamentais para o processo de aprendizagem como elaboração de uma hipótese, coleta e análise dos dados, reflexão dos resultados à luz do quadro teórico e das hipóteses enunciadas.

Alguns professores preocupados com as dificuldades de aprendizagem de seus alunos utilizam o trabalho prático como solução para esses problemas, e muito do que poderia ser substancial para o desenvolvimento e evolução conceitual do aluno acaba sendo ignorado. Nas atividades experimentais, muitas vezes se enfatiza o produto e não o processo, sendo pouco valorizadas etapas como coleta e análise dos dados.

Para Hodson (1990), muitos professores utilizam o laboratório sem uma adequada reflexão, acreditando que o experimento possa ensinar aos estudantes sobre o que é ciência e sua metodologia. Esta visão empobrece o papel da experimentação no ensino de química, pois não considera que a atividade pode contribuir para o desenvolvimento conceitual e cognitivo dos alunos.

Segundo Gil-Perez et al. (2005), muitas atividades experimentais propostas no ensino têm a concepção empírico-indutivista, a qual evidencia o papel da observação e da experimentação "neutra", esquecendo o papel essencial das hipóteses como norteadoras das investigações e dos corpos de conhecimento, e dessa maneira, podem contribuir para uma visão deformada do trabalho científico por parte dos alunos. Para Gil-Perez e Valdéz Castro (1996), a atividade experimental pode explorar algumas contribuições das atividades científicas, como por exemplo: favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas, ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, ressaltar o papel da comunicação e do debate.

Não basta que os alunos apenas realizem o experimento; é necessário integrar a prática com discussão, análises dos dados obtidos e interpretação dos resultados, fazendo com que

o aluno investigue o problema, ultrapassando a concepção da experimentação pela experimentação, ou seja, de utilizar esta estratégia como fio condutor para uma aula mais agradável ou estimulante, sem muitos aprofundamentos conceituais e com pouca ou nenhuma relação da teoria com a prática. Pelo contrário, as atividades precisam direcionar seus objetivos para o desenvolvimento conceitual e cognitivo dos alunos e permitir a eles evidenciar fenômenos e reconstruir suas idéias.

Desta forma, além de dominar o conteúdo específico, o professor precisa estar ciente das atitudes e ações que precisa assumir para planejar e orientar suas aulas, tais como: questionar e dialogar com os alunos, ser flexível diante das necessidades dos alunos, problematizar o conteúdo ensinado, superar os limites do conteúdo específico da aula, pesquisar a sua prática docente, a fim de auxiliar e mediar os alunos no entendimento dos conceitos científicos escolares.

Assim, se uma aula experimental for organizada de forma a colocar o aluno diante de uma situação problema, e estiver direcionada para a sua resolução, poderá contribuir para o aluno raciocinar logicamente sobre a situação e apresentar argumentos na tentativa de analisar os dados e apresentar uma conclusão plausível. Se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo e argumentando sobre os fenômenos químicos estudados, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico.

Tendo em vista os propósitos educativos de se utilizar atividades experimentais problematizadoras que promovam aspectos como elaboração de hipóteses, análise de dados e obtenção de conclusões, esse trabalho investigou as habilidades cognitivas manifestadas por estudantes do ensino médio em aulas de química ao interpretarem os dados construídos a partir das atividades experimentais e responderem às questões propostas por professores que atribuem sua prática pertencente a um contexto construtivista e investigativo. Analisamos se a atividade prática desenvolvida permite aos alunos expressarem respostas de natureza cognitiva, privilegiando seu desenvolvimento conceitual, fazendo com que os estudantes mediados pelo professor e interagindo com os pares, elaborem e supervisionem suas idéias, promovendo ação e reflexão necessárias para uma aprendizagem significativa.

As atividades experimentais em um contexto de ensino construtivista e investigativo

O ensino de Ciências, ou mais especificamente o Ensino de Química, aproximadamente até a década de setenta, não se atentava a algumas dificuldades encontradas no processo de ensino e aprendizagem. A imagem tradicional do ensino como transmissão de conhecimentos privilegiava a amplitude e a profundidade do conhecimento do docente relacionando-as diretamente com a qualidade da aprendizagem dos estudantes (VILLANI e PACCA, 1997). Assim, para ensinar, bastava o professor saber o conteúdo a ser ensinado e algumas técnicas pedagógicas.

Na década de oitenta, começam a ser desenvolvidas pesquisas sobre as idéias dos alunos. Estas pesquisas defendiam que o conhecimento seria construído pelo indivíduo pela interação entre elementos internos e externos na mente do aprendiz. Propostas de ensino pautadas nestas concepções são conhecidas sob o rótulo de “construtivismo” (BASTOS, 2004).

Entretanto, o termo construtivismo é abrangente e pode ser designado por diversas acepções, como por exemplo: construtivismo contextual, construtivismo radical, construtivismo piagetiano, construtivismo social, entre outros; cada qual com as suas implicações epistemológicas, ontológicas e educativas. Porém, grande parte dessas teorias concorda que o conhecimento se constitui progressivamente das interações entre o sujeito e o objeto.

Assim, a perspectiva construtivista na qual se fundamenta essa pesquisa, não considera um ou outro estilo de construtivismo, mas concorda que o indivíduo já não é mais considerado uma folha em branco, pelo contrário, suas idéias prévias são o ponto de partida para o desenvolvimento do conhecimento (TEIXEIRA, 1992). O aluno é o agente ativo do processo de construção do conhecimento e o professor assume o papel de mediador entre os novos conceitos e os conceitos já existentes na mente do aprendiz.

Os alunos precisam estar inseridos em um ambiente onde possam utilizar suas idéias em outras situações, percebendo que o novo conhecimento é importante e útil, e que suas idéias anteriores precisarão algumas vezes ser (re) interpretadas com o auxílio dos novos conhecimentos (TEIXEIRA, 1992).

A partir das características apresentadas, percebe-se na abordagem construtivista, que apesar de o aluno ser o agente responsável pela construção do conhecimento, o papel do professor é de extrema importância para intermediar essa construção, uma vez que muitos alunos precisam desta intervenção para alcançar respostas adequadas para as situações problemas. Assim, o professor propõe situações para o processo de ensino e aprendizagem de forma a procurar alcançar a aprendizagem do aluno.

Shiland (1999) argumenta que a essência do construtivismo está no conhecimento construído na mente do aprendiz, e que idéias alternativas trazidas pelos alunos à sala de aula podem dificultar a aprendizagem. O autor amplia suas idéias argumentando que, para a aprendizagem significativa ocorrer são necessários um contexto social, certa insatisfação do aluno com o conhecimento atual e que o novo conhecimento seja aplicável e útil para os alunos. Todas estas proposições teriam, segundo o autor, implicações diretas no trabalho laboratorial, devendo haver por parte do professor, uma mudança na estruturação e objetivos dessas atividades de forma a aumentar e valorizar as atividades cognitivas dos alunos, como por exemplo, permitir que os alunos identifiquem e controlem variáveis ou que participem da elaboração do procedimento experimental. Direcionar as atividades laboratoriais para o início da aula pode contribuir para o professor diagnosticar as concepções alternativas dos estudantes, possibilitando também, aos alunos predizerem e elaborarem hipóteses para os resultados.

Ainda, Shiland (1999) argumenta que, ao elaborar atividades nas quais os resultados não são óbvios e são aplicáveis, os alunos poderão se sentir insatisfeitos com suas concepções e desafiados a solucionar o problema usando suas novas idéias em contextos mais amplos. Contribuindo para este ambiente de aprendizagem significativa, o professor poderia elaborar atividades para os estudantes trabalharem em grupos, discutindo suas previsões e resultados com toda a classe, valorizando assim as habilidades e competências sociais que a atividade laboratorial pode desenvolver.

