

O POTENCIAL DA EXPERIMENTAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES COGNITIVAS E NA CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS DE FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

THE POTENTIAL OF EXPERIMENTATION IN COGNITIVE SKILLS DEVELOPMENT AND IN KNOWLEDGE CONSTRUCTION IN ELEMENTARY SCHOOL PHYSICS

Eduardo Kojoy Takahashi¹

Leandro Silva Moro²

RESUMO: Neste trabalho procurou-se investigar o potencial da experimentação no desenvolvimento de habilidades cognitivas e na construção dos conhecimentos de física no ensino fundamental. Para tanto, usou-se como referencial a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A pesquisa foi realizada com 15 estudantes do 9º ano do ensino fundamental, divididos em dois grupos e pertencentes a uma escola pública municipal da cidade de Uberlândia, estado de Minas Gerais. A metodologia das aulas ancorou-se na dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos, de Delizoicov, Angotti e Pernambuco. Os resultados obtidos sinalizam que as atividades realizadas permitiram incitar os estudantes e possivelmente elevar o nível do processo cognitivo, pois se exigiu destes a capacidade de estabelecer relações entre o que sabiam no âmbito da Física e o problema que lhes era apresentado. Assim, considera-se que a experimentação contribui efetivamente no desenvolvimento de habilidades cognitivas, pois propicia uma atitude mais ativa dos alunos, permitindo que sejam desafiados e vivenciem algumas condições importantes para o processo de ensino-aprendizagem: manipulação de objetos e de ideias concomitantemente.

Palavras-chave: Experimentação. Ensino-Aprendizagem de Física. Habilidades Cognitivas. Aprendizagem Significativa. Ensino Fundamental.

ABSTRACT: In this work we investigated the potential of experimentation in cognitive skills development and in knowledge construction in elementary school physics. We have used the Ausubel's Meaningful Learning Theory as reference. The research was conducted with fifteen students attending the 9th grade of elementary school, divided into two groups, and belonging to a public school in the city of Uberlândia, Minas Gerais. Regarding classroom methodology, we have used the dynamics of the Three Pedagogical Moments, as proposed by Delizoicov, Angotti and Pernambuco. The results indicated that the proposed activities permitted encourage students and possibly raise their level of cognitive process, once it was required of them the ability to establish relationships between what they knew in Physics and the problem that was presented to them. Thus, it is considered that experimentation contributed effectively in developing cognitive skills, because it enables more active students, allowing them to be challenged and to experience some important conditions for the teaching-learning process: manipulation of objects and ideas concurrently.

Keywords: Experiment. Teaching-Learning in Physics. Cognitive Skills. Meaningful Learning. Elementary School.

¹ Doutor em Física. Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Física/ Programa de Pós-Graduação em Educação. E-mail: Faculdade de Educação/ektakahashi@ufu.com

² Mestre em Educação. Universidade Federal de Uberlândia/Programa de Pós-Graduação em Educação/Faculdade de Educação. E-mail: leandrofisicaufu@yahoo.com.br

Introdução

Embora as ciências (Física, Química, Biologia, entre outras) já existam há mais de quatro séculos (COSTA, 1997) como construções humanas, norteadas pelo método científico estruturado na experimentação e na matematização, o seu “ensino formal” no Brasil é relativamente novo quando comparado ao de Português e Matemática, pois data do século passado (CANAVARRO, 1999). Tal autor aponta que foi somente por volta de 1930, conforme o artigo 8º do Decreto-Lei nº 8.529, de 2 de janeiro de 1946, que ocorreu a inclusão do ensino de Ciências no ensino fundamental. Em 1960 ocorreu o mesmo no ensino médio, com exceção da Biologia, cujo estudo começou no início do século XX. No entanto, até a década de 1970, a Física era ensinada apenas aos estudantes que pretendiam ingressar em cursos superiores na área de Ciências (MINAS GERAIS, 2005).

Segundo Delizoicov e Angotti (1994), é possível identificar que nas décadas de 1950 e 1960 apareceram os primeiros modelos brasileiros de ensino de Ciências, fortemente influenciados por padrões de outros países, como Estados Unidos e Inglaterra. Com base em Krasilchik (2000), deve-se levar em conta a criação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação nº 4024, no ano de 1961, a qual deu maior ênfase às cargas horárias das disciplinas de Química, Biologia e Física.

Somam-se a isso o aparecimento e o desenvolvimento da pesquisa em ensino-aprendizagem de Física no âmbito dos programas de Pós-Graduação em Educação em Ciências, bem como a sua disseminação em inúmeros congressos e revistas científicas, que passaram a ser as principais referências utilizadas em busca da produção de conhecimentos nesse campo do saber e do anseio pela melhoria do ensino-aprendizagem de Física (DELIZOICOV, 2007).

