

SELEÇÃO DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: UMA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DA FALA DE PROFESSORES
(Selection of physics experiments in high school: An investigation from the teachers' speech)

Carlos Eduardo Laburú[?] [laburu@uel.br]
Depto. de Física, Universidade Estadual de Londrina
CEP 86051-970, Cx.P. 6001, Londrina, PR

Resumo

A partir da fala de professores de Física, este trabalho investiga, primeiramente, as justificativas dadas para a escolha de determinados experimentos e equipamentos em aulas, no ensino médio. A idéia é compreender que motivos estão por detrás dessa escolha e mostrar que existem padrões de decisão comuns entre os entrevistados para essa seleção. Num segundo momento, faz-se uma comparação dos resultados encontrados com investigações que tratam dos objetivos do laboratório didático na literatura em educação científica.

Palavras chaves: Física, ensino médio, experimentos, seleção.

Abstract

Through the physics teachers' speech this work investigates, firstly, the justifications given for the choice of certain experiments and equipments in medium teaching classes. The idea is to understand which reasons are from behind of that choice and to show which patterns of common decision exist among the interviewees for that selection. In a second moment it is made a comparison of the results found with investigations that treat the objectives of the didactic laboratory in the literature in scientific education.

Keywords: high school physics, experiments, selection.

Introdução

Reflexões a respeito do laboratório didático no ensino de física são encontradas há um bom tempo, como, por exemplo, em Nedelsky (1958) ou Michels (1962), sendo que nos anos setenta é possível destacar o trabalho de Schwab pela adesão mais contundente ao laboratório por autodescoberta (apud Trumper 2003: 646). Mas nos últimos vinte e cinco anos, aproximadamente, é que se encontra uma crescente e sistemática produção na literatura específica em ensino de ciências, investigando o assunto nos seus mais diversos pontos de vista. Os enfoques de investigação varrem um largo espectro, indo do ensino fundamental ao universitário. Entre os diversos estudos poderíamos citar aqueles com preocupação centrada em conteúdos específicos do laboratório, como a questão da medida, da determinação de constantes físicas (Allie et al. 2001; Ryder & Leach 2000; Lubben & Millar 1996; Coelho 1993; Séré et al. 1993; Cudmani et al. 1995; Sandoval 1990) ou das diversas abordagens didáticas que um experimento pode fornecer (Séré et al. 2003; Laburú 2003). Outros enfatizam mais os procedimentos e o desenvolvimento de habilidades, como o uso e manipulação acurada dos instrumentos e técnicas laboratoriais, de organização e comunicação, desenvoltura para questionar, pensar criticamente, resolver problemas,

[?] Com auxílio parcial da Fundação Araucária.

procurando debater a relação processo versus conteúdo (Trumper 2003: 646; Kirschener 1992; Hodson 1985; 1990; Solomon 1988; Nedelsky 1958). Alguns analisam os objetivos do laboratório, seu papel e características ou ressaltam a estruturação didática, as etapas do método científico, a importância da introdução de experimentos fundamentais (Nedelsky 1958; Moreira 1980; Sandoval & Cudmani 1992; Kirschener 1992; Gott & Mashiter 1994; Doran et al 1995; Gil & Castro 1996; Welzel et al. 1998; Lianko 1999; Hirvonen & Viiri 2002; Golin 2002; Séré et al. 2003). Há trabalhos que centram mais a atenção na natureza epistemológica e na relação desta com o ensino e aprendizagem (Arruda et al. 2001; Cudmani & Sandoval 1992; Millar 1987, 1994; Matthews 1994; Kirschner 1992; Duhem 1989; Solomon 1988; Martins 1982), que investigam a questão da dinâmica de grupo de estudantes no trabalho de laboratório por meio de referenciais psicanalíticos (Barolli 1998), ou que buscam métodos alternativos de avaliação dos estudantes, mais apropriados às características pedagógicas desenvolvidas em ambiente de laboratório (Hofstein & Lunetta 2004: 42 - 44). Há os que buscam identificar as dimensões do interesse (Martinez & Haertel 1991), que analisam o benefício de um experimento em termos dos resultados das atitudes dos alunos frente a um estilo de instrução aberto e questionador, comparado a um estilo expositivo (Berg et al. 2003). Inclui-se, ainda, os que buscam as diferentes percepções dos alunos e professores a respeito do propósito do laboratório (Tsai 2003; Sebastia 1987) e que comparam o planejamento das atividades práticas com as razões para esse planejamento (Richoux & Beaufils 2003). Para terminar, temos os que, por meio de grandes projetos, mostram as práticas comuns vinculadas a objetivos gerais dos diversos laboratórios do ensino médio e universitário de vários países da Europa (Séré 2002; Welzel et al. 1998), inclusive, apontando as diferenciações e particularidades dos laboratórios de física, química e biologia (Tiberghien et al. 2001) etc..

Apesar do grande número de estudos realizados e do matiz de assuntos, uma pesquisa concentrada nos motivos para a escolha de determinados experimentos pelos professores, parece não estar presente na bibliografia. Hoje em dia é substancial o “showroom” de experimentos e equipamentos didáticos com os quais se podem tomar contato pelos periódicos, livros, “sites” e eventos da área de ensino de ciências, como, também, por ocasião de cursos de extensão, pela televisão ou por catálogos comerciais e, ainda, mais raramente, em locais de exposições permanentes, possíveis de serem visitados em alguns grandes centros. Isto sem contar com o presumível contato obrigatório que deveriam ter os futuros profissionais de cada área, durante os seus cursos específicos de licenciatura.

Assim sendo, uma questão de interesse a investigar é compreender as razões que levam o educador científico em Física do ensino médio a selecionar, para as suas aulas, determinados experimentos ou equipamentos, quando ele tem alternativas para essa decisão. Então, preocupa-nos identificar e conhecer que padrões de discurso mantêm os professores de Física para essa seleção, já que esses padrões devem estar em função do que eles tomam como importante, quando priorizam uma determinada experiência. Por coerência, encontrar-se-ão fora da atenção deste estudo aquelas idéias óbvias que possivelmente vinculam a escolha de determinados equipamentos ou experimentos à disponibilidade dos mesmos na escola, ou por serem os únicos que o professor sabe manipular e conhece ou, ainda, deve seguir algum manual por determinação burocrática institucional, portanto, onde não há a possibilidade de opção.

Para complementar este trabalho, faremos uma comparação dos resultados encontrados com estudos em educação científica a respeito do laboratório didático que tenham uma aproximação com as preocupações aqui examinadas.

Metodologia

Esta pesquisa é um estudo de tipo qualitativo que focalizou uma amostra de sujeitos com contorno particular. A mostra constou de vinte e seis (26) licenciandos de final de cursos (2002 e 2003) e de onze (11) licenciados em Física da Universidade Estadual de Londrina (2001), que faziam especialização na mesma instituição. Os investigados já haviam passado por cursos de laboratórios de Física Básica nos dois primeiros anos, por um laboratório de Física Moderna e um curso anual de Instrumentação para o Ensino de Física, no terceiro ano. A totalidade dos licenciados e um terço dos licenciandos ministrava aulas no ensino básico e todos eles declararam que, na medida do possível, utilizavam aulas experimentais; no entanto, o restante dois terços dos licenciandos passou por estágio obrigatório, onde tiveram que ministrar aulas teóricas e práticas.