Watson et al. (1995), em uma pesquisa realizada com alunos da Espanha e Inglaterra sobre a compreensão das reações de combustão, verificaram que a maior quantidade de aulas práticas oferecidas para alunos ingleses em relação aos alunos espanhóis, não foi suficiente para alterar as concepções que os alunos tinham antes da aula experimental. Muitos

estudantes não conseguiram desenvolver um modelo de explicação que se assemelhasse ao científico. A diferença existente entre os estudantes dos dois países revelou-se nos exemplos que os alunos ingleses citaram para explicar a combustão, que são encontrados facilmente no cotidiano. Para o autor, uma das causas do não entendimento conceitual pode ser a falta de discussão de modelos explanatórios unidos ao trabalho prático, e que, para o trabalho prático tornar-se eficaz na reconstrução da teoria, o estudante precisa gastar mais tempo interagindo com suas idéias e menos tempo interagindo com aparatos. Assim, executar atividades experimentais que não privilegiam momentos de discussão, análise dos dados, elaboração de hipóteses, evidenciando somente o experimento em si, não contribuem significativamente para o desenvolvimento de habilidades cognitivas pelos alunos.

Em uma recente revisão sobre as atividades experimentais, Hofstein e Lunetta (2004) definem as atividades de laboratório como aprendizagem de experiências na qual os estudantes interagem com materiais ou com modelos explicativos para observar e entender o mundo natural. Ainda, os autores afirmam que o laboratório de ciências é um ambiente de aprendizagem onde os estudantes desenvolvem seus entendimentos sobre os conceitos científicos, sobre as habilidades investigativas científicas, e percepções sobre a ciência; ambiente onde os alunos podem trabalhar cooperativamente em pequenos grupos a fim de investigar um fenômeno científico, podendo aumentar as relações sociais assim como atitudes positivas e crescimento cognitivo.

Hofstein e colaboradores (2005), concebem as atividades investigativas (inquiry-type laboratories) centrais para a aprendizagem de ciências desde que os estudantes estejam envolvidos no processo de compreensão de problemas e questões científicas, formulação de hipóteses, planejamento de experimentos, coleta e análise de dados e de inferência de conclusões sobre os problemas científicos ou fenômenos.

Com relação ao desenvolvimento e manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas, Hofstein et al. (2005) investigaram se estudantes em situação em que são dadas oportunidade e tempo para desenvolver habilidades de investigação nos laboratórios de química, podem fazer mais e melhores questões, propor hipóteses e questionar o experimento quando comparados com estudantes que foram limitados a experimentos tradicionais durante o processo de ensino. O público-alvo consistiu de dois grupos de alunos do ensino médio de química: um grupo participante de atividades experimentais investigativas (grupo experimental) e outro grupo participante de atividades tradicionais de laboratório (grupo controle). Os resultados mostram que os estudantes do grupo experimental fizeram mais perguntas de alto nível do que o grupo controle; assim, enquanto o grupo experimental elaborou 123 questões de alto nível¹; o grupo controle elaborou somente 18 questões. Porém, nenhuma diferença significativa foi observada com relação ao número de questões de nível baixo²; cerca de 184 para o grupo experimental e 165 para o grupo controle. Assim, a grande diferença entre os grupos está no número de questões de alto nível.

No Brasil, Zuliani (2000) investigou a eficiência da metodologia investigativa com alunos da disciplina de Laboratório de Química Geral e Inorgânica do terceiro termo do curso de

¹ high level: são questões que não podem ser respondidas somente na investigação, mas precisam de outro experimento ou de maiores informações em literatura, sendo mais complicadas, fazendo com que os alunos pensem criticamente sobre elas.

² low level: são relatadas por fatos e explicações do fenômeno ou são observadas no experimento pelos estudantes.

Licenciatura em Física. A pesquisadora trabalhou com um grupo de 15 alunos desta disciplina, e tinha como principal objetivo empregar a metodologia investigativa e avaliar as potencialidades desta estratégia. Assim, os alunos deveriam em grupos, escolher um tema em química para trabalhar no laboratório, pesquisar e elaborar o projeto para sua realização, desenvolver o experimento, elaborar um relatório e apresentá-lo. Todas estas fases tinham o essencial apoio do professor, que estava disponível para quaisquer dúvidas e dificuldades relacionadas ao experimento químico ou à metodologia. Foi observado nesta investigação que o desenvolvimento de habilidades cognitivas como espírito crítico, reflexão, formulação de novas hipóteses e tomada de decisões foram favorecidas pelo uso da metodologia. Segundo a autora, a estratégia permitiu maior autonomia e responsabilidade por parte dos alunos, ao perceberem que sua aprendizagem independe das respostas do professor. Entretanto, a pesquisadora também verificou que, embora os alunos demonstrassem facilidade na proposição de novas hipóteses para o problema, eles encontravam dificuldade na descrição do procedimento para seu teste e, algumas vezes, não consideravam a hipótese para a análise dos dados. A autora atribui estes resultados ao baixo nível de liberdade existente nas atividades experimentais tradicionais executadas nas escolas e também à pouca flexibilidade destes procedimentos que geralmente ficam detidos à resposta da questão central proposta pelo professor.

Os experimentos investigativos são apresentados como uma maneira de privilegiar a participação do aluno na construção do conhecimento (Carvalho et al., 1999). Partindo de uma questão problematizadora de interesse do aluno, essas atividades podem permitir seu engajamento em discussões, no processo de elaboração de hipóteses, na análise dos dados, sempre apoiados pela mediação do professor, o qual conduzirá os alunos à construção dos conceitos (CARVALHO et al., 1999).

Atividades experimentais demonstrativas também podem ser investigativas desde que apresentem uma situação problema e envolvam uma investigação acerca do fenômeno demonstrado, e que sejam planejadas com o objetivo de desenvolver habilidades de elaboração de hipóteses, análise dos dados e questionamentos (CARVALHO et al., 1999). Assim, os professores ao desenvolverem atividades investigativas precisam dispor de fundamentos e referenciais teóricos que expliquem os conceitos envolvidos e também, se atentar quanto à utilização de uma linguagem apropriada às aulas de ciências.

Entretanto, é importante distinguir as atividades investigativas feitas *por*³ demonstração e as atividades *de*⁴ demonstração. Conforme apontam Carvalho et al. (1999), as atividades *de* demonstrações têm o único objetivo de ilustrar o que foi falado, de comprovar um conteúdo já ensinado, ou seja, mostrar aos alunos que o professor estava certo. Já as atividades de caráter investigativo, ou feitas *por* demonstração, buscam uma questão problematizadora que ao mesmo tempo desperte a curiosidade e oriente a visão do aluno sobre as variáveis relevantes do fenômeno a ser estudado. Desta forma, o professor se torna um questionador, conduzindo perguntas e propondo desafios aos alunos para que estes possam levantar suas próprias hipóteses e propor possíveis soluções para o problema:

“As chamadas demonstrações experimentais investigativas são demonstrações que partem da apresentação de um problema sobre o fenômeno a ser estudado e da investigação a respeito deste fenômeno. Neste contexto, percebemos mudanças significativas no que se refere ao papel do professor e do aluno: o

³ Grifo nosso

⁴ Grifo nosso

professor torna-se um orientador em sala de aula, tentando conduzir seus alunos, pela argumentação e pela proposição de questões, ao levantamento de hipóteses acerca da atividade experimental apresentada, com o objetivo de levar estes alunos a procurar possíveis explicações causais para o fenômeno observado, ou seja, serem ativos no processo de construção do conhecimento.” (CARVALHO et al., 1999, p. 41)

O estudo das habilidades cognitivas tem se enriquecido com os trabalhos de Uri Zoller. O autor argumenta que os objetivos desejados para o processo de ensino e aprendizado serão alcançados conforme houver uma melhora nas habilidades cognitivas dos alunos.