Nesse sentido, Nardi (2007, p. 358) esclarece que “a própria maneira de fazer ciência vem se modificando.” Todavia, desde o início da incorporação da disciplina nos currículos escolares no Brasil o ensino-aprendizagem de Física tem pouca ênfase dentro da educação básica, apesar da forte presença da tecnologia na vida das pessoas e do lugar central que a inovação tecnológica detém como elemento de competitividade entre as empresas e as nações no cenário mundial (PIETROCOLA, 2005). Acrescentam-se a isso outras evidências da importância da Física, a qual provê leis e teorias necessárias ao entendimento das demais ciências (das quais a Física depende), e estimulam-se saberes distintos de muitas outras áreas do conhecimento, como o raciocínio abstrato, mecânico, espacial e numérico, bem como a capacidade de resolução de situações-problema.

Por outro lado, deve-se alegar que, mesmo sem ter acesso a uma educação considerada oficial, muitas pessoas semianalfabetas conseguiam – e supõe-se que outras tantas ainda consigam criar e inventar artefatos que resolvam problemas diários em suas vidas – reutilizar objetos simples; construir ferramentas de trabalho como instrumentos de corte, de sustentação e de transporte (sobretudo no meio rural); projetar dispositivos para captação e distribuição de água para consumo próprio e de outros animais (principalmente na zona rural); fazer instalações elétricas em residência etc. Então, surgem alguns questionamentos: por que a educação científica formal não tem contribuído significativamente para a formação de pessoas mais criativas, inventivas e descobridoras? Qual é o problema da educação científica com relação à capacidade de estimular habilidades cognitivas e práticas?

Por conta de questões dessa natureza e dos pressupostos levantados até então, acredita-se que uma maior ênfase na experimentação possa contribuir para o desenvolvimento de atitudes mais criativas.

Tendo em vista essa realidade e o contexto esboçado do estudo, o problema que norteia esta pesquisa é o seguinte: em que medida a experimentação propicia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e a construção de conhecimentos de Física em alunos de uma turma de 9º ano do ensino fundamental de uma escola pública municipal de Uberlândia-MG?

Não raro alunos questionam durante aulas de Física o funcionamento de diversos objetos e instrumentos, simples ou não, que fazem parte de seu cotidiano. Isso evidencia, em certa medida, o fato de não conseguirem interagir com tais materiais de forma profícua. Contudo, no âmbito do

ensino-aprendizagem dessa disciplina, não se trata de disponibilizar um grande aparato tecnológico para a sala de aula ou o laboratório com o intuito reduzido de refutar questionamentos dessa natureza por meio de demonstrações. Sabe-se que muitos cientistas fizeram grandes descobertas com materiais considerados simples e que tais materiais no mundo hodierno estão ao alcance de grande parte das pessoas.

Ademais, admite-se que a construção de experimentos exige que os estudantes sejam ativos, manipulem objetos, questionem, testem suas ideias prévias, usem a imaginação e a criatividade. Isso sugere que uma melhoria significativa do ensino-aprendizagem de Física passa pela introdução de aulas práticas no currículo. Entretanto, deve-se enfatizar que não basta ilustrar as aulas da disciplina com simples aplicações demonstrativas da Física ou levar os estudantes ao laboratório da escola ou outro ambiente onde possam realizar atividades práticas e/ou investigativas a fim de que as aulas sejam mais atraentes ou interessantes. As atividades precisam ser desafiadoras e capazes de instigar os discentes a pensarem na construção e no funcionamento dos artefatos com os quais se deparam e/ou interagem, para que dessa maneira possam fazer conexões com o “mundo” que os cerca.

Tais reflexões apontam na mesma direção dos estudos de Valadares (2001, 2005), Laburú, Barros e Kanbach (2007), Barolli e Franzoni (2008), Abrahams e Millarb (2008) e Souza et al. (2009). Em resumo, esses trabalhos apontam que atividades práticas podem ser relevantes para o ensino-aprendizagem de Física, pois a experimentação propõe estimular os alunos a adotarem uma atitude investigativa, inventiva, crítica (por meio de comparações e confrontos de ideias), descobridora e empreendedora.

Assim, acredita-se que as atividades experimentais conduzidas como uma aprendizagem orientada para a descoberta, compatível com os teóricos Ausubel, Novak e Hanesian (1980), possam levar a uma “aprendizagem significativa”, pois envolvem a relação do fazer com a reflexão crítica, estimulando uma postura de associação entre os conhecimentos teóricos e práticos na sua realização. Em detalhes, acredita-se que tarefas dessa natureza possam ser classificadas como situações de aprendizagem significativa que auxiliam no desenvolvimento de habilidades cognitivas e na construção de conhecimentos de Física.

Dessa forma, entende-se como habilidades cognitivas aquelas relacionadas à organização e ao uso do conhecimento (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – Inep, 1999), uma vez que tais habilidades devem indicar a facilidade do estudante em lidar com algum tipo de informação. Ainda tomando como referência o Inep (1999) e a concepção de habilidades cognitivas neste estudo, prima-se pela resolução de problemas por meio do levantamento de hipóteses, que é inerente à atividade experimental e que por isso deve ser explorada, pela capacidade de relacionar o problema com modelos físicos estudados por intermédio de comparações e pela generalização de uma situação à outra.