Os dados foram obtidos por meio de um questionário escrito, entregue aos participantes, em que se buscou captar as suas perspectivas e significados pessoais. Quando pontos do questionário se mostraram ambíguos, foram feitas entrevistas de esclarecimento.

O questionário consistiu dos seguintes pares de perguntas:

- 1.1 - Selecione até cinco experimentos que você usaria com seus alunos;
- 1.2 – Explique, em detalhes, a razão para a escolha desses experimentos;
- 2.1 - Selecione até cinco experimentos que dificilmente você usaria com seus alunos;
- 2.2 - Explique em detalhes a razão para a escolha desses experimentos.

Como se vê, o segundo conjunto de perguntas é a negativa do primeiro. A intenção com o segundo par, foi cruzar e complementar as informações do primeiro par. Esse segundo conjunto de perguntas auxiliou a esclarecer as duas perguntas iniciais e até forneceu novos discursos, já que, partindo da negação da resposta fornecida, podemos chegar às razões do primeiro par.

O tratamento de dados foi qualitativo e a preocupação central, como dito, encontra-se nos tipos de falas apresentadas.

Na seção abaixo, veremos que as falas dos sujeitos da amostra puderam ser dispostos num conjunto de quatro categorias que revelam a escolha ou a prioridade dada a um determinado equipamento ou experimento. Cada categoria foi construída com o objetivo de indicar as idéias comuns dos participantes (representados pela letra P), sendo diferenciadas pelo destaque das palavras-chaves, verbos de ação ou sentenças curtas utilizadas, que sintetizam as argumentações empregadas, procurando ser fiel com expressões equivalentes empregadas ou com a intenção das mesmas. Como se notará, muitos participantes forneceram em suas falas mais de uma razão diferente para justificar a sua escolha, o que permitiu a sua classificação em várias categorias. Para ser classificado numa categoria, os participantes deveriam fornecer pelo menos uma das razões especificadas por ela, mas também foi corriqueira a apresentação de mais de uma razão dentro da mesma categoria. Entre parênteses, destacam-se comentários do pesquisador, com o objetivo de esclarecimento das palavras-chave ou sentenças.

Apesar da investigação ser qualitativa, a opção em distribuir os participantes nas categorias permite verificar a concentração de algumas respostas fornecidas pelos investigados e, deste modo, o trabalho mostra uma tendência da amostra pesquisada em priorizar certos critérios.

Resultados e Análise

Os resultados obtidos puderam ser sintetizados e organizados nas seguintes categorias:

1. CATEGORIA MOTIVACIONAL

P1, P3, P6, P10, P13, P14, P15, P17, P18, P19, P20, P21, P22, P23, P25, P34, P35, P36, P37 – Porque chama ou prende a atenção (em todas as etapas do experimento); desperta a curiosidade ou a provoca por gerar conflito cognitivo; surpreende; espanta; (faz-se) algo como um “passe de mágica” (aspas do próprio P34); motiva; são legais; interessantes (num sentido geral ou por mostrar o fenômeno); causa um impacto; impressiona visualmente; diverte aprendendo; porque faz coisas que o aluno nem imagina; são curiosos; porque é simples; aparentemente não parece ter relação com algo (com nada), mas demonstra ser útil no cotidiano (por exemplo: produzir um motor com um ímã, fio e pilha); o que é motivante do ponto de vista do professor é motivante para o aluno; visualiza o fenômeno.

2. CATEGORIA FUNCIONAL

P1, P2, P3, P4, P6, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18; P19; P20, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30; P31, P32, P34, P36, P37 – Porque se tem fácil acesso aos materiais, são simples e práticos (no sentido de darem pouco trabalho para o professor ou aluno, por serem convenientes e funcionais na sua manipulação, operacionalização, aplicação, preparação, transporte e construção, não somente no ambiente extraclasse como, fundamentalmente, no ambiente de sala de aula comum. Materiais mais complicados de fazer são admitidos se forem trazidos prontos pelo professor);

– Porque as medidas são fáceis de se obter ou o experimento é fácil de realizar, não sendo complexos; têm fidedignidade com o que se quer observar (os resultados experimentais devem ser os esperados, repetíveis e não ambíguos);

– Porque a coleta de dados é apropriada ao tempo de aula;

– Porque é um experimento demonstrativo rápido para iniciar uma aula;

– Porque são baratos (o equipamento pode ser construído ou adquirido, sem custo ou por baixo custo);

– Não são demorados (devem ser apropriados ao tempo da aula, mas se for fora da aula, isso pode não ser tão relevante);

– Não devem ser perigosos ou causar acidentes (principalmente os que mexem com fogo ou que necessitam de cuidados a serem tomados); não sujam; não quebram.

3. CATEGORIA INSTRUCIONAL

P2, P3, P4, P6, P8, P9, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P34, P36, P37 – Porque possibilita verificar, ver ou demonstrar, de maneira simples, didática, os conceitos difíceis de entender; porque é fácil de explicar, do aluno aceitar, visualizar e compreender os princípios físicos; porque só a teoria leva à “decoreba”; porque fica mais palpável, menos abstrato, permitindo visualizar como as coisas acontecem, não ficando somente na imaginação e não tendo como os alunos negar (as coisas acontecem da forma como foi falada na teoria, p. ex., quando se verifica a idéia antiintuitiva da imagem atrás do espelho); porque promove o desenvolvimento (dos conceitos) e o aprendizado (inclusive) duradouro;

- Porque permite fazer exercícios práticos (no lugar dos livrescos);
- Porque possibilita a apresentação dos fenômenos ou mostra muitos fenômenos, fornecendo muita informação (num único experimento), ou tem múltiplas funções (por exemplo: permite calcular, relacionar com o cotidiano).
- Porque (o assunto) é atual e está relacionado com o cotidiano, com processos tecnológicos.
- Porque ensina técnicas laboratoriais.
- Porque ressalta assuntos de importância (do conteúdo).

4. CATEGORIA EPISTEMOLÓGICA

P1, P5, P6, P7, P10, P16, P17, P19, P20, P22, P24, P29, P30, P34, P36 - Porque demonstra, verifica, mostra ou dá para observar na prática os conceitos, a teoria, o formalismo matemático; prova, mostra o fenômeno (para o aluno) e não fica só no abstrato; consegue-se ver na realidade o que se aprende na teoria ou dos velhos exemplos dos livros; prova coisas que são difíceis do aluno aceitar, logo convence o aluno da teoria; só com a teoria passa-se uma impressão superficial, forçando-se a acreditar nos fatos;

- Porque mostra ao aluno que em algumas situações não podemos desprezar forças que na teoria desprezávamos;
- Porque ajuda a esclarecer (superar) as supertições; acaba com certos mitos.