Para Zoller (1993), as habilidades cognitivas podem ser definidas em duas categorias: as *habilidades cognitivas de baixa ordem (LOCS)*⁵ e as *de alta ordem (HOCS)*⁶. As habilidades cognitivas de baixa ordem são caracterizadas por capacidades tais como: conhecer, recordar a informação e/ou aplicar conhecimentos ou algoritmos memorizados em situações familiares e resolução de exercícios; já as de alta ordem são referidas como aquelas capacidades orientadas para a investigação, resolução de problemas (não exercícios), tomada de decisões, desenvolvimento do pensamento crítico e avaliativo.

Questões de alta ordem cognitiva são definidas como: problemas não familiares para o estudante, que requerem para sua solução, conhecimento adicional, aplicação, análise e capacidades sintéticas, tal como fazer conexões e pensamentos avaliativos para a solução.

As questões de baixa ordem cognitiva (LOCS) e algorítmicas (ALG)⁷ requerem dos alunos apenas relembrar a informação ou simplesmente aplicar a teoria ou conhecimento em situações e contextos familiares as quais podem ser solucionados por meio de processos algorítmicos ou por aplicação ou memorização de procedimentos para sua resolução. As questões ALG podem ser consideradas como uma categoria única ou como uma subcategoria das LOCS. Pesquisas indicam que muitos estudantes resolvem os problemas de química usando somente estratégias algorítmicas e não entendem os conceitos químicos (GABEL et al., 1984).

Zoller et al. (2002), investigaram o desempenho dos estudantes universitários ao responderem questões LOCS, HOCS e ALG. Os pesquisadores elaboraram seis questões para 97 alunos de duas universidades Israelenses responderem. Destes, quatorze foram entrevistados para explanarem como resolveram as questões.

Os autores verificaram que os alunos tiveram melhor desempenho nas questões algorítmicas. Segundo eles, isto ocorre devido ao fato de as questões de alta ordem cognitiva serem mais difíceis para os estudantes reproduzirem, o que acontece com frequência, com as questões algorítmicas. Os autores sugerem ainda, pesquisas que orientem o movimento do ensino para o desenvolvimento de habilidades cognitivas como tomada de decisões, resolução de problemas, pensamento crítico, típicos de um processo de ensino e aprendizagem que valoriza as HOCS, argumentando que, as estratégias de ensino e avaliação empregadas nas escolas não são compatíveis com o desenvolvimento e fomento de habilidades cognitivas de alta ordem (HOCS) nos estudantes.

As práticas de laboratório nas quais os alunos seguem um procedimento tipo receita, coletam os dados, mas não os discutem ou os analisam têm-se demonstrado então, de forte caráter de baixa

⁵ LOCS : Lower Order Cognitive Skills

⁶ HOCS : Higher Order Cognitive Skills

⁷ Algorítmicas

cognição (ZOLLER et al., 2002). Os alunos não compreendem o porquê do experimento e não desenvolvem uma síntese do que foi proposto.

Desta forma, em uma abordagem construtivista e investigativa como a defendida neste trabalho, ambos, o papel do professor e do aluno, são essenciais para que o trabalho experimental seja desenvolvido e executado a fim de alcançar as metas do processo de ensino e aprendizagem. O aluno passa a ser um agente mais ativo na aula agindo sobre o seu processo de pensamento, questionando, pensando, participando da construção do pensamento. O professor deixa de ser o transmissor de conhecimentos e passa a questionar seus alunos, conduzindo-os e auxiliando-os na elaboração de respostas condizentes com a visão científica, gerando questões e problemas que serão discutidos e refletidos à luz dos conhecimentos científicos, de forma a respeitar as distintas idéias e opiniões em sala de aula. Assim, investigar as habilidades cognitivas manifestadas pelos alunos durante atividades experimentais investigativas pode contribuir para uma reflexão sobre as potencialidades desta abordagem defendidas neste trabalho e também por outros autores (CARVALHO et al., 1999, SHILAND, 1999).

Metodologia da pesquisa

O trabalho apresenta as características de uma pesquisa qualitativa. Segundo Bogdan e Biklen (1994), nas pesquisas desta natureza, a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal. O pesquisador se insere em um contexto, neste caso a sala de aula, e procura elucidar questões educativas. Ele torna-se o instrumento principal da pesquisa, pois mesmo utilizando instrumentos tecnológicos para a sua coleta são suas concepções, sensações e interpretações que guiarão os resultados.

Para a análise dos dados, interpretaram-se as falas dos alunos e da professora durante uma atividade experimental, analisando também as questões escritas propostas pela professora e as respostas escritas elaboradas pelos alunos.

Foram registradas em áudio e vídeo uma seqüência de quatro aulas de uma turma de trinta alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública localizada na cidade de São Paulo. A escolha da escola foi determinada pelas pesquisadoras por dois motivos: (1) por sediar e executar pesquisas de interesse próprio e de universidades, conforme descrito em seu projeto pedagógico e (2) as aulas da professora de química se enquadrarem nas características construtivistas e investigativas defendidas neste trabalho. O trabalho exercido pela professora da escola já era de conhecimento das pesquisadoras, porém para validar as evidências de uma prática construtivista e investigativa, uma entrevista foi realizada com a professora e também, algumas aulas foram acompanhadas antes das gravações

Além de servirem para evidenciar esses pressupostos, essas aulas também tiveram o papel de criar um ambiente receptivo com os alunos para a realização das gravações, uma vez que muitos alunos podem se sentir incomodados com a presença da câmera ou com uma pessoa que não faz parte do seu contexto. Também, é importante relatar que foi pedida autorização por escrito dos pais dos alunos para a realização das gravações em áudio e vídeo.

A escola apresenta infra-estrutura para a realização de atividades experimentais. A sala de aula é integrada ao laboratório e facilita a realização de experimentos, principalmente os de demonstração investigativa devido ao rápido acesso aos materiais. O laboratório contém vidrarias e reagentes suficientes para a realização das atividades experimentais e conta com o auxílio de um técnico. Outro fator que propiciou a realização das atividades experimentais se deve ao regime de trabalho

integral da professora, o que contribui significativamente para o planejamento de atividades experimentais, uma vez que um dos fatores mais citados pelos professores para a ausência dessas atividades nas escolas é a falta de tempo para o seu planejamento (LIMA, 2004).

Para a pesquisa, não se determinou qual conteúdo químico seria investigado. As pesquisadoras gravaram e analisaram as aulas do segundo semestre sem nenhuma interferência metodológica. Será apresentada aqui, a análise da seqüência de quatro aulas de cinquenta minutos cada, sobre o conceito de densidade, as quais podem ser separadas em três momentos:

- pré-laboratório: experimentos demonstrativos realizados pela professora com o objetivo de verificar as idéias prévias dos alunos, dialogar, promover o levantamento de hipóteses para a construção de conteúdos essenciais para a determinação do conceito densidade, como por exemplo, massa e volume;
- laboratório: momento em que os alunos vão à bancada realizar o experimento em grupos;
- pós-laboratório: discussão com toda a sala para a conceituação final e para possíveis generalizações, a fim de que os alunos tentassem extrapolar a situação experimental.

O pré-laboratório teve a duração de duas aulas de cinquenta minutos e também utilizou alguns minutos de uma terceira aula. O restante da terceira aula foi utilizado para a realização do experimento e, na quarta aula ocorreu a discussão e análise dos dados obtidos para conceituar densidade e os alunos responderam por escrito as questões propostas pela professora .

Entre a terceira e quarta aula houve uma aula utilizada para aqueles alunos que não conseguiram terminar o experimento anteriormente, porém esta aula não foi considerada, mesmo estando registrada, pelo fato de sua transcrição não apresentar conteúdo significativo para a análise. Os alunos apenas terminaram o experimento sem questionamentos ou argumentações que contribuíssem para os dados da pesquisa. É importante relatar que as discussões dos resultados foram realizadas após todos os alunos terem terminado o experimento.

Durante a realização do experimento no laboratório, os alunos formaram 6 grupos de cinco alunos. Cada grupo recebeu da professora uma folha com instruções para a realização da atividade. Essa também apresentava questões escritas que exigiam o raciocínio e o diálogo dos pares para sua resolução, conforme será apresentado posteriormente.