Ora, isso não significa admitir, via de regra, que se pode propiciar o desenvolvimento de habilidades cognitivas ou adquirir uma compreensão de conceitos teóricos por meio de experimentos com materiais simples em alunos do 9º ano do ensino fundamental (etapa em que se realizou a pesquisa) ou de outra série subsequente, mas que as dimensões teórica e empírica do conhecimento científico não estão isoladas (VALADARES, 2001).

A pesquisa em questão foi realizada em uma turma constituída por 33 alunos do 9º ano do ensino fundamental, em uma escola pública municipal de Uberlândia, Minas Gerais. Porém, somente 15 manifestaram interesse em participar do estudo do começo ao fim. Os demais desistiram em diferentes momentos, ou não quiseram participar desde a apresentação da proposta de pesquisa.

Em face disso, ao buscar estudar o potencial da experimentação no ensino fundamental com os referidos alunos, pretendeu-se, em minúcias: articular experimentos de Física de maneira problematizadora e investigativa; utilizar atividades que envolvem conceitos de Física familiares aos alunos visando à ocorrência de aprendizagem significativa; permitir ao alunado perceber o papel do conhecimento físico no entendimento do “mundo” por meio da realização de experimentos simples;

estimular o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos adolescentes por meio da realização de experimentos simples.

Fundamentação teórica

Para o desenvolvimento desta investigação, aportou-se na Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel (1918-2008) na década de 1970. Tal teoria procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento. Para Ausubel, o termo “estrutura cognitiva” significa uma estrutura hierárquica de conceitos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

De acordo com essa teoria, os conhecimentos prévios “**subsunçores**” dos aprendizes são imprescindíveis para garantir a assimilação de novos conceitos e de proposições na estrutura cognitiva destes e para possibilitar a construção de significados ou de estruturas mentais que permitam redescobrir outros conhecimentos, caracterizando, dessa maneira, uma aprendizagem verdadeiramente significativa e eficiente (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Em Física, por exemplo, se o conceito de força existe na estrutura cognitiva dos discentes, servirá de subsunçor (ponto de ancoragem) para novas informações referentes a certos tipos de forças, como peso e tração.

Desse modo, acredita-se que os novos conhecimentos, ao interagirem com subsunçores específicos, modificam-nos, e estes tendem a se tornar mais abrangentes, podendo servir de âncora para a aquisição de outras informações, propiciando a ocorrência da aprendizagem significativa.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) depreendem que esse processo recebe o nome de reconciliação integrativa, pois propicia uma integração do significado do novo conceito ou da nova proposição na estrutura cognitiva existente. Esses teóricos ainda sugerem levar em conta que em um processo de ensino-aprendizagem o aprofundamento de conceitos estudados pode ocorrer da mesma forma, o que denominam de princípio da diferenciação progressiva como resultado de uma “negociação” de significados.

Seguindo esses posicionamentos e com base nas características do trabalho experimental, acredita-se que a ênfase em habilidades cognitivas (levantamento e teste de hipóteses, estabelecimento de comparações e generalizações) voltadas para a construção de conhecimentos pode representar um processo de reelaboração de um conhecimento mais significativo para os estudantes.

Pode-se, então, inferir que ocorre aprendizagem significativa de um determinado conceito quando este se relaciona de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária (não aleatória) com outros conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Em suma, Ausubel, por meio de sua teoria, defende que o ensino-aprendizagem deve partir do que o sujeito sabe e não do que ele não sabe.

Em contrapartida, quando o conteúdo escolar ensinado/apreendido não se “liga” a algo conhecido, ocorre a chamada “aprendizagem mecânica”, isto é, as novas informações são “aprendidas” sem interagir com os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva dos discentes. Contudo, quando um indivíduo adquire informações numa área completamente nova, ocorre a aprendizagem mecânica até que alguns elementos de conhecimento, novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de âncora (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Os referidos autores sustentam a ideia de que se os aprendizes não conseguiram resolver um problema, isso não significa que eles tenham somente memorizado os princípios e conceitos relevantes à solução do problema, pois implica também a exigência de habilidades cognitivas como testar e relacionar ideias, além da compreensão e de procedimentos previamente adquiridos.

No tocante à forma como ocorre a interiorização da informação, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) alegam que esta pode ocorrer por meio dos seguintes métodos: por recepção ou por descoberta, sendo que, no caso escolar, geralmente tal descoberta não ocorre de forma autônoma por parte dos alunos, e sim sob orientação do docente. Assim, adota-se a concepção de “Aprendizagem Orientada para a Descoberta”, que é mais apropriada do que “Aprendizagem por Descoberta Autônoma”.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) propõem que, na “Aprendizagem por Recepção”, o que deve ser aprendido é exposto pelo professor aos aprendizes em sua forma final (proposição a ser compreendida ou memorizada), e estes podem ou não conseguir estabelecer ligações com conceitos prévios relevantes existentes em sua estrutura cognitiva.