A primeira categoria, denominada de Motivacional, expressa a apreensão dos participantes com aspectos diretamente relacionados à motivação intrínseca (Guimarães 2001: 37) que a atividade prática pode gerar. Logo, o foco de atenção está voltado diretamente para o aluno. Nela, a importância em especificar interessantes propostas experimentais que despertem a atenção é da maior relevância, por conterem características curiosas, atraentes, envolventes, até mesmo chocantes, que espicaçam o desvendamento do aluno e o entusiasma. No entender dos respondentes, ser interessante inclui, ademais, experimentos associados à tecnologia e ao cotidiano; inquietações que demonstram a necessidade de que a atividade prática vislumbre alguma utilidade para o aluno, em oposição àquelas meramente acadêmicas, desconexas do contexto do sujeito. A esse respeito, é de se notar que Cardoso e Colinvaux (2000) dão sustentação a essa conclusão. Isto pode ser visto na medida em que esses autores apresentam evidências que os levam a deduzir que, além das dificuldades cognitivas, a falta de articulação entre os conceitos escolares e os fenômenos do cotidiano é responsável pelos alunos desmotivados, quando do estudo da Química.

A categoria Funcional reúne um conjunto de respostas que prioriza aspectos ligados à parte física da atividade empírica, em que se leva em conta às características e propriedades inerentes do material, como também a sua adequação para real implementação em sala. Como consequência desses aspectos, temos aqui a preocupação com a facilitação da tarefa do professor ou do aluno, uma vez que a escolha de um experimento visa facilitar o manejo dos equipamentos e da montagem do aparato. Aos alunos, é vislumbrada a possibilidade da construção ou montagem do equipamento, não sendo esquecido o fator segurança, que não façam sujeira na manipulação experimental ou que não se danifiquem com facilidade. Em relação ao professor, há a preocupação de que ele invista reduzido tempo e esforço na preparação da atividade e que haja facilidade na obtenção dos materiais necessários, no sentido da necessidade de reposição e de reparação, com concomitante baixo dispêndio econômico. Por isso, materiais mais complicados de montar são admitidos se estiverem disponibilizados. A atividade experimental é vista, ainda, como precisando ser adequada ao tempo de aula. Em razão disso, a apreensão com a coleta e análise de dados é realçada, por ser, geralmente, consumidora de elevado tempo. É apreciável a valorização dos experimentos que não apresentem resultados duvidosos, geradores de respostas diferentes daquela que o professor quer apontar. Dessa forma, existe uma procura por experimentos em que a obtenção dos dados é facilitada e tenha qualidade, no sentido de sua reprodutibilidade e não ambigüidade. Como solução para o dispêndio de tempo e equipamentos mais demorados de elaborar, tem-se a valorização das demonstrações rápidas. Em Richoux & Beaufils (2003) são citados alguns pontos semelhantes a estes em professores de física, quando do planejamento das atividades práticas de seus estudantes de ensino médio, na França. Richoux e Beaufils denominam de “restrições institucionais” para a razão dada pelos professores para o encaminhamento de atividades práticas. Dentro dessas restrições, os professores levam em conta o programa, a gestão dos materiais (qualidade, número etc.), aulas disponíveis e horários (duração, alternâncias) (op. cit., p. 104b). Ainda, dentro da questão do tempo, vale lembrar que Hodson (1994) afirma que, mediante um gerenciamento conveniente do experimento, é possível simplificá-lo, eliminando diversos passos menos importantes e empregando aparatos e técnicas mais simples. Ele lembra que se gasta às vezes muito esforço na montagem de complexos equipamentos, sendo possível simplificar, inclusive, as interferências matemáticas, com recalibrações de certos aparelhos e uso de programas computacionais, para, conforme Trumper (2003: 658), reduzir enfadonhas coletas e tratamentos de dados. Assim, experimentos que fossem descartados à primeira vista, por esse pretexto, poderiam ser repensados para se adaptarem ao tempo disponível.

A terceira categoria, convencionada por Instrucional, procura aglutinar as indicações que tratam fundamentalmente do ensino e da aprendizagem. Dentro do horizonte Instrucional encontra-se a inerente exigência de que a prática experimental deva facilitar a explicação, a apresentação dos conceitos e modelos ou, como lembram, entre outros, Sandoval & Cudmani (1992) e Kirschner (1992), sirva para “ilustrar” a teoria, com o intuito de torná-la clara e simplificada para o aluno. Das respostas se infere, igualmente, uma intenção com a qualidade da aprendizagem, pois se imagina que a atividade experimental escolhida melhora a aceitação das idéias e a compreensão, não ficando na simples “decoreba” ou só “na imaginação”, como afirmam textualmente, respectivamente, os participantes P26 e P34. É possível destacar, ainda, uma convicção de que certos experimentos têm uma potencialidade maior de efetivamente ensinar, quando, por exemplo, se vê o participante P37 dizendo com ênfase que “o aluno não tem como negar” se vir o experimento, ou que certos experimentos impulsionam o desenvolvimento e a aprendizagem de forma rápida e duradoura dos conceitos. Além disso, a agenda da categoria Instrucional visa considerações de ordem curricular, ao localizar a necessidade de estar presente certas técnicas e procedimentos laboratoriais, ao dispor de

experimentos que destacam conteúdos mais importantes, que apresentem os fenômenos que são estudados ou os assuntos atuais e do cotidiano. Inquietações a respeito de o experimento possibilitar trabalhar com várias informações e permitir lidar com vários outros pontos (cotidiano, calcular, técnicas importantes etc.), fazem parte de uma outra preocupação desta categoria. Também notamos o destaque dado à escolha de experimentos que possibilitem resolver problemas ou exercícios propostos nos livros de uma forma empírica. Em síntese, equipamentos ou experimentos que agregam vários conteúdos, habilidades e, ainda, por exemplo, trabalhe com a tecnologia, cotidiano, entre outros aspectos, têm escolha preferencial do que aqueles que dão uma opção única.

A quarta categoria, Epistemológica, procura contemplar um padrão de características nas respostas dos participantes que tende a dar um apelo forte para a construção do conhecimento, ou, mais especificamente, para a capacidade da formulação teórica em tratar a realidade. A ênfase epistemológica aponta para uma disposição em realizar atividades experimentais que estabeleçam uma relação entre empírico versus construção teórica e de demonstrar as implicações das teorias e leis. Devido à própria natureza do conhecimento da disciplina ensinada, no caso a Física, existe um sentimento de que o experimento elaborado estabeleça relação da teoria com o fato ou do modelo com a evidência. Só que o sentido de relação encontrado é do fato ou da evidência ser a demonstração ou prova das idéias e teorias propostas ou que as afirmações destas últimas possam ser transformadas em observação ou “visualização”. Por conseguinte, temos um tipo de enfoque que se desvia do motivacional, do funcional e do instrucional, passando a se aproximar ou se situar no contexto da confirmação ou da verdade, do conhecimento provado. No que se refere à postura epistemológica dos professores, é fato corriqueiro na literatura que a grande maioria dos professores transmite em sua prática experimental diária, uma concepção indutivista ou empirista da ciência (Arruda et al. 2001; Hodson 1994; Millar 1987; Kirschner 1992: 274), mantendo, para o conhecimento científico, um pensamento justificacionista (Lakatos & Musgrave 1979: 113), legitimando, para o conhecimento físico, as corriqueiras palavras expressas: verificar, mostrar, provar, demonstrar ou observar.