Na etapa final da conceituação, a professora apresentou outras questões escritas para o fechamento do assunto. Dentre essas questões, algumas exigiam apenas resolução algorítmica e outras exigiam habilidades cognitivas como análise de variáveis, conforme será discutido na análise dos dados.

As questões escritas são de suma importância para o processo de ensino e aprendizagem, pois exigem e demandam maior esforço cognitivo do escritor (RIVARD e STRAW, 2000) assim, explicar ou escrever requer que o estudante refine seu pensamento, contribuindo para um maior entendimento dos conceitos estudados, organizando e consolidando suas idéias. Segundo Carvalho e Oliveira (2004), para a escrita ser efetiva, os estudantes precisam apresentar certo conhecimento básico, interagir com seus pares para compartilhar, clarificar e distribuir este conhecimento.

As transcrições das falas do professor e dos alunos foram realizadas pelas próprias pesquisadoras, contribuindo para maior fidedignidade e qualidade das transcrições para análise. Mesmo tomando o cuidado de garantir a maior captura possível das falas, em alguns momentos, principalmente durante as atividades experimentais, algumas falas são de difícil entendimento, pois se referem a um momento em que os alunos estão interagindo constantemente e todos querem explicitar suas idéias. Porém, muitas dessas falas de difícil transcrição foram interpretadas com o auxílio das notas de campo e das anotações realizadas pelos estudantes em sala de aula.

Falas sem teor significativo para a pesquisa, como brincadeiras dos alunos, evocação de atenção pela professora, conversas não relacionadas com o contexto da aula, não foram transcritas, uma vez que não compete aos objetivos da pesquisa. Porém, estas falas não representam um número expressivo, ou seja, ocorrem em momentos nos quais a professora ou um aluno não está falando ou quando se trata de uma brincadeira não referente ao assunto. É evidente que algumas conversas paralelas ocorrem, pois se trata de uma sala mista de trinta alunos, porém estas discussões não interferiram nos dados e resultados da pesquisa.

Categorias de análise

Para a análise dos dados, foram criadas categorias baseadas nos objetivos conceituais e cognitivos propostos para as atividades experimentais investigativas e construtivistas de acordo com os referenciais discutidos anteriormente. As categorias elaboradas para esta investigação se enquadram no que Moraes (2005) define como categorias iniciais ou a priori, uma vez que o pesquisador deriva suas categorias de seus pressupostos teóricos, sejam eles implícitos ou explícitos; sendo então, as categorias definidas antes de encaminhar a pesquisa.

Duas categorizações foram utilizadas para a compreensão do nível de habilidades cognitivas manifestadas pelos alunos. A primeira se refere às questões propostas pelo professor e a segunda às respostas elaboradas pelos alunos para essas questões.

Para as questões propostas pelo professor adaptou-se o critério de categorias desenvolvido por Shepardison e Pizzini (1991), que investigaram o nível de exigência cognitiva requerido pelas questões propostas em livros didáticos do ensino médio de química. Em um trabalho recente, Malaver et al. (2005), utilizam essas categorias também adaptadas de Shepardison e Pizzini para analisar livros universitários de Química Geral.

A tabela (1) mostra as categorias utilizadas neste trabalho:

Nível	Descrição
P1	Requer que o estudante somente recorde uma informação partindo dos dados obtidos.
P2	Requer que o estudante desenvolva atividades como seqüenciar, comparar, contrastar, aplicar leis e conceitos para a resolução do problema.
P3	Requer que o estudante utilize os dados obtidos para propor hipóteses, fazer inferências, avaliar condições e generalizar.

Tabela 1: Nível de cognição das questões propostas para os alunos

As categorias para análise das respostas dos alunos foram elaboradas previamente pelas pesquisadoras utilizando como referencial os trabalhos de Zoller (2002) para as habilidades cognitivas (Tabela 2).

Nível	Categoria de resposta ALG
N1	<ul style="list-style-type: none">• Não reconhece a situação problema.• Limita-se a expor um dado lembrado.• Retêm-se a aplicação de fórmulas ou conceitos
Nível	Categoria de resposta LOCS
N2	<ul style="list-style-type: none">• Reconhece a situação problemática e identifica o que deve ser buscado.• Não identifica variáveis• Não estabelece processos de controle para a seleção das informações.

	<ul style="list-style-type: none"> • Não justifica as respostas de acordo com os conceitos exigidos
N3	<ul style="list-style-type: none"> • Explica a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos ou lembrados (resoluções não fundamentadas, por tentativa) e quando necessário representa o problema com fórmulas ou equações. • Identifica e estabelece processos de controle para a seleção das informações • Identifica as variáveis, podendo não compreender seus significados conceituais.
Nível	Categoria de resposta HOCS
N4	<ul style="list-style-type: none"> • Seleciona as informações relevantes. • Analisa ou avalia as variáveis ou relações causais entre os elementos do problema. • Sugere as possíveis soluções do problema ou relações causais entre os elementos do problema. • Exibe capacidade de elaboração de hipóteses
N5	<ul style="list-style-type: none"> • Aborda ou generaliza o problema em outros contextos ou condições iniciais

Tabela 2: Nível cognitivo das respostas dos alunos

As categorias foram dimensionadas com o objetivo de analisar quais habilidades cognitivas os alunos utilizam durante a execução e resolução dos problemas experimentais propostos. Cada categoria e suas características foram elaboradas baseando-se nos pressupostos de Zoller et al. (2002, 2007). Assim, quando um aluno não compreende o problema ou utiliza para sua resolução apenas dados memorizados, considera-se que esse aluno evocou apenas dados algorítmicos, elaborando pouco ou nenhum raciocínio lógico para sua resolução, sendo suas respostas dimensionadas na categoria ALG.

Quando o aluno reconhece a situação problemática e identifica variáveis, mas ainda apresenta pouca demanda cognitiva em suas respostas, considera-se que este aluno utilizou apenas habilidades cognitivas de baixa ordem, e suas respostas são então categorizadas como LOCS. As categorias ALG e LOCS para Zoller et al. (2002, 2007) podem ser agrupadas como uma única categoria, ou então, a categoria ALG pode ser considerada como uma subcategoria das LOCS, pois ambas apresentam respostas algorítmicas e evocação memorística. Entretanto, a escolha desta pesquisa para a divisão em duas categorias se refere ao fato de algumas respostas poderem apresentar dados algorítmicos e memorização, mas algumas vezes os alunos os utilizam sem compreender o problema (N1), diferentemente no nível N2, quando os alunos têm dificuldades em identificar as variáveis do problema, mas o compreende. A divisão em ALG e LOCS pode permitir que a categorização das respostas apresente maior delimitação contribuindo para uma maior fidedignidade e facilidade na categorização, e também, por admitir que respostas com diferentes demandas cognitivas sejam classificadas em categorias distintas.

A categoria N3 já começa a apresentar características para uma possível evolução para o nível N4. Mesmo ainda apresentando habilidades que exigem a aplicação de conhecimentos simples em situações conhecidas, os alunos começam a estabelecer processos de controle para a resolução do problema, se aproximando do nível N4, o qual exige tomada de decisões e pensamento crítico e avaliativo. Por fim, quando o aluno apresenta respostas que envolvem elaboração de hipóteses, análise de variáveis e relações causais, ou seja, pensamentos mais complexos para a resolução de um problema, considera-se que este aluno utilizou habilidades cognitivas de alta ordem, e suas respostas são categorizadas como HOCS. Um nível maior de complexidade é considerado quando o aluno consegue ultrapassar a situação atual e abordá-la em outros contextos, apresentando as características do nível N5 de habilidades cognitivas.

É importante esclarecer que as categorias apresentadas na tabela 2, mesmo sendo elaboradas previamente, tiveram de ser redimensionadas conforme os dados eram analisados para melhor se adequarem aos objetivos da investigação. Conforme argumenta Moraes (2005), as categorias vão se aperfeiçoando ao longo da análise, para que no final do processo apresentem significados claros para a classificação dos enunciados, entretanto, mesmo produzindo uma definição cuidadosa dos critérios de classificação para as categorias, o processo de categorização nunca é inteiramente objetivo, podendo dar margem para dúvidas e imprecisões (MORAES, 2005).