Por outro lado, na “Aprendizagem Orientada para a Descoberta”, o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelos estudantes por meio “de proposições que representem ou a solução para problemas sugeridos ou sequência de etapas para a sua solução” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 51). Para que tal conduta discente seja eficaz, deve ser mediada pela atuação do docente, que deve questionar e orientar os alunos, ajudando-os a apreender. Entretanto, ainda que use tal método, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo “descoberto” estabelecer ligações com subsunçores relevantes e efetivos da estrutura cognitiva dos alunos.

De acordo com a concepção ausubeliana, no que se refere à aprendizagem de conteúdos de Física, por exemplo, o que for descoberto pode se tornar significativo, da mesma forma que aquilo que for apresentado aos estudantes na aprendizagem receptiva. Contudo, Chalmers (1993) é taxativo ao afirmar que os aprendizes não pensam tendo por base quadros de referência teóricos, mas, sobretudo observam e acreditam no que veem.

Assim, entende-se que o processo de estimular a descoberta do conhecimento a ser aprendido deve ser o principal diferencial das aulas práticas, embora deva-se considerar também que o ensino-aprendizagem seria ineficiente se os alunos tivessem de redescobrir todos os conteúdos para que a aprendizagem fosse significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Desse ponto de vista, o método da “Aprendizagem Orientada para a Descoberta” pode ser especialmente adequado a certas finalidades, como, por exemplo, a aprendizagem de procedimentos científicos em uma disciplina, como no caso da Física, porém, para a aquisição de grandes corpos de conhecimento, pode não ser factível.

Para que as estratégias de ensino-aprendizagem propiciem uma aprendizagem significativa, algumas condições necessitam ser observadas (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). São elas:

- **Identificar o que o estudante já sabe**, isto é, a estrutura em que irá ancorar os novos saberes.
- **O aluno precisa estar disposto a aprender**. É necessário que o aprendiz queira relacionar o(s) novo(s) conhecimento(s) de maneira: (i) não arbitrária, isto é, que a nova informação não se relacione com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas com os subsunçores; e (ii) substantiva (não literal), o que significa incorporar à estrutura cognitiva do aprendiz a substância do novo conhecimento e não as palavras usadas para expressá-lo.
- **O conteúdo a ser ensinado/aprendido necessita ser potencialmente significativo**, apresentar uma ordem lógica. “Os fatores mais significativos que influenciam o valor, para o aprendizado, dos materiais de ensino, referem-se ao grau em que estes materiais facilitam uma aprendizagem significativa” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 293).

Tendo esse referencial teórico como base, procurou-se tecer uma metodologia de aula que pudesse de algum modo levar os discentes a manifestarem uma disposição para relacionar, de modo não arbitrário e não literal, o que estava sendo proposto com o que estava presente em sua estrutura cognitiva, com o intento de desenvolver habilidades cognitivas e propiciar uma aprendizagem significativa de alguns conceitos de Física.

Metodologia

A pesquisa que se delinea é empírica, descritiva e possui uma metodologia que privilegia a abordagem qualitativa. Utiliza-se essa abordagem, pois sua principal característica é a sua natureza interpretativa, que permite uma diversidade de enfoques para compreender o objeto de estudo.

Para Bogdan e Biklen (1994), a investigação qualitativa “exige que o mundo seja examinado com a ideia de que nada é trivial, que tudo tem potencial para constituir uma pista que nos permita estabelecer uma compreensão mais esclarecedora do nosso objeto de estudo” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 49).

Quanto à metodologia das aulas, adotou-se a dinâmica didático-pedagógica fundamentada numa abordagem temática conhecida como os “Três Momentos Pedagógicos”, a qual passou a ser disseminada a partir dos anos 1980 (DELIZOICOV, ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007). Essa dinâmica é dividida da seguinte forma: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

Além disso, durante o desenvolvimento do estudo, foram trabalhados nas aulas conteúdos de Mecânica (movimento, força e equilíbrio de corpos, dentro e fora da água), partícipes do referido currículo dos alunos. A seguir detalha-se cada um dos momentos mencionados que foram planejados pelo professor, que também era o pesquisador.

Problematização inicial

Consistiu na aplicação de uma atividade prévia aos estudantes e foi empreendida na primeira aula, com duração de 50 minutos. Foram apresentadas situações reais que possivelmente faziam parte do universo temático dos estudantes. Tais situações se relacionavam com o tema e com os conteúdos que seriam trabalhados durante as atividades práticas posteriores.

Organização do conhecimento

Momento composto por duas aulas com cada grupo e com duração de 50 minutos. Para tal, os alunos se dividiram em dois grupos alternadamente para realizar as aulas no laboratório (lugar disponibilizado pela escola, mas poderia ter sido uma sala de aula). Em ambos os grupos, cada aluno, disposto em dupla, também recebeu um material que continha questões investigativas e norteadoras da atividade, as quais deveriam ser respondidas à medida que a dupla construísse o artefato.