Dois pontos sobre a construção das categorias devem ser observados. O primeiro trata da separação das categorias, uma conveniência mais de horizonte analítico do que de uma convicção consciente dos entrevistados. Ou seja, poderíamos afirmar que as categorias Motivacional e Epistemológica têm, fundamentalmente, preocupações de mesma origem instrucional, como tem a terceira categoria. Por ser próprio à profissão de professor existir um empenho para que os alunos aprendam, uma ênfase por despertar a motivação do aluno ou por articular a essência do conhecimento são manifestações que têm, por detrás, uma intenção com o aprender e o ensinar. Portanto, aparentemente separadas, essas três categorias, no fundo, estão imbricadas, diferentemente da categoria Funcional, cujo intento principal é voltar-se para questões de ordem pragmática, de implementação.

O segundo ponto a comentar trata da dificuldade existente, muitas vezes, em interpretar a linguagem utilizada de modo a classificá-la numa categoria. Isto se deve às diferentes designações dadas às palavras usadas, onde muitas delas ultrapassam a categoria especificada e avançam sobre outras, dependendo do sentido em que são empregadas. Séré (2002: 626) já dá indicações nessa direção, ao alertar que diferentes designações outorgadas ao conhecimento teórico no laboratório, tais como, verificar, estabelecer, descobrir e utilizar não deveriam ser consideradas similares e mereceriam um aprofundamento das pesquisas. Assim, por exemplo, provar, verificar, demonstrar ou mostrar um fenômeno são palavras que podem transcender a conotação epistemológica e apelar para o motivacional, quando se quer

indiretamente dizer que se vai estimular o interesse do aluno, quando se demonstra, verifica etc. algo. Por sua vez, o propósito Instrucional surge no momento em que há uma preocupação curricular, como a apresentação do fenômeno correspondente à matéria a ser ensinada, ou quando se entende que o material é auxiliador do processo de aprendizagem, por conseguir demonstrar ou provar, sendo, agora, sinônimas de mostrar, visualizar ou ilustrar aquilo que o professor falou, facilitando o ensino e a aprendizagem. Isto fica claro quando P27 responde às perguntas formuladas da seguinte forma: (porque determinado experimento) “*Comprova a teoria de forma clara e sem muita complicação*”. O significado do verbo comprovar, na sentença, pode ter uma conotação primeiramente instrucional, pois características como clareza e sem complicação têm, por detrás do seu sentido, uma preocupação didática, ou seja, compreendendo facilitar a explicação do professor ou do aluno aceitar, visualizar e compreender, de forma mais concreta, os conceitos difíceis de entender, conforme a terceira categoria.

A sentença “*os experimentos são bons (fidedignos) e se aproximam da teoria*”, de P28, compõe dois apelos, segundo podemos interpretar. Um primeiro funcional, na medida em que a escolha de um experimento ou equipamento se deve a sua qualidade, representada pela fidedignidade do material. Um segundo, de recorrência epistemológica, na medida em que há uma preocupação da relação teoria e prática.

Semelhantemente, as palavras cotidiano, tecnologia ou simples podem ser interpretadas na primeira categoria, quando se está a imaginar que estas características do equipamento ou experimento aumentam o interesse do aluno. Porém, os dois primeiros termos podem estar a fazer alusão a uma imposição curricular da categoria Instrucional, enquanto o último termo é capaz de vir a ter uma implicação, tanto instrucional como funcional, conforme se almeja, respectivamente, facilitar a aprendizagem ou simplesmente ficar no âmbito de se possuir um instrumento prático para trabalhar. A respeito disto, acrescentemos, ainda, que a importância dada à simplicidade instrumental ou experimental, na sua referência particularmente instrucional, encontra-se presente na compreensão muito comum, dos participantes que a destacaram, de não se ultrapassar um nível de sofisticação experimental que transcenda a sua apropriação pelo estudante. Há, conseqüentemente, um entendimento, identificado durante as entrevistas, de que o desafio para o aluno deva se situar na aprendizagem da teoria, e menos no entendimento do equipamento ou do experimento. O nível de dificuldades destes não deve ser obstáculo para aprender a teoria. Logo, é possível inferir que equipamentos simples, por serem simples de entender, são preferíveis aos sofisticados ou às caixas-pretas.

A questão do significado das palavras se estende até mesmo à literatura. Notamos que o sentido de habilidade (“skill”) corresponde significados diferentes nos trabalhos (ver, p.ex., Trumper 2003; Doran et al. 1995, Hodson 1994; Kirschner 1992). Um significado é “*de arte da experimentação*” (Trumper 2003: 647-649), que se refere a procedimentos ou destrezas experimentais como, p.ex., à manipulação ou operacionalização de instrumentos, experiência em processos laboratoriais, técnicas e planejamento experimental. Outro sentido é o de “*aptidão analítica*” (ibid.) ou de processos, que preferimos denominar de habilidade cognitiva. Em relação ao conceito de processo, Millar e Driver (1987: 37, 39) já advertem as várias denotações do mesmo na educação científica: processo como receituário de um ideal de método científico e processo como expressão de mecanismos formais de raciocínio, envolvidos na aprendizagem da ciência. Neste segundo sentido, encontram-se aquelas qualidades cognitivas capazes de reunir informações científicas, organizar ou impor uma ordem intelectual sobre os dados, de forma a reconhecer regularidades, interpretar, elaborar e

testar hipóteses, extrair conclusões e fazer inferências de dados e observações, indagar questões científicas, assegurando as repostas via experimento, desenvolver o pensamento lógico e crítico¹, reconhecer o papel dos experimentos e observações de laboratório no desenvolvimento de teorias², usar logicamente procedimentos e estratégias, saber construir tabelas, saber transpor o raciocínio concreto e a linguagem verbal para uma linguagem e um raciocínio matemático mais abstrato e vice-versa etc.

Um último sentido encontrado, que definimos como habilidade de atitudes, envolve a aptidão para desenvolver aprendizagem colaborativa (Trumper 2003: 649), trabalhar em cooperação, participar da distribuição e conjugação de tarefas, compartilhar resultados com outras equipes, respeitar e comparar as idéias opostas às da pessoa etc..

Diferenciadas as habilidades em procedimental, cognitiva e de atitudes, vemos que os nossos resultados só contemplam o primeiro tipo de habilidade, sendo que as outras duas preocupações inexistem em nossa amostra³. Outra observação que é necessário esclarecer é a nossa opção de situar as habilidades procedimentais na categoria Instrucional, decisão que estenderíamos para as outras duas habilidades se houvessem sido explicitadas pela amostra. No primeiro caso, quando se encontram em foco decisões da esfera das habilidades procedimentais, entendemos como evidente que tais decisões são de conteúdo ou curriculares, como técnicas de medição, leitura e operacionalização de aparelhos, assim como saber realizar procedimentos práticos em geral e ter destrezas para realizá-los. Agora, ao admitirmos que habilidades cognitivas e de atitudes possibilitam esta mesma classificação, estamos nos respaldando em pressupostos de ensino-aprendizagem contemporâneo. Estes reconhecem a superioridade do trabalho cooperativo no laboratório em prover uma oportunidade de endossar e encorajar pensamentos de alto nível e processos de raciocínio,

¹ Estas qualidades cognitivas são de ordem mais geral onde entrariam: justificar posições, debater, analisar, sintetizar, resolver problemas, tomar decisões, construir livremente idéias, proposições e argumentos, generalizar, comunicar (Ballin 2002: 362) etc.. Ver também a próxima nota.