Além do redimensionamento, as pesquisadoras contaram com a colaboração de colegas pesquisadores para validação do instrumento de análise. As respostas dos alunos foram categorizadas individualmente por 6 pesquisadores, e posteriormente, em dois encontros, foram verificados os pontos de fragilidade ou solidez no instrumento. As modificações necessárias para permitir maior clareza e fidedignidade da classificação foram realizadas.

Após a transcrição, as falas da professora e dos alunos foram analisadas individualmente (uma por uma), classificadas conforme as categorias apresentadas nas tabelas 1 e 2 respectivamente, e separadas em “episódios de ensino”⁸. Foram consideradas todas as falas dos sujeitos envolvidos na pesquisa, sendo que algumas delas não foram analisadas isoladamente, mas sim, considerando o raciocínio desenvolvido por aluno ou alunos durante uma seqüência de falas. Algumas falas não foram consideradas para análise, por não apresentarem conteúdo significativo para sua categorização e inclusão nos resultados da pesquisa.

Alguns destes episódios serão apresentados na análise de dados. Algumas falas apresentam ao lado uma letra minúscula entre parênteses, por exemplo, (a). Essas letras se referem a uma seqüência de falas que farão parte de uma única análise, uma vez que se trata de uma seqüência que evidencia um raciocínio elaborado por um ou vários alunos, ou raciocínio que necessita do auxílio e intervenção da professora para se tornar mais elaborado. Desta forma, serão apresentadas as letras referentes ao raciocínio ao lado da transcrição e também na coluna de análise para que fique evidente a seqüência de raciocínio manifestada.

As respostas escritas elaboradas pelos alunos também foram categorizadas utilizando os níveis cognitivos apresentados na tabela 2.

Resultados e análise dos dados

Apresenta-se a análise dos dados em três etapas: a primeira se refere às questões propostas pela professora e às respostas fornecidas pelos alunos nas três primeiras aulas de discussão pré-laboratório, em que a professora discutiu os conceitos de massa e volume e foi elaborado o conceito de densidade; a segunda etapa de análise diz respeito ao momento de realização do experimento pelos estudantes, na terceira aula; e o terceiro momento refere-se à discussão final com toda a sala e retomada do conceito.

São consideradas neste trabalho, a frequência com que cada categoria surge no decorrer da construção do conceito de densidade e suas relações com a atividade experimental investigativa.

Para facilitar a visualização, a análise dos dados está disposta em gráficos.

⁸ momentos extraídos de uma aula onde fica evidente o que se quer investigar (Carvalho,2006)

A seqüência de aulas

O objetivo da seqüência de aulas era conceituar densidade, assim a professora inicia a primeira aula com a pergunta: “Como podemos identificar um material?”. Utilizando uma balança e massas idênticas de algodão e de chumbo, a professora, sempre com a participação ativa dos alunos, mostrou que, massas iguais de diferentes materiais podem possuir volumes diferentes. Essa estratégia é de suma importância para a construção do conceito de densidade, pois muitos alunos confundem massa, peso e volume.

A professora procurou, com questões que exigissem comparação e avaliação de condições, que os alunos explicitassem suas idéias sobre o que evidenciaram quando o algodão e o chumbo foram pesados e, se era possível identificá-los, conforme mostra a seqüência de falas no quadro 1:

Discursista	Descrição das falas	Nível cognitivo
Professor	Olha só...as massas são muito próximas... não são iguais mas são muito próximas...é possível identificar o chumbo e o algodão pela massa? ((houve aqui, uma pequena diferença na medidas que não causou nenhuma interferência nos objetivos))	P3: Exige do aluno avaliar condições
Aluno 1	É	
Professor	É por quê?	
Aluno 1	Por que o chumbo é mais pesado (g)	
Professor	O chumbo é mais pesado O chumbo e mais pesado aqui?	
Aluno 1	Não o chumbo é menor que... (h)	
Professor	Neste caso o chumbo é mais leve...e aí?	
Aluno 1	É que a massa dele está mais concentrada (i)	N4. Sugere possível solução,elabora hipótese (g,h,i)

Quadro 1: episódio da primeira aula

O episódio mostra que os alunos começam a elaborar uma hipótese para responder porque, mesmo apresentando a mesma massa, os materiais apresentavam volumes diferentes. Ainda desconhecendo o conceito densidade, os alunos tentaram explicar que o fato é devido à massa do chumbo estar “mais concentrada”, ou seja, o chumbo apresenta um volume menor, pois sua massa está “mais concentrada” que o algodão que apresenta um volume maior.

Na segunda aula, a professora utilizou um experimento demonstrativo investigativo no qual, medindo diferentes volumes de água e determinando suas massas, pretendia que os alunos percebessem que existe uma relação constante entre a massa e volume de uma mesma substância, ou seja, conceituar densidade. A seqüência de falas do quadro 2 mostra a discussão:

Discursista	Descrição das falas	Nível cognitivo
Professor	Por que vocês acham que eu pedi para vocês fazerem a divisão da massa pelo volume?	P3 Exige que o aluno avalie as condições para a resolução do problema
Aluno 5	Para ver a relação	N2 Reconhece a situação, mas não justifica a resposta
Professor	Mas e daí...tá eu sei deu zero vírgula nove e daí? Que conclusão que a gente chegou que a relação massa volume deu zero vírgula nove mais ou menos e que mais que ela é... constante Por que será eu pedi para vocês calcularem essa relação?	P3
Aluno 2	Para saber se quarenta mL era a mesma coisa que quarenta grammas	N4 Analisa as relações causais, propõe uma hipótese
Professor	Que isso me refresca? Para que serve isso? Saber que a relação é zero vírgula nove?	P3
Aluno 2	Para quando você tiver massa saber quanto é o volume e quando você tiver o volume saber quanto é a massa	N4 Analisa as relações causais, propõe uma hipótese

Quadro 2: episódio da segunda aula

Em seguida, a professora realiza o mesmo experimento, só que utilizando álcool, para que os alunos percebam a diferença da relação massa e volume entre duas substâncias.

Na terceira aula, foi feita uma demonstração colocando um ovo em um béquer com água e adicionando posteriormente sal de cozinha à água, com a finalidade de discutir e generalizar mais profundamente o conceito.

As perguntas propostas pela professora nessas três aulas foram analisadas e categorizadas de acordo com a tabela 1, apresentando-se na figura 1.a os dados obtidos.