Para efeito desta pesquisa os participantes, em ambos os grupos, foram reconhecidos por nomes fictícios que não possuem nenhuma relação com seus nomes verdadeiros, a fim de não serem reconhecidos. A divisão em dois grupos seguiu o que era adotado pela professora de laboratório de Ciências da escola.

Procurou-se questionar os discentes até o ponto em que puderam perceber que as informações que eles sabiam sobre determinado tema não eram suficientes, sendo necessária a busca de mais conhecimento (DELIZOICOV, ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007). Sob orientação docente (neste caso, dos pesquisadores apenas), os conhecimentos necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial foram apresentados e discutidos.

O Grupo 1 realizou o experimento investigativo denominado “Flutua ou afunda?”. Tal atividade foi realizada pelos alunos, cujos pseudônimos eram: Elis, Cida e Bel; Sol e Jac; Yan e Teo. Como a aluna Bel não tinha com quem fazer dupla, realizou a atividade com uma das duplas já constituída.

Para a realização desse experimento foram utilizados: um recipiente com água (balde ou bacia), uma folha de papel alumínio de aproximadamente 30 cm de lado e bilocas (bolinhas de gude).

Além disso, foi entregue uma folha com questões norteadoras da atividade para que compreendessem melhor a proposta. Ou seja, a atividade experimental “Flutua ou afunda?” continha questões problematizadoras que objetivavam o auxílio durante o percurso, a resolução do problema proposto, bem como a elaboração de um modelo explicativo para tal problema na atividade experimental. Coube ao pesquisador motivar e mobilizar os alunos a buscarem soluções para o problema por meio de problematizações verbais baseadas nas concepções levantadas na atividade prévia, para que pudessem relacionar as situações conhecidas com a situação problema proposta: “Flutua ou afunda?”.

A referida atividade teve como objetivos: a) compreender as variáveis envolvidas na flutuação de corpos: massa, peso, formato (área de contato do artefato com a água) etc.; b) entender que objetos de diferentes formas e com a mesma massa podem ter comportamentos diferentes na água (flutuar ou afundar); c) verificar que objetos podem vir a flutuar ou afundar na água ao variar sua forma e/ou sua distribuição de massa; d) perceber que a água exerce uma força (empuxo) de baixo para cima sobre os corpos, o que tende a impedir que estes afundem.

O Grupo 2 realizou o experimento investigativo denominado “Será que a sacola aguenta?”, constituído pelas seguintes duplas: Vini e Leo; Ket e Carol; Fran e Bia; Tati e Cris. No que diz respeito às estratégias adotadas para a realização dessa atividade, não houve nenhuma modificação em relação à empregada no Grupo 1.

Dispostos também em duplas, os alunos utilizaram os seguintes materiais: diversas garrafas PET de 1,5 e 2,0 litros cheias de água e sacolas plásticas de supermercado, aparentemente idênticas nos quesitos marca, capacidade, cor e modelo. Ao começar a ler o material norteador da prática, os participantes eram direcionados a pegar uma sacola e a colocar dentro dela alguns objetos e/ou mercadorias, levando em consideração a capacidade da sacola (5 kg). Na sequência, deveriam tentar elevá-la até certa altura lentamente e relatar o que observavam e entendiam.

Cabe salientar que a atividade proposta teve os seguintes objetivos: compreender as condições de equilíbrio de um corpo; entender o conceito de força e suas características; identificar a atuação das forças na situação proposta; explicar por que ao levantar rapidamente uma sacola de supermercado cheia esta pode sofrer algum dano.

Aplicação do conhecimento

O terceiro e último momento pedagógico consistiu na aplicação da atividade final, momento esse que se destinou à abordagem sistemática do conhecimento incorporado pelos alunos, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras que surgiram no decorrer dele. No entanto, o processo da significação conceitual tem início na problematização (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007). A atividade final, assim como a atividade prévia, foi respondida individualmente em sala de aula no tempo máximo de 50 minutos. Tratou-se de questões relacionadas aos conceitos trabalhados durante as atividades e lançados inicialmente na atividade prévia, porém em situações-problema diferentes.

Apresentação e análise de dados

Os dados obtidos no estudo abordam do revide à atividade prévia, das respostas às perguntas norteadoras que tinham a intenção de facilitar a construção do artefato e em parte das transcrições consideradas relevantes; e das respostas à atividade final.

i. Atividade prévia

Considera-se “atividade prévia” uma espécie de organizador das concepções espontâneas com a intenção de facilitar a aprendizagem significativa. Assim, tal atividade esteve em busca de subsunçores (densidade, força, equilíbrio, massa, peso, velocidade e outros) que pudessem servir de base aos próximos conhecimentos.