² Neste último caso, para esclarecer, diferentemente da questão de âmbito epistemológico relativo a um conhecimento particular, o âmbito de habilidades cognitivas se impõe quando o seguinte horizonte de inquietação está envolvido. Kuhn et al. (apud Leach 1999: 790) argumentam que até a adolescência, as crianças não mantêm teoria e evidência como entidades separadas, o que as incapacita de refletir a respeito das teorias em termos de evidências e a gerar predições baseadas nessas teorias. Em Leach (1999) também há a constatação de que um número significativo de crianças de nove anos absolutamente se refere à evidência como prova de uma explicação, mas, polemizando com Kuhn, afirma que elas são capazes de separar evidência de teoria (ibid.: 803). Quiçá estas questões para o ensino médio tendam a ser quase insignificantes, contudo, no contexto ligado ao pensamento lógico uma maior atenção do professor deve estar presente ainda nessa faixa etária. Quando se defrontam com questões, por exemplo, da conservação de todas as outras variáveis para estudar a dependência entre parâmetros (Piaget & Inhelder 1976), é possível constatar alunos adolescentes mantendo um atraso cognitivo no domínio dessa habilidade lógica. Dentro do campo lógico poderíamos ainda lembrar as regras do fechamento dedutivo e da não consistência: a primeira diz que se deve acreditar sempre em todas as conseqüências lógicas daquilo em que presentemente se crê; a segunda afirma que não se deve acreditar nos elementos de um conjunto inconsistente de proposições (Abrantes 1993: 183).

³ No caso da habilidade cognitiva é lugar comum considerar a sua importância na educação científica permeando as reflexões sobre laboratório (ver trabalhos citados no texto). Particularmente, um exemplo de justificativa de escolha de um experimento, que focalize uma intenção cognitiva, seria um experimento planejado para possibilitar levantar e explorar hipóteses através de problemas abertos (ver exemplo em Laburú 2003). Menos comum é imaginar a aplicação da habilidade de atitude em um experimento ou equipamento. Assim, na qualidade também de exemplo, um experimento ou equipamento pensado segundo essas intenções deveria integrar todos os alunos de um grupo na participação do trabalho experimental; como muitas vezes acontece, um ou dois alunos acabam fazendo o experimento e os outros simplesmente olham ou ficam dispersos, pois o aparato e as ações experimentais, conjuntamente com a inadequação da escolha e a organização das atividades (Garnier et al. 1996: 216, 217), não permitem uma participação de todos. Ver a importância deste último aspecto na continuação do texto.

devido à interação social (Trumper 2003: 653). A imbricação existente entre essas duas habilidades é defendida por essa concepção contemporânea, dada a enorme potencialidade de construção de novos procedimentos e a possibilidade de considerar e mudar pontos de vista diferentes, contraditórios, através de mecanismos de conflito sócio-cognitivos (Laborde 1996: 39). Assim, por ocasião da interação coletiva se é capaz de garantir a ocorrência da conscientização mútua das diferenças e das oposições entre ações individuais pela reflexão e pela consideração e utilização do ponto de vista expresso pelo parceiro. Apoiando-se na cooperação, os aprendizes passam da organização das suas ações em comum para a solução prática de problemas. Por conseguinte, as formas coletivas de organização da atividade da aprendizagem contribuem para a aquisição do conteúdo teórico dos conceitos físicos (Rubtsov 1996a: 195). Enfim, o desenvolvimento cognitivo não pode ser concebido fora do campo social, em que ações próprias se misturam com interações sociais, num jogo recíproco e interdependente (Garnier 1996: 77, Rubtsov 1996: 136, 137).

Voltando para os nossos dados, a tabela I mostra a distribuição dos trinta e sete participantes nas categorias. Nela, assim como na tabela que a ela se segue, deve-se estar atento de que um mesmo indivíduo fornece várias respostas que transitam em várias categorias, o que não permite a normalização das porcentagens. Vemos que, para a amostra aqui estudada, houve uma consideração equivalente ao par de aspectos funcional e instrucional e ao par motivacional e epistemológico. Não obstante, a amostra apresenta uma importância relativa maior do primeiro par comparado ao segundo. Ou seja, os aspectos associados ao material e a sua funcionalidade e razões de ensino e aprendizagem são os mais citados pelos participantes. Mas, como dissemos, as categorias não são isoláveis e mais da metade (58%) dos participantes tiveram suas respostas classificadas em pelo menos três categorias e somente um quinto deles atribuem razões que varrem uma única categoria. A tabela, portanto, fornece somente uma indicação maior da preferência dos sujeitos pesquisados em eleger pontos dos experimentos e equipamentos associados à segunda e terceira categorias.

Tabela I. Porcentagem de escolha de experimentos de Física por categoria

Categorias	%
1. Motivacional	51
2. Funcional	81
3. Instrucional	78
4. Epistemológica	51

Na literatura recente encontramos trabalhos que, partindo de outras perspectivas de pesquisa, podem ser comparados com esses resultados. Em especial, primeiramente, centramos-nos em quatro trabalhos que tiveram como meta examinar as intenções ou propósitos, importância ou objetivos do laboratório na educação científica⁴. O primeiro, que envolveu vários países europeus⁵, relata que os principais objetivos formulados para os laboratórios investigados foram: (a) Ligar teoria e prática; (b) Aprender habilidades (técnicas)

⁴ O terceiro trabalho comentado teve esse propósito de maneira parcial.

⁵ Também o segundo trabalho citado faz uma análise geral de todas as pesquisas individuais de cada projeto desses países envolvidos.

experimentais; (c) Fomentar a motivação, o desenvolvimento pessoal e a competência social; (e) Avaliar o conhecimento aprendido (Welzel et al. 1998). De acordo com Welzel et al., apesar de haver uma relativa importância atribuída às habilidades e pouca à motivação, é no estabelecimento da relação entre teoria e prática que está posta a principal meta do ensino de laboratório (ibid., p.1). Ainda que não tenhamos obtido uma referência direta, no que se refere a avaliar conhecimentos ou a expressar competência social, que seria, no primeiro caso, adequadamente classificado na nossa categoria Instrucional e, no caso da competência social, como acabamos de discutir, é possível situá-la na componente referente à habilidade de atitudes dessa mesma categoria, a motivação em Welzel et al. (1998) foi, em coerência com o que obtivemos, relativamente pouco valorizada, como o foi, e agora, diferentemente dos autores, a referência à teoria e prática. Talvez, a diferença aqui se deva ao que comentamos em relação ao significado das palavras provar, demonstrar etc., que mereceria um trabalho em separado, com uma análise mais refinada, que fizesse uma distinção mais profunda a esse respeito, em ambos os trabalhos.

Um segundo estudo, realizado por Séré (2002), afirma que *clássicas* categorias conceituais, epistemológicas e procedimentais continuam oportunizando uma análise atual dos numerosos objetivos de laboratórios didáticos (p. 626). Se considerarmos a primeira e última dessas clássicas categorias como capazes de serem representadas pela nossa categoria Instrucional, vemos que os nossos achados e interpretações estão em concordância com elas, apesar da limitação das categorias da autora, para o nosso interesse.