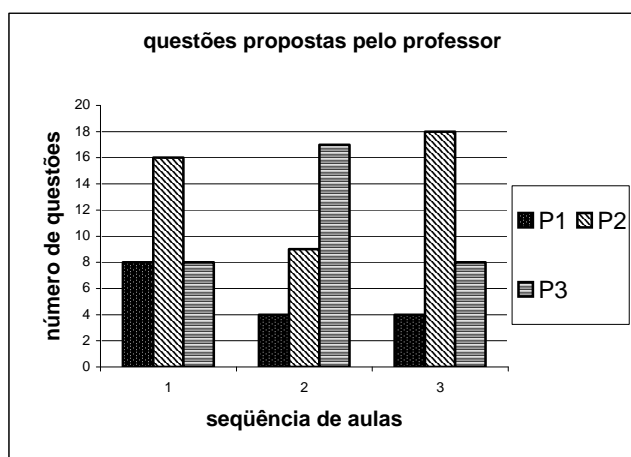


Figura 1a: Nível cognitivo das questões propostas pela professora

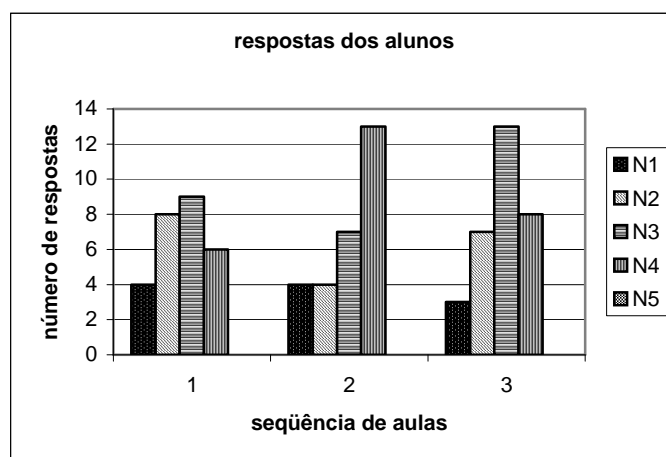


Figura 1b: Nível cognitivo das respostas dos alunos

As respostas dos alunos nessas três aulas foram analisadas e categorizadas de acordo com a tabela 2 e os resultados estão apresentados na figura 1.b. Observa-se um elevado número de respostas que revelam habilidades cognitivas classificadas nos níveis N3 e N4, condizentes com as perguntas da professora, as quais exigem esse tipo de respostas. O objetivo da professora nessas aulas foi o de construir juntamente com os alunos o conceito de densidade, sem introdução da fórmula até o momento em que os alunos percebessem a relação entre massa e volume. A apresentação da relação $d = m/v$ ocorre somente no final da segunda aula. Para isso, a professora propõe questões que exigem comparações, proposições e avaliação de condições, como observado na figura 1.a (P2 e P3). Os objetivos parecem ser atingidos, uma vez que, as respostas dadas exibem processo de controle, análise de variáveis e suas relações causais (Figura 1.b).

Durante o experimento, os alunos, em grupos, tinham como objetivo identificar três materiais sólidos e dois líquidos desconhecidos através de suas densidades, e comparar seus dados com os valores de densidades contidos em uma tabela “padrão”. Simultaneamente, deveriam responder a algumas questões contidas no protocolo de investigação. Das quatro questões propostas pela professora, exemplificadas abaixo, duas pertencem ao nível P2 de cognição (questão 1 e 3) e as outras duas pertencem ao nível P3 de cognição (questão 2 e 4):

Questões referentes aos materiais sólidos:

Questão 1: A densidade permitiu a identificação das amostras recebidas? Por quê?

Questão 2: Você poderia utilizar esse mesmo procedimento para determinar a densidade de uma amostra de sal de cozinha? Por quê?

Questão referente aos materiais líquidos:

Questão 3: A densidade permitiu a identificação das amostras recebidas? Por quê?

Outra questão:

Questão 4: A densidade sempre poderá ser utilizada para identificar um material? Por quê?

Abaixo, seguem as respostas de dois grupos de alunos à questão 1 proposta pela professora:

Grupo	Respostas	Análise
G1	Mais ou menos, porque em alguns casos a densidade desejada não foi encontrada na tabela.	N2
G5	Sim, pois a densidade de cada material na tabela se <u>aproximou</u> dos resultados obtidos	N3

Essa questão exigia dos alunos analisarem a possibilidade da densidade permitir a identificação de um material, ou seja, aplicar o conceito construído. Assim, a professora esperava que os alunos comparassem os valores experimentais com os da “tabela padrão”, pois as densidades obtidas não foram exatamente iguais aos da tabela. Assim, a resposta do grupo 1 evidencia a compreensão do problema, entretanto, diferentemente do grupo 5, o grupo 1 não justificou sua resposta utilizando a aproximação dos resultados.

As respostas dos alunos para as quatro questões estão organizadas na figura 2.

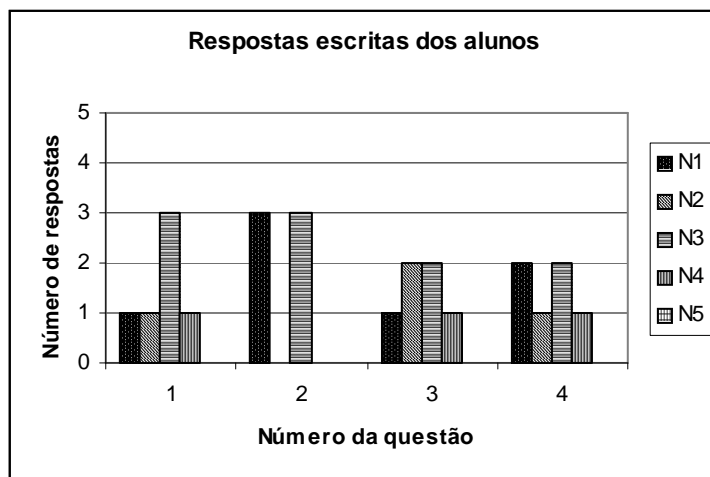


Figura 2: Nível de cognição das respostas escritas dos alunos durante o laboratório

A maior parte das respostas dos grupos participantes enquadra-se no nível N3 de habilidades cognitivas, e apenas três delas no nível N4. A questão 2, classificada como nível P3 de exigência da professora, mostrou que os alunos elaboraram respostas categorizadas no nível N1 ou N3. Essa questão exigia que os alunos exibissem a capacidade de relacionar a impossibilidade de medir o volume final de um sólido ao dissolvê-lo em água para determinar sua densidade. Nenhum grupo conseguiu explicar satisfatoriamente a questão, exibindo a capacidade de analisar as variáveis e suas relações causais, ou seja, que ao dissolver o sal seria impossível medir o volume final do sólido. Os grupos classificados no nível N1 não compreenderam o problema e forneceram respostas não condizentes para a sua resolução.

Das três respostas classificadas no nível N4, duas pertencem ao mesmo grupo, o que evidencia que os outros grupos não conseguiram avaliar todas as condições necessárias para a resolução do problema experimental.

Após a realização do experimento, a professora discutiu com toda a classe os resultados obtidos pelos grupos. De 18 questões apresentadas pela professora para discussão, 11 foram classificadas no nível P3 de cognição. Os alunos manifestaram, coincidentemente, 18 respostas às questões propostas pela professora. Oito dessas respostas foram classificadas no nível N4 de cognição e quatro questões foram classificadas no nível N3 de cognição. O restante foi classificado no nível N1 ou N2. A seqüência de falas descritas no quadro 3 evidencia a discussão pós-laboratório:

Discursista	Descrição das falas	Nível cognitivo
Professor	A leitura do volume...tá o jeito que você joga o sólido pode causar uma diferença na leitura de volume né... isso pode ter esse problema Mas eu queria que vocês pensassem numa outra razão Por que a densidade obtida pode não ter sido exatamente a densidade padrão do material que eu peguei lá no material... Então lá... densidade do cobre tanto...?	P3
Aluno 1	Porque o material pode não ser cem por cento cobre cem por cento zinco (a)	
Professor	Perfeito... olha só o que o Al 1 colocou vocês ouviram?	

	Al 1 você estava me falando que o material pode não ser cem por cento	
Aluno 1	Cobre ou zinco ou o material que você está querendo determinar a densidade (b)	
Professor	Se tiver uma outra coisa misturada no material o que pode acontecer com a densidade?	P 3
Aluno 1	Pode ser maior ou menor (c)	N4: elaboração de hipótese (a,b,c)
Professor	Isso então olha aqui	

Quadro 3: trecho da transcrição da quarta aula

Na quarta e última aula, a professora propõe outras questões para aprofundamento, entretanto essas questões não foram discutidas em sala de aula. Três questões foram elaboradas: duas de nível P2 (questão 1 e 2) e uma de nível P3 (questão 3). Apenas vinte dos trinta alunos entregaram os questionários para a professora, e puderam ser xerocados e analisados. As questões 1 e 2 apresentam dezenove respostas e não vinte pois, duas respostas estavam incompreensíveis e não foram consideradas na análise. Apresentam-se abaixo, duas das questões propostas pela professora e algumas respostas dos alunos analisadas segundo os referenciais desta pesquisa.