Com o intuito de apresentar algumas concepções prévias identificadas no estudo, as respostas dos alunos foram organizadas de acordo com a ideia-chave que cada questão da atividade prévia representava:

- **Massa e peso** – possuem o mesmo significado (Elis, Jac, Bel, Ket, Fran, Carol e Tati);
- **Afundamento de corpos na água** – Sol (Grupo 1) e Carol (Grupo 2), mencionaram a gran-

deza física densidade (subsunçor);

- **Flutuação de corpos na água** – presença de gases no interior dos corpos (Elis, Cida, Teo, Ket, Leo, Cris, Vini e Bia);
- **Função dos cabos laterais de uma ponte (conceito de força)** – agente físico capaz de sustentar e equilibrar um corpo, ideia apresentada por todos os participantes.

ii. Experimento “Flutua ou afunda?”

Os relatos seguintes procuram ilustrar o levantamento de hipóteses por parte dos alunos ao tentarem escolher o melhor formato para o artefato e testá-lo no recipiente com água:

Sol: “O artefato tem formato de círculo, porque cabe bastante bilocas.”

Bel: “Porque pensei que quanto maior a superfície de alumínio sustentada pela água, mais bilocas o artefato suportaria.”

Desde o princípio da realização da atividade, procurou-se garantir uma postura dialógica:

Yan – “O tio, esse aqui vai flutuar, será?”

Leandro – “Coloque o artefato na água e vá colocando as bilocas.”

Yan – “1, 2, 3... 17. Uma a mais. Ah! Não!”

Leandro – “Vocês vão comparando porque o de vocês suportou maior ou menor número de bilocas, ou porque uns estão tendo sucesso e outros não.”

Yan – “Ele (o barco) é mais leve do que a água.”

Gradativamente, cada dupla foi testando o artefato construído e fazendo comparações com os dos colegas de turma no que se referia ao tamanho e à forma. O teste da hipótese do formato do artefato fica evidente nas palavras de:

Cida – “Eu tinha feito o meu pequeno, aí depois eu pensei que daquele jeito não ia flutuar, porque quanto maior o tamanho dele, maior o número de bilocas”.

Leandro - “Refez o artefato?”

Cida – “Sim.”

Em virtude dos materiais utilizados (pedaço de papel alumínio e 120 bilocas) era esperado (e ocorreu) que todos os artefatos afundassem, uma vez que, independentemente da eficiência do artefato, haveria um limite para a capacidade deste. Então se perguntou o porquê disso. Há que se destacar a resposta de Elis:

Elis – “Porque fizemos o artefato pequeno e o peso do alumínio ficou concentrado em um só lugar.”

O “conceito” de força chama bastante a atenção mediante a Teoria da Aprendizagem Significativa, pois representa o subsunçor, uma das condições imprescindíveis para que ocorra aprendizagem significativa.

Ao associar e comparar a flutuação de seu artefato a algo conhecido, percebe-se, de fato, que há aspectos da Mecânica que estão presentes na realidade da estudante, como se vê nas falas sobre o funcionamento dos instrumentos citados:

Elis – “A boia tem como material o plástico, e para flutuar ele precisa ser inflável, enchido com ar, aí então ele flutua.”

Cida – “Barco. É feito de aço e flutua na água.”

Sol – “A madeira do barco faz com que ele flutue e suporte o peso que está dentro dele.”

Pelas respostas nota-se que atividades experimentais combinam de maneira intensa a ação e a reflexão, que fazem os alunos pensarem sobre o que estão vendo e os estimula a buscarem explicação para o que está sendo observado.

Experimento “Será que a sacola aguenta?”

O primeiro procedimento a ser realizado consistiu em colocar alguns objetos e/ou mercadorias dentro de uma sacola, levando em consideração a capacidade desta (5 kg). Em seguida, deveriam elevá-la até certa altura lentamente e registrar o que observavam.

Diante disso, observou-se que a manipulação de objetos possibilitou aos alunos a construção de experiências pessoais. As falas a seguir procuram mostrar isso:

Leo – “Como eu vou colocar as garrafas? Viradas?”

Bia – “Quando levantamos lentamente a sacola permaneceu intacta.”

Vini – “Porque lentamente o peso da sacola é controlado.”

Uma das questões norteadoras da atividade sugeria que, para propiciar o teste das hipóteses levantadas no início da atividade, se repetisse o primeiro procedimento, porém tentando elevar a sacola de maneira brusca até certa altura, e logo depois dizendo o que acontecia:

Leo – “As garrafas caíram de ponta, furou a sacola.”

Vini – “A sacola arrebentou.”

Similarmente ao grupo anterior, os alunos também interagiram bastante com o professor-pesquisador e conversavam com o seu colega de dupla a respeito da atividade proposta. Dessa forma, a atividade em questão parece ter propiciado, além da manipulação de objetos, a de ideias. As falas seguintes exemplificam tal percepção:

Leandro – “Pense e tente dizer qual (is) força (s) está (ão) atuando nessa situação. Então, o que acham?”