O terceiro trabalho, de Hirvonen & Viiri (2002), entre outras coisas, traz relatos de licenciandos de segundo ao quarto ano de física, sobre as suas participações em um curso experimental de física escolar com equipamento padrão⁶. Desses relatos, eles investigaram a contribuição do curso e seus benefícios. A compreensão dos ganhos e benefícios mais enfatizados pelos licenciandos foi interpretada por Hirvonen & Viiri (ibid.) através dos objetivos dos trabalhos práticos, estando descritos na tabela II. Por ela, vemos que os objetivos 1 e 4 correspondem à nossa categoria Instrucional, sendo o último objetivo característico da componente cognitiva da categoria. Analogamente, os objetivos 2 e 3 estão em conformidade com as nossas categorias Epistemológica e Motivacional, respectivamente. Para efeitos ainda de comparação dos trabalhos, imaginemos a reunião dos objetivos 1 e 4. Tal procedimento nos permite avaliar que a porcentagem desse possível agrupamento de objetivos (1 + 4) provavelmente ultrapasse o valor dos 60%. Logo, este objetivo supera, em termos percentuais, os objetivos 2 ou 3, mostrando uma coerência com os nossos achados. Outra coincidência curiosa que vale notar são os valores muito próximos dos objetivos 2 (48%) e 3 (45%), na tabela II. Isso contrasta com os resultados também semelhantes de 51% obtidos para as categorias Motivacional e Epistemológica da tabela I. Aqui permite refletir se isto é uma mera coincidência, envolvendo ambas as pesquisas, argumento que poderia ser sustentável devido às diferenças metodológicas, ou talvez possa estar existindo uma tendência, onde uma importância relativa equivalente está sendo dada a essas categorias e aos seus paralelos objetivos.

Num estudo junto a professores e alunos do secundário, um quarto trabalho (Lynch e Ndyetabura 1983) reforça a maior inclinação instrucional. Em levantamento feito entre dez

⁶ No caso do curso de Instrumentação pelo qual passou a amostra pesquisada, pequena parte da carga horária de 136 horas é gasta com equipamentos comerciais. A maior parte do curso tem como proposta equipamentos alternativos de baixo custo, que os próprios usuários são capazes de construir ou adquirir.

objetivos a respeito do trabalho prático, quatro escolhas, no sentido de *‘fazer a teoria mais compreensível’*, mereceram alta atenção dos participantes.

Tabela II. Ganhos mais comuns enfatizados nos relatos de licenciandos que experimentaram um trabalho prático (extraído de Hirvonen & Viiri 2002: 314).

Objetivos	%
1. Aprende-se, entende-se e lembra-se melhor fazendo trabalhos práticos.	60
2. O trabalho prático relaciona a física com a natureza e o mundo real, concretizando a teoria.	48
3. O trabalho prático fomenta a motivação e aumenta o interesse dos licenciandos, que beneficia futuras aprendizagens.	45
4. O trabalho prático cria pensamentos, reflexões e discussões.	35

As conclusões anteriores do trabalho de Welzel et al. (1998) não nos permitem, no entanto, apontar uma decisão segura para essa questão, pois, por um lado, a prioridade epistemológica é ali destacada - se “ligar teoria e prática” tiver essa conotação, como dissemos -, mas a atribuição motivacional, pelo contrário, apresenta pouca relevância. Entretanto, esse e o terceiro trabalho, juntamente com o nosso parecem mostrar a relativa menor importância que se dá à motivação.

Ainda com referência à literatura, é interessante verificar que os recentes trabalhos mencionados voltam-se aos mesmos objetivos do laboratório, que estudos mais antigos já destacavam. Em 1973 Shulman e Tamir (apud White 1996: 762) diziam que nos anos sessenta – e mais recentemente temos Tumper (2003: 646) fazendo as mesmas observações para a década de setenta -, os objetivos e o desenvolvimento do laboratório era suportado pelas seguintes orientações:

- a) Habilidades (acurado uso e manipulação de instrumentos, habilidade de indagar, ordenação, comunicação, pensamento crítico e resolução de problemas); b) Conceitos (concreta representação dos conceitos, aplicação dos conceitos aprendidos num alto nível e descoberta de novos conceitos); c) Natureza da ciência (entender a natureza da ciência e seu desenvolvimento e reconhecer como os cientistas trabalham; d) Atitudes (curiosidade, abertura, realidade, objetividade, acurácia e cooperação num time de trabalho).

Por aí vemos que se considerarmos a nossa classificação expandida, que inclui a componente habilidade no seu sentido geral na categoria Instrucional, conseguimos englobar todos os itens apontados de ambos os trabalhos.

Um ponto a se compreender são as convergências que apareceram entre as nossas categorias e a bibliografia mencionada, uma vez que a natureza dos aspectos tratados é distinta. Nesta pesquisa o enfoque está no experimento ou equipamento, enquanto nas pesquisas citadas está no papel, objetivo ou propósito do laboratório didático. Acreditamos que as convergências são devidas à aproximação existente entre os aspectos, haja vista que o domínio dos motivos para a escolha de determinados experimentos mantém correspondência com o conjunto dos objetivos de um laboratório. Em outras palavras, ao se optar por um experimento ou uma atividade experimental particular, muitos dos fins para tal preferência

devem encontrar ressonância no âmbito mais ampliado das finalidades do laboratório didático. Conceitualmente, objetivos, propósitos, papéis ou função do laboratório didático são questões de ordem maior e, assim, muitas primazias dadas a certas atividades experimentais se obrigam a constar dessas esferas de preocupação. Poderíamos citar, a título de exemplo, a questão da competência social, já mencionada por Welzel et al. (1998), ou a defesa por uma variabilidade metodológica (Laburú et al. 2003), oportunizada pelas atividades práticas, ou, como vimos, a questão das habilidades cognitivas que são horizontes de preocupação que transcendem uma ação experimental particular ou equipamento mais apropriado. Em suma, o que um professor toma como importante para a atividade de laboratório deveria se refletir, em parte, nas suas opções e ações em termos experimentais e de equipamento.

Assim, excluindo-se a categoria Funcional, as restantes três categorias, apesar de terem sido criadas tendo em vista uma outra finalidade, refletem, igualmente, os objetivos individuais do laboratório encontrados na literatura. De certa forma, poderíamos dizer que essas três categorias elaboradas têm potencial de generalização, podendo ser empregadas, inclusive, como uma primeira tentativa de aglutinar os vários objetivos, propósitos ou papéis relativos ao laboratório didático, expandindo ou fornecendo outra leitura à primeira tentativa das categorias clássicas de Séré (2002).