Questão proposta pela professora

Questão 1: A densidade pode ser utilizada para auxiliar na identificação de um material? Por que?

P2 : Aplicar conceitos para explicar o problema

Respostas dos alunos

Alunos	Respostas	Análise
Aluno 1	Sim, pois toda massa e volume precisam ser iguais	N 1 Não reconhece a situação problema
Aluno 11	Se houver uma tabela com a densidade de cada material, a identificação será possível, pois o resultado poderá ser comparado com ela, caso contrário não	N4 Seleciona informações relevantes, analisa as variáveis.

Questão proposta pela professora

Questão 3 : Sabendo que o gelo flutua na água, discuta se a temperatura pode ou não afetar a densidade de um material?

P3: Avaliar condições, propor hipóteses

Respostas dos alunos

Alunos	Respostas	Análise
Aluno 1	Sim, pode afetar, pois se a água estiver quente, o gelo derrete mais fácil, e logo sua densidade diminui	N1 Não compreendeu o problema
Aluno 2	Quer dizer que o gelo é menos denso do que a água por isso que ele flutua na água	N2 ((não se refere à temperatura))
Aluno 6	A temperatura pode influenciar, porque o gelo possui o mesmo material que a água, só que em baixa temperatura	N4 Analisou as variáveis e suas relações causais

Os níveis cognitivos das respostas dos alunos são apresentados na figura 3.

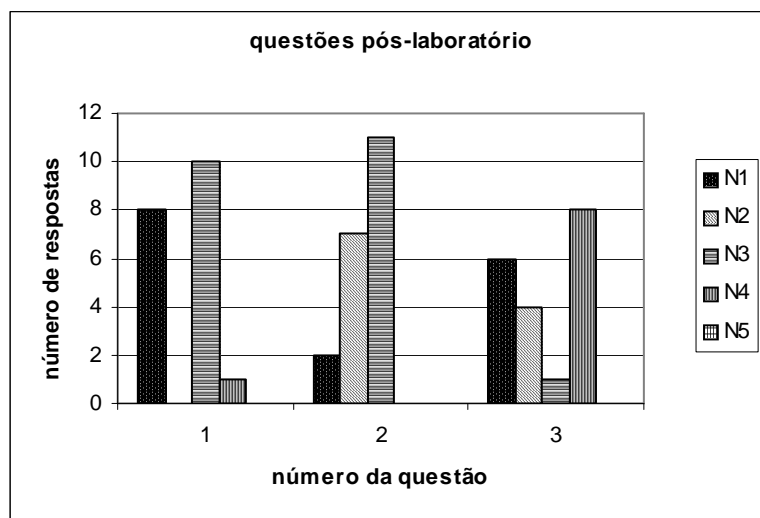


Figura 3: Nível de cognição das respostas dos alunos na aula pós-laboratório

Um elevado número de respostas de nível N1 ainda persiste no fechamento do assunto. Verificou-se que os alunos que apresentaram essas respostas lembram-se do conceito, pois respondem às questões com argumentos discutidos em sala de aula ou no experimento, mas não conseguem resolver os problemas analisando os processos de controle de variáveis e suas relações causais, o que evidencia a não compreensão dos significados conceituais necessários para sua resolução. O aluno lembra o que é densidade, principalmente devido à realização do experimento, mas quando é questionado a explicar se a temperatura influencia a densidade de um material, como por exemplo, a flutuação do gelo na água, não relaciona o fato de a água, no estado líquido e sólido, constituir o mesmo material analisado, e algumas vezes responde que o gelo derrete diminuindo sua densidade, o que nos leva a considerar que o aluno não compreendeu o conceito e só relatou dados lembrados.

Nenhuma questão em nenhum momento da sequência de aulas foi classificada no nível N5 de habilidades cognitivas, talvez pelo fato de a professora não proporcionar momentos que exigissem tal nível, ou questões que permitissem a elaboração de respostas com habilidades de generalização.

Constata-se um grande número de respostas de nível N4, nível este que exige habilidades cognitivas de alta ordem, como analisar e avaliar as variáveis, propor hipóteses para a solução do problema e análise das relações causais, condizentes com a questão proposta pela professora, a qual exige estes tipos de raciocínios.

É importante também verificar, que o número de respostas N3 e N4 nas primeiras três aulas é maior se comparado com o nível de cognição das respostas dos alunos no fechamento do conceito, que ainda apresenta um elevado número de respostas N1. Estes resultados podem estar relacionados ao fato dessas últimas três questões propostas requererem respostas escritas, e a escrita, conseqüentemente, exigir maior esforço cognitivo dos alunos para sintetizar suas idéias e elaborar uma resposta plausível e compreensível por outros. Outro fator pode estar relacionado à intervenção da professora, uma vez que nas primeiras aulas a professora estava presente na discussão auxiliando os alunos para a elaboração de respostas mais completas, o que não aconteceu na última aula,

pois os alunos deveriam sozinhos construir um raciocínio que respondesse às questões propostas.

Considerações finais

As demonstrações realizadas pela professora se caracterizam como atividades investigativas, pois envolvem a participação ativa dos alunos na resolução de um problema proposto, permitindo que esses questionem, explicitem suas idéias, discutam com seus pares e elaborem hipóteses (CARVALHO et al. 1999).

As atividades também evidenciam os argumentos defendidos por Shiland (1999), uma vez que a professora inicia a aula com uma questão problema através de um experimento investigativo, podendo desta forma, identificar as concepções alternativas dos estudantes, permitindo que estes participem das discussões, elaborem hipóteses e analisem os dados para alcançarem uma possível solução para o problema.

Partindo de experimentos demonstrativos investigativos, a professora discutiu com os alunos os conceitos de massa, volume e densidade, permitindo a participação de todos nas aulas, mediando a interação com questões elicitativas e não com questões avaliativas, contribuindo para a construção do conhecimento científico escolar.

A análise da seqüência de quatro aulas para a construção do conceito de densidade, discutida neste trabalho, evidencia grande participação dos alunos na elaboração de hipóteses e respostas de alta ordem cognitiva. Para Gil-Perez et al. (2005), a hipótese tem um papel articulador e dialógico entre as teorias, as observações e as experimentações. Conforme mostram as falas, as demonstrações realizadas pela professora juntamente com os questionamentos por ela apresentados, parecem ter permitido momentos que privilegiam habilidades cognitivas de nível N3 e N4, contribuindo significativamente para a elaboração de hipóteses.

Por mais que a grande parte das respostas tenha se enquadrado no nível N3, classificadas ainda como nível de respostas de baixa ordem cognitiva, há de se considerar que é um fator relevante para a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem requerida para a compreensão do conceito no fechamento do assunto, no qual os alunos já apresentam argumentos e raciocínios suficientes para responder às questões que exigem levantamento de hipóteses e avaliação de condições.

A presença de um grande número de respostas de baixa ordem cognitiva e algorítmica pode estar relacionada com o grau de exigência do pesquisador em relação às habilidades cognitivas exigidas, conforme argumenta Stamoivlasis et al. (2005), uma vez que o mesmo nível N3 considerado nesta pesquisa como baixa ordem cognitiva poderia ser considerado por outro pesquisador, em outra situação, como alta ordem cognitiva.

Verifica-se que os níveis cognitivos das respostas elaboradas pelos alunos estão relacionados com os níveis cognitivos das questões propostas pela professora. Ou seja, quando a professora questiona os alunos para recordar algo (questões de nível P1), as respostas dos alunos são condizentes com o nível exigido, geralmente de nível N1 ou N2 de cognição. Porém, quando a professora exige capacidade de avaliação ou elaboração de respostas, os alunos apresentam raciocínios de alta ordem cognitiva, como controle de variáveis e suas relações causais. Segundo Yarden et al. (2001), em uma pesquisa realizada para identificar o nível cognitivo das perguntas elaboradas por alunos, o nível cognitivo de certas questões feitas pelos estudantes foi determinado pelo tipo de questão requerida pelo

professor. Essas afirmações fortalecem a importância da mediação do professor na construção do conhecimento pelos alunos.