Vini – “A força gravitacional.”

Ket – “A força da sacola.”

Leandro – “Se vocês pegarem uma sacolinha e colocarem esse material e a elevarem até certa altura, ela permanece solta no ar, tipo flutuando?”

Ket – “Não.”

Leandro – “Por que cai?”

Bia – “A gravidade.”

Constata-se ainda que a experimentação também oportunizou aos alunos o relacionamento com os processos científicos, pois foram desafiados a explorar, testar e avaliar as próprias ideias:

Cris – “A direção das forças é para um lado e outra, para o outro.”

Leandro: “Este foi o exemplo que eu dei, do cabo de guerra. No caso das garrafas Pet, essas forças atuam nesta mesma direção?”

Cris – “Não, uma para cima e outra para baixo.”

Em outro momento:

Leo – “O que, ou quem, aplica essa(s) força(s)? A garrafa.”

Leandro – “A garrafa aplica força? Que força?”

Leo – “Não, o meu braço.”

Leandro – “O que mais?”

Pode-se, então, concordar com Hoering e Pereira (2004) quando afirmaram que ao observarem e interagirem com o objeto de seu estudo os alunos passam a entendê-lo melhor. Assim, ao experimentar o concreto, pode ocorrer o desenvolvimento do raciocínio e possivelmente a compreensão dos conceitos.

Leandro – “Se estiver com dúvida, pode repetir o experimento, há mais sacolas ali.”

Ket – “Com três garrafas.”

Leandro – “E agora, consegui ter uma ideia?”

Ket – “A sacola rasgou.”

Leandro – “Vire a garrafa de cabeça para baixo.”

Ket – “Vou repetir então.”

Leo – “Puxa rápido.”

Ket – “A sacola rasgou, a força é maior.”

Outro aspecto importante que emergiu das atividades experimentais empreendidas em cada um dos grupos de trabalho da turma de 9º ano foi o fato de os discentes questionarem de maneira positiva a metodologia da pesquisa. Julga-se que tais questionamentos ocorreram porque se tratava de algo novo nas aulas de Ciências (Física), uma vez que as aulas de laboratório que tinham assumiam em geral, um caráter de demonstração.

iv. Atividade final

Destaca-se, nessa etapa, a busca pela “generalização da conceituação” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007, p. 202), ou seja, a identificação e o emprego da conceituação científica envolvida, que “[...] é o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas que deve ser explorado” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007, p. 202).

Em decorrência disso, nos parágrafos a seguir, procura-se fazer uma análise de algumas respostas dadas pelos alunos à atividade final. As respostas a seguir foram organizadas de acordo com a ideia-chave que cada questão representou:

- **Variável física medida por uma balança** – Sol, Jac, Tati, Ket e Cris conseguiram reelaborar o conhecimento e fizeram uma diferenciação progressiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), com detalhamento gradual.
- **Existência de alguma força atuando sobre o corpo de cada aluno enquanto resolviam a atividade final** – pressão atmosférica e gravidade (força peso), exceto Elis e Bia; Carol, Tati e Vini (mão e braço) exercendo força sobre os objetos escolares.
- **Por que quando se nada na água do mar boia-se mais facilmente do que em água doce?** Com exceção de Leo, todos responderam que a densidade da água do mar é maior.

Em continuação, vale salientar que algumas concepções espontâneas dos alunos mostraram-se resistentes, sobrevivendo ao ensino-aprendizagem por meio deste estudo e levando a ponderar que possivelmente algumas respostas foram mecanicamente memorizadas, ou que tais conceitos estavam arraigados em sua estrutura cognitiva, pois vivem em um contexto cultural que pode (ou tende a) reforçar isso.

Considerações finais

Em resposta à problemática inicialmente levantada, admite-se que houve uma gradual assimilação dos conceitos físicos (massa, peso, densidade) por parte dos discentes sem um distanciamento do universo cultural, uma vez que as atividades experimentais propostas pelo estudo possibilitaram aos discentes:

- usar a imaginação, ou melhor, realizar a elaboração mental para o desafio proposto (a construção do artefato que flutuaria ou afundaria, a verificação da sacola, que deveria ou não aguentar ser suspensa a uma determinada massa);
- incitar e, possivelmente, elevar o nível do processo cognitivo, pois dos alunos foi exigida a capacidade de estabelecer relações entre o que sabiam no âmbito da Física e o que lhes era apresentado.
- estimular a curiosidade, desafiar os alunos e dar-lhes voz, isto é, abriu espaço para que pudessem se expressar, pois essas são características condizentes com a perspectiva problematizadora e com a disciplina Física;
- desenvolver habilidades cognitivas associadas ao ensino-aprendizagem de conteúdos de Física;
- despertar para a valorização de um ensino-aprendizagem por investigação, o que está de acordo com Carvalho P. (1999).