Não obstante a existência de correspondências entre o nosso e os demais trabalhos, as razões para a escolha de um experimento ou equipamento têm especificidades não contempladas pelos objetivos. Primeiramente, vemos que não há equivalência relacionada com a categoria Funcional. Deparamo-nos, neste caso, com particularidades próprias em nossas categorias, certamente impostas pela característica contextual da amostra, como a questão dos experimentos e equipamentos simples, não caixas-pretas, de baixo custo, de fácil aquisição, com a possibilidade de construção do equipamento pelo aluno e pelo próprio professor. Outros aspectos destacáveis, que possivelmente extrapolam a particular amostra estudada, dizem respeito aos experimentos repetíveis, cujos dados não sejam ambíguos, uma preocupação já tocada por Millar (1987: 113) num contexto de reflexão diferente do aqui discutido que, por conseqüência, leva à escolha de experiências com erro relativo pequeno, sendo evitadas as que assim não se conformam (Tarciso Borges 2003: 300) e, além disso, sendo buscadas as que têm facilidade na obtenção das medidas e resultados. Acrescentemos, ainda, o destaque dado a experimentos que apresentem uma concentração de conceitos e de idéias importantes e outros mais inequívocos, como o tempo adequado para a realização da prática, que estaria vinculado a uma restrição institucional, como nos lembra Richoux & Beaufils (2003).

Um último comentário que gostaríamos de fazer, diz respeito à observação de Axt (1991) de que certos experimentos são considerados universalmente apropriados para a abordagem de certos tópicos⁷, como, da mesma forma, diversas modalidades de experimentos possuem historicamente as mesmas características, sendo encontrados nos mais variados livros didáticos atuais e antigos, de diferentes origens, sugerindo uma prática didática comum (opus cit.: 2). Quanto à observação de que os experimentos possuem as mesmas características históricas não há o que divergir, já que os conteúdos ensinados são também históricos e estes se amoldam àqueles, e ambos são subjacentes de uma visão de aprender ciência como cultura. Agora, quanto à universalização de certos experimentos e da prática didática comum, acreditamos que ela se deva mais ao limitado conhecimento profissional dos professores, que se prendem aos livros escolares e à reprodução de práticas didáticas a que

⁷ Como a experiência das três bacias, destinada a mostrar a falha dos nossos sentidos como indicador de temperatura de um líquido (Axt 1991: 2).

estiveram submetidos em sua formação. Nesse sentido, as pesquisas em educação científica procuram dar alternativas a esse estado de coisas, mas, o que deve ser notado, é que os nossos resultados mostram que a adequação ou não, de um experimento ou equipamento, envolve fatores que excedem os contemplados pelos experimentos tradicionais.

Conclusão

Como já adiantamos, muitos das falas dos licenciados e licenciandos obtidos neste estudo podem estar a retratar as particularidades da amostra, que, por sua vez, devem refletir o curso de formação por que passaram. Portanto, seria de interesse verificar o quanto é passível de generalização as conclusões encontradas para outras amostras com perfis diferentes, e observar se outras peculiaridades não locais existem, merecendo uma nova categoria complementar ou reformulação das existentes. Sem desconsiderar tais especificidades, a comparação dos nossos resultados com os de outros países parece indicar alguns padrões compartilhados, logo, com força de generalização, a respeito da escolha de certos experimentos e equipamentos e que mantêm um vínculo simultaneamente com o objetivo mais geral das atividades práticas. Dessa forma, pudemos fazer um paralelismo desses objetivos com as categorias encontradas, já que vários objetivos tomam forma concreta através da opção de experimentos ou equipamentos que melhor se acomodam a eles.

Em continuidade a este estudo, caberia uma análise estatística mais aprofundada das percentagens das categorias ou mesmo dos seus elementos, para dirimir as dúvidas suscitadas na seção anterior. No caso, particularmente, de uma investigação a propósito dos elementos individuais, a atenção estaria voltada à observação dos interesses mais prioritários buscados num experimento ou equipamento. Diga-se de passagem, faz-se necessário, numa investigação desse tipo, buscar uma acuidade maior na discriminação do sentido de algumas palavras, como apontamos.

A importância de uma pesquisa, com as características desenvolvidas aqui, não se resume a preencher uma lacuna na literatura científica, o que por si só já seria válido. Contudo, imaginamos que seu mérito maior esteja em trazer para o plano da consciência as decisões, muitas vezes, inconscientes, logo, imaturas e incontroladas, dos profissionais em educação científica, quando optam por certos experimentos e não por outros.

Com isso, a contribuição que estas reflexões pretendeu dar à compreensão de um dos multifacetados aspectos do laboratório didático, procura ir ao encontro de uma melhoria pedagógica neste tipo de atividade. A princípio, esta melhoria somente deve alcançar um mínimo de sucesso, se consideradas também as necessidades de seus usuários, que são os professores e alunos, consideração que, por parte dos professores, este estudo pretendeu relevar. Por fim, poderíamos mencionar, como um possível e complementar produto deste trabalho, servir de heurística para projetistas que desenvolvem equipamentos e experimentos didáticos na área.

Referências

- ABRANTES, P. *Epistemologia e cognição*, editora UnB, Brasília, 1993.
- ALLIE, S. ET AL. First year physics student's perceptions of the quality of experimental measurements, *International Journal of Science Education*, 20, 4, 447-459, 1998.

- ARRUDA, S. M., SILVA, M. R & LABURÚ, C. E Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana, *Investigações em Ensino de Ciências*, 6, 1, 1-9, 2001.
- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de ciências. In: M. A. Moreira & R. Axt, *Tópicos em ensino de Ciências*, Sagra, 1991.
- BALLIN, S. Critical thinking and science education, *Science & Education*, 11, 361-375, 2002.
- BAROLLI, E. *Reflexões sobre o trabalho dos estudantes no laboratório didático*, Tese de Doutorado, FEUSP, São Paulo, SP, 1998.
- BERG, C. A. R., BERGND AHL, V. C. B. LUNDEBERG, B. K. S. & TIBELL, L. A. E. Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the nature experiment, *International Journal of Science Education*, 25, 3 351-372, 2003.
- CARDOSO, S. P. & COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química, *Química Nova*, 23, 3, 401-404, 2000.
- COELHO, S. M. *Contribution à l'étude didatique du mesurage en physique dans l'enseignement secondaire: description et analyse de l'activité intellectuelle et pratique des élèves et des enseignants*, These de Doctorat, Université de Paris, 1993.
- CUDMANI, L. C. & SANDOVAL, J.S. Modelo físico e realidade. Importância de sua adequação quantitativa. Implicações para a aprendizagem, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 8, 3, 193-204, 1991.
- CUDMANI, L. C., SANDOVAL, J. S. & DANON, M. P. Distintos tipos de constantes en física y aprendizaje significativo de la disciplina, *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 2, 237-248, 1995.
- DORAN R. L., FRASER, B. F. & DE TURE, L. (Science laboratory skill among grade 9 students in western australia, *International Journal of Science Education*, 17, 1, 27-44, 1995.
- DUHEM, P. Algumas reflexões acerca da física experimental, *Ciência e Filosofia*, tradução Nivaldo de Carvalho, 4, 87-118, 1989.
- GIL, D. & CASTRO, V. P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 2, 155-163.
- GOLIN, G. (2002). Introducing fundamental physical experiments to students, *Science & Education*, 11, 487-495, 1996.
- GOTT, R. & MASHITER, J. Practical work in science. A task-based approach? *Teaching Science*, edited by Ralph Levison at The Open University, Routledge, London and NY., 1994.
- GARNIER, C., BEDNARZ, N. & ULANOVSKAYA, I. A aprendizagem como atividade coletiva: escolha e organização das atividades segundo as correntes soviéticas e sócio-construtivistas. In: *Após vygotsky e piaget. Perspectivas social e construtivista. Escolas russa e ocidental*”, Artes Médicas, ISBN 85-7307-148-6, Porto Alegre, 207-222, 1996.
- GUIMARÃES, S. E. R. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula. In: BZUNECK, José Aloyseo & BORUCHOVITCH, Evely *A motivação do aluno*, Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 37-57, 2001.
- HIRVONEN, P. E. & VIIRI, J. Physics student teachers' ideas about the objectives of practical works, *Science & Education*, 11, 305-316, 2002.