Contudo, pode-se considerar que o conjunto de atividades experimentais desenvolvidas para a construção do conceito de densidade alcançou, em sua maioria, respostas e questões de nível N3. Estes resultados contribuem para o processo de elaboração de respostas de nível N4 no fechamento do assunto.

Pode-se considerar também que, alcançar as habilidades cognitivas exigidas no nível N3, parece ser mais complexo do que está proposto, ou seja, identificar variáveis, estabelecer processos de controle e encontrar uma possível solução para o problema exige grande esforço cognitivo por parte do aluno, o qual muitas vezes, não apresenta conceitos suficientes para alcançar tal exigência, ou por vezes não é estimulado ou conduzido pelo professor a pensar de tal modo. Talvez o nível N3 possa ser entendido como uma transição entre os LOCS e HOCS.

Para Zoller (2002), o bom resultado dos alunos em questões algorítmicas não implica bom resultado em questões HOCS ou LOCS; e os alunos consideram as questões HOCS as mais difíceis. Em outras palavras, êxito em qualquer uma das categorias não sugere êxito em outra questão de qualquer outra categoria.

Em geral, os alunos utilizaram corretamente o conceito em situações problemas e participaram na análise e elaboração de hipóteses para as situações não familiares propostas pela professora. Verifica-se neste trabalho, que o instrumento de análise elaborado e utilizado pelas pesquisadoras é eficaz para a interpretação dos resultados, podendo contribuir para uma reflexão quanto ao estilo de experimentação executada em sala de aula, fortalecendo a argumentação a favor de atividades experimentais desenvolvidas em um ambiente construtivista e investigativo direcionados para o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem nos alunos de ensino médio.

Referências

BASTOS, F; NARDI, R.; DINIZ, R. E. S.; CALDEIRA, A.M. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciências: revisitando os debates sobre Construtivismo. In: BASTOS, F. et al. **Pesquisa em ensino de Ciências** : contribuições para a formação de professores. 1ª. edição. São Paulo: Escrituras Editoras, 2004.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal, Porto Editora, 1994.

CARVALHO, A. M. P. ; SANTOS, E. I. ; AZEVEDO, M. C. P. S. ; DATE, M. P. S. ; FUJII, S.R.S.; NASCIMENTO, V. B. . **Termodinâmica**: Um ensino por investigação. 1ª ed. São Paulo: Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação, 1999. 123 p.

CARVALHO, A.M.P; OLIVEIRA, A.M.A. Escrevendo nas aulas de Ciências. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. <
<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/comunicacoes/co102-2.pdf>., 2004.

> Acesso em: 24 de junho de 2008.

- CARVALHO, A.M.P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. IN: SANTOS, F.M.P.; GRECA. **A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias**. 1^a. edição. Ijuí; Editora Unijuí, 2006. p.13-48.
- GABEL, D. L.; SHERWOOD, R. D.; ENOCHS, L. Problem-solving skills of high school chemistry student. **Journal of Research in Science Teaching**, 21, p. 221–233, 1984.
- GARCIA BARROS, S; MARTINEZ LOSADA, M.C.; MONDELO ALONSO, M. El Trabajo Práctico, Una Intervencion para La Formacion de Profesores. **Enseñanza de Las Ciências**, 13(2), p.203-209, 1995.
- GIL-PEREZ, D; VALDÉS CASTRO, P. La orientacion de Las Prácticas de Laboratorio con Investigacion: Um Ejemplo Ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciências**, 14(2), p.155-163, 1996.
- GIL-PEREZ, D.; CACHAPUZ, A.; CARVALHO, A.M.P.de; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A Necesária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.
- GONZALES, E.M. Que Hay de Renovar en Los Trabajos Prácticos? **Enseñanza de Las Ciências**, 10(2), p.206-211, 1992.
- HODSON, D. Hacia um Enfoque más critico del Trabajo de laboratorio. **Enseñanza de Las Ciências**, 12(3), p.299-313, 1994.
- HODSON, D. A critical look at practical work in school science. **School Science Review**, 71, p. 33-40, 1990.
- HODSON, D. Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory: A Critical Look at the Research. **Educación Química**, 16(1), p.30-38, 2005.
- HOFSTEIN, A.; NAVON, O.; KIPNIS, M.; MAMLOK-NAAMAN, R. Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. **Journal of Research in Science Teaching**, 42 (7), p. 791-806, 2005.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. The laboratory in science education: foundations for twenty-first century, **Science Education**, 88, 28- 54, 2004.
- LIMA, V.A.de. **Atividades Experimentais no Ensino Médio – Reflexão de um Grupo de Professores a partir do Tema Eletroquímica**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- MALAVAR, M.; PUJOL, R.; MARTINEZ, A. Análisis de actividades y preguntas propuestas sobre el tema de la estructura de la materia en textos universitarios de Química General. **Educacion Química**, 16 (1) p. 93-98, 2005.
- MORAES, R. Mergulhos discursivos: análise textual qualitativa entendida como processo integrado de aprender, comunicar e interferir em discursos. In: GALIAZZI, Maria do Carmo; FREITAS, J.V. (Org.) **Metodologias emergentes de pesquisa em educação ambiental**. Ijuí: Editora Unijuí, 2005, p.86-114.
- RIVARD, L.P.; STRAW, S.B. The effect of talk and writing on learning science, an exploratory study. **Science Education**, 84(5), p. 566-593, 2000.
- SHEPARDSON, D.P.; PIZZINI, E.L., Questioning levels of Junior high school science textbook and their implicatinons for learning textual information. **Science Education**, 75 (6), 673-688, 1991.

SHILAND, T. W. Construtivismo: Implicações para o Trabalho de Laboratório. **Journal of Chemical Education**, 76 (1), 107-109, 1999.

TEIXEIRA, O.P.B. **Desenvolvimento do conceito de calor e temperatura: a mudança conceitual e o ensino construtivista**. Tese de doutorado. Faculdade de Educação. USP, São Paulo, 1992.

VILLANI, A. ; PACCA, J.L.A. Construtivismo, Conhecimento Científico e Habilidade Didática no Ensino de Ciências. **Revista da Faculdade de Educação da USP**, 23 (1/2) p.196-214, 1997.

STAMOVLASIS, D.; TSAPARLIS, G; KAMILATOS, C; PAPAIOIKONOMOU, D; ZAROTIADOU, E. Conceptual understanding versus algorithmic problem solving: Further evidence from a national chemistry examination. **Chemistry Education Research and Practice**, v.6(2), p. 104-118, 2005.

WATSON, R.; PRIETO, T.; DILLION, J. S. The Effect of Practical Work on Students Understanding of Combustion. **Journal of Research in Science Teaching**. 32 (5), p. 487-50, 1995.

YARDEN, A., BRILL, G.; FALK, H. Primary literature as a basis for a high-school biology curriculum. **Journal of Biology Education**, 35, 190–195, 2001.

ZOLLER, U. Are lecture and learning: are they compatible? Maybe for LOCS: unlikely for HOCS. **Journal of Chemical Education**, v 70(3), p. 195-197, 1993.

ZOLLER, U., DORI Y.; LUBEZKY, A. Algorithmic and LOCS and HOCS (Chemistry) Exam Questions: Performance and Attitudes of College Students. **International Journal of Science Education**. 24 (2), p.185-203, 2002.

ZOLER, U. ; PUSHKIN, D. Matchng higher-order cognitive skills (HOCS) promotion goals with problem-based labratory practice in a freshman organic chemistry course. **Chemistry Education Research and Practice**, 8 (2), p. 153-171, 2007.

ZULIANI, S.R.Q.A. **A utilização da Metodologia Investigativa na Aprendizagem de Química Experimental**. Tese (mestrado em Educação para as Ciências) - UNESP, Bauru, 2000.

Recebido julho de 2008, aceito em agosto de 2008.