Assim, considera-se que a experimentação neste nível de ensino contribui efetivamente para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e atitudinais, pois propicia uma atitude mais ativa dos alunos, permitindo que eles sejam desafiados e vivenciem algumas condições importantes para o processo de ensino-aprendizagem, como: manipulação de objetos e ideias concomitantemente; invenção, descoberta pelos sentidos e raciocínio lógico; envolvimento maior dos discentes na aula – o que amplia a possibilidade de testar seus conhecimentos –; capacidade de resolver problemas em outros contextos, além do escolar, criando um bom clima de ensino-aprendizagem, pois de certa forma seduz os alunos, levando-os a perceberem que podem controlar algumas variáveis em se tratando de fenômenos físicos.

Quanto à análise das respostas dos alunos às atividades experimentais percebe-se que a metodologia utilizada permitiu, ainda que parcialmente, um conflito de concepções por parte dos estudantes, propiciando, assim, uma visão mais crítica sobre alguns fatos do cotidiano, como as condições de flutuação e sustentação de objetos.

Portanto, os resultados desta pesquisa, além de estarem em consonância com as investigações mencionadas, apresentam algumas limitações de naturezas diversas: umas relacionadas com a amostra selecionada; outras, com os instrumentos de coleta de dados e o assentamento dos mesmos; e também outras resultantes do tipo e da forma de análise efetuada (processos utilizados no tratamento dos dados), bem como do foco da análise, mediado pela experiência e pela visão de mundo dos pesquisadores.

Referências

ABRAHAMS, Ian; MILLAR, Robin. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 14, p. 1945-1969, 2008. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690701749305#preview>>. Acesso em: 01 de set. 2011.

AUSUBEL, David P., NOVAK, Joseph D. e HANESIAN, Helen. *Psicologia Educacional*. Tradução: Eva Nick. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 1980. 527p.

BAROLLI, Elisabeth; FRANZONI, Marisa. Efeitos de Intervenções Docentes na condução de uma Atividade Experimental em um laboratório didático de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 1, p. 35-54, abr. 2008. Disponível em: < <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6159>>. Acesso em: 11 de ago. 2011.

BOGDAN, R; BIKLEN, S. *Investigação Qualitativa em Educação*. Uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Portugal: Porto Editora, 1994, p. 47-51 e 81-97.

CANAVARRO, J. *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto, 1999.

CARVALHO P, A. M. et al. Pesquisa em Ensino de Física. In: NOGUEIRA, Salvador; ROMERO Thiago (Org.). *Física 2011: estado da arte, desafios e perspectivas para os próximos cinco anos*. 1. ed. São Paulo: Chris Mchilliard, 2011. p. 115-126.

CARVALHO P, A. M. et al. *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo: FEUSP/CAPES, 1999. 123 p.

CARVALHO P, A. M. et al. O problema do barquinho. In: *Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione, 1998. Atividade 4. p.77-85.

CHALMERS, Alan F. *O que é ciência afinal?* Tradução: Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993, 225p.

COSTA, Cristina. *Sociologia: introdução à ciência da sociedade*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1997.

COSTA, Marisa Vorraber. Uma agenda para pesquisadores. In: COSTA, Marisa Vorraber (Org.). *Caminhos Investigativos II: outros modos de pensar e fazer pesquisa em educação*. Rio de Janeiro: DP&A, 2002, p. 143-156.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Metodologia do Ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez, 1994.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2007, p. 177-202.

DELIZOICOV, Demétrio. Pesquisa em Ensino de Ciências como Ciências Humanas Aplicadas. In: NARDI, Roberto (Org.). *A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007, p.413-449.

HOERNIG, A.M.; PEREIRA A.B. As aulas de ciências iniciando pela prática: o que pensam os alunos. *Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.4, n.3, p.19-28, set/dez 2004. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V4N3/v4n3a2.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2012.

INEP. *Exame Nacional do ensino médio – ENEM: documento básico*. Brasília: INEP, 1999.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. Proposta Curricular. *CBC de Física ensino médio*, 2005. 60p.

NARDI, Roberto. A área de ensino de Ciências no Brasil: fatores que determinaram sua constituição e suas características segundo pesquisadores brasileiros. In: NARDI, Roberto (Org.). *A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007, p. 357-412.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: PIETROCOLA, Maurício (Org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005, p. 7-53.

SOUZA, M. V. J. et al. Utilização de situação de estudo como forma alternativa para o ensino de física. In: *Revista Ensaio*. Belo Horizonte, v. 11, n.1, p. 1-15, 2009. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/166/237>>. Acesso em: 23 set. 2011.

VALADARES, Eduardo de Campos. Propostas de Experimentos de Baixo Custo Centradas no Aluno e na Comunidade. In: *Química Nova na Escola*, n. 13, 2001, p. 38-40. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/>

qnesc13/v13a08.pdf. Acesso em: 20 out. 2011.

_____. *Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo*. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005, 119 p.

Recebido em março de 2014.
Aprovado em setembro de 2014.