- HODSON, D. Philosophy of science, science and science education, *Studies in Science Education*, 12, 25-57, 1985.
- HODSON, D. A critical look at practical work in school science, *School Science Review*, 70, 33-40, 1990.
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 3, 299-313, 1994.
- HOFSTEIN, A. & LUNETTA, V. The laboratory in science education: foundations for twenty-first century, *Science Education*, 88, 28- 54, 2004.
- KIRSCHNER, P. A. Epistemology, practical work and academic skills in science education, *Science & Education*, 1, 273-299, 1992.
- LABORDE, C. Duas utilizações complementares da dimensão social nas situações de aprendizado da matemática. “In: *Após vygotsky e piaget. Perspectivas social e construtivista. Escolas russa e ocidental*”, Artes Médicas, ISBN 85-7307-148-6, Porto Alegre: 29- 46. 1996.
- LABURÚ, C. E. Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discursivo multivocal e univocal, *Investigações em Ensino de Ciências*, 8, 3, 1-26, 2003.
- LABURÚ, C. E., ARRUDA, S. M. & NARDI, R. Por um pluralismo metodológico para o ensino de ciências, *Ciência & Educação*, 9, 2, 247-260, 2003.
- LAKATOS, I. & MUSGRAVE, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*, Editora Cultrix, São Paulo, SP, 1979.
- LEACH, J. Students` understanding of the co-ordination of theory and evidence in science, *International Journal of Science Education*, 21, 8, 798-806, 1999.
- LIANKO, A. A. Investigative laboratory - (I-Labs) as a high school science elective, *Toward Scientific Literacy, HPSST Conference Proceedings*, Faculty of Education, University of Calgary, 485-492, 1999.
- LYNCH, P.P. & NDYETABURA, V. L. Practical work in schools: an examination of teachers´ stated aims and the influence of practical work according to students, *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 663-71, 1983.
- LUBBEN, F. & MILLAR, R. Children’s ideas about the reliability of experimental data, *International Journal of Science Education*, 18, 8, 955-968, 1996.
- NEDELSKY, L. Introductory physics laboratory, *American Journal of Physics*, 26, 2, 51-59, 1958.
- MARTINS, R. A. A visão operacional dos conceitos e medidas físicas, *Revista de Ensino de Física*, 4, 57-84, 1982.
- MARTINEZ, M. E. & HAERTEL, E. Components of interesting science experiments, *Science Education*, 75, 4, 471-479, 1991.
- MATTHEWS, M. R. *Science teaching. The role of history and philosophy of science*. Philosophy of Education. Research Library. Routledge. Cortez Editor. NY., 1994..
- MICHELSONS, P. B. The role of experimental work, *American Journal of Physics*, 30, 172-178, 1962.
- MILLAR, R. Towards a role for experiment in the science teaching laboratory, *Studies in Science Education*, 14, 109-118, 1987.

MILLAR, R. What is ‘scientific method’ and can it be taught? *Teaching Science*. Edited by Ralph Levinson at the Open University. Routledge, London and New York, 164-177, 1994.

MILLAR, R. & DRIVER, R. Beyond process, *Studies in Science Education*, 14, 33-62, 1987.

MOREIRA, M. A. A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general physics courses, *European Journal of Science Education*, 2, 441-448., 1980.

PIAGET, J. & INHELDER, B. *Da lógica da criança à lógica do adolescente*, São Paulo, Editora Pioneira das Ciências Sociais, 1976.

RICHOUX, H. & BEAUFILS, D. La planificación de las actividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de física: análisis de prácticas de profesores, *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 1, 95-106, 2003.

RYDER, J. & LEACH, J. Interpreting experimental data: the views of upper secondary school and university science students, *International Journal of Science Education*, 22, 10, 1069-1084, 2000.

RUBTSOV, V. A atividade de aprendizado e os problemas referentes à formação do pensamento teórico dos escolares. In: *Após vygotsky e piaget. Perspectivas social e construtivista. Escolas russa e ocidental*”, Artes Médicas, ISBN 85-7307-148-6, Porto Alegre, 129-137, 1996.

RUBTSOV, V. Atividade coletiva e aquisição de conceitos teóricos de física por escolares. In: *Após vygotsky e piaget. Perspectivas social e construtivista. Escolas russa e ocidental*”, Artes Médicas, ISBN 85-7307-148-6, Porto Alegre, 186-195, 1996a.

SANDOVAL, J. S. Las experiencias de búsqueda de relaciones entre magnitudes como herramientas para incorporar al aula aspectos de la metodología dela investigación científica, *Revista de Ensino de Física*, 12, 59-77, 1990.

SANDOVAL, J. S. & CUDMANI, L. C. Los laboratorios de física de ciclos básicos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida. *Revista de Enseñanza de la Física*, Asociación de Profesores de la Física de la Argentina, 5, 2, 10-17, 1992.

SEBASTIA, J. M. Que se pretende en los laboratórios de física universitária, *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), 196-204, 1987.

SÉRÉ, M-G. Towards renewed research questions from the outcomes of the european project labwork in science education, *Science Education*, 86, 624-644, 2002.

SÉRÉ, M-G., COELHO, S. D. & NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20, 1, 30- 42, 2003.

SÉRÉ, M-G., JOUNEAUX R. & LARCHER, C. (Learning the statistical analysis of measurements errors, *International Journal of Science Education*, 15, 4, 427-438, 1993.

SOLOMON, J. Learning through experiment, *Studies in Science Education*, 15, 103-108, 1988.

TARCISO BORGES, A. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19, 3, 291-313, 2002.

TIBERGHIE, A., VEILLARD, L., LE MARÉCHAL, J-F., BUTY, C. MILLAR, R. An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several european countries, *Science Education*, 85, 483-508, 2001.

TRUMPER, R. The physics laboratory – a historical overview and future perspectives, *Science & Education*, 12, 645-670, 2003.

TSAI, C-C. Taiwanese science students' and teachers' perceptions of laboratory learning environments: exploring epistemological gaps, *International Journal of Science Education*, 25, 7, 847-860, 2003.

WELZEL, M., HALLER, K., BANDIERA, M., HAMMELEV, D., KOUMARAS, P., NIEDDERER, H., PAULSEN, A., ROBINAULT, K. & von AUFSCHNAITER, S. Teachers' objectives for labwork. Research tool and cross country results, European Commissions Targeted Social-Economic Research Programme Project *PL 95-2005 Labwork in Science Education*, Working Paper 6, University of Bremen. <http://www.physick.uni-bremen.de/physics.education/niedderer/projects/labwork/index.html>, 1998.

WHITE, R., T. The link between the laboratory and learning, *International Journal of Science Education*, 18, 7, 761-774, 1996.

Recebido em: 10.09.2004

Aceito em: 04.04.2005