

LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL II

Awdry Feisser Miquelin

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Ponta Grossa, Paraná - Brasil

awdry@utfpr.edu.br

Julio Cesar Muchenski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Ponta Grossa,

Paraná - Brasil. Colégio Estadual do Paraná. Curitiba, Paraná - Brasil

juliomuchenski@gmail.com

RESUMO: Pesquisou-se o alargamento do senso comum no sentido de Paty (2003), de estudantes do nono ano do ensino fundamental II do Colégio Estadual do Paraná em 2014, mediado por um ensino de física teórico e experimental com a utilização do laboratório didático (LD). Investigou-se o LD estruturado na forma de sequências didáticas e dos momentos pedagógicos de Delizoicov (2011) com: problematizações envolvendo colisões; organização dos saberes relacionados com a lei fundamental dos movimentos idealizados com os modelos – réplica de Dutra (2005); e a aplicação dos saberes em caráter investigativo das colisões. Os registros foram feitos por questionários, guias instrucionais e áudios das manifestações faladas entre estudantes e professor participante. A análise das representações dos estudantes mostrou o aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos saberes da física trabalhados.

PALAVRAS CHAVE: ensino de física teórico e experimental, alargamento do senso comum, laboratório didático.

OBJETIVOS: utilizar do laboratório didático para mediação da aprendizagem dos saberes da física relacionados com a lei fundamental dos movimentos, contribuir para o aperfeiçoamento epistemológico de saberes científicos para o alargamento do senso comum dos estudantes; aumentar o realismo científico dos saberes da física relacionados com a lei fundamental dos movimentos para a interpretação de contextos problematizados envolvendo colisões entre veículos.

COMO SUPERAR A TRADIÇÃO DO LABORATÓRIO DIDÁTICO PARA ENSI- NAR FÍSICA NO EF II?

Pesquisou-se o laboratório didático (LD) de física do Colégio Estadual do Paraná, em que se observou uma tradição no protocolo das atividades experimentais e dos roteiros de instrução, caracterizados por práticas demonstrativas e automatizadas, acompanhadas e guiadas por textos instrucionais livrescos similares à guias turísticos. Estes guias construídos com uma sequência de lacunas que os estudantes deveriam ir preenchendo, elaborados segundo uma tradição metodológica de reprodução, memorização, sem contexto e não investigativo. Essa tradição associada com uma concepção de experimentação que promoveu alguma aprendizagem da rotina da manipulação dos aparelhos experimentais, mas que

falhou em termos da aprendizagem dos saberes da física. Da observação surgiu o questionamento: por que no LD de ciências, apesar da evolução tecnológica, é mantida essencialmente a tradição da aprendizagem da técnica experimental?

Trabalhos sobre a utilização tradicional do LD, encontrados em Laburú e Silva (2011) e Pinho (2000), reforçam a concepção da sua limitação em termos de ensino e aprendizagem da metodologia experimental. Segundo Pinho (2000) o LD com o objetivo de ensino de saberes da física mostrou-se ineficaz, restrito por uma transposição didática simplificada da representação do contexto da produção científica, limitando-se com uma proposta de aprendizagem de técnicas de manipulação experimental, com a priorização da parte empírica. Que produziu imagens do LD na escola de uma representação ingênua e única da pluralidade dos métodos científicos, como algo infalível, em que o cientista realiza uma metodologia de provas científicas e que extrai da natureza leis e teorias que estavam escondidas prontas para serem descobertas. Entretanto, Laburú e Silva (2011) não negam que o LD também pode ser um espaço de ensino e aprendizagem de conceitos científicos. E, na busca de estratégias de ensino diferenciadas do LD tradicional e encontrando ressonância no discurso daqueles que defendem o LD “e, de forma geral, as atividades empíricas que venham ocorrer em espaços outros que não necessariamente nesse local” (LABURÚ e SILVA, 2011, p. 722), e não limitando o contexto do LD em si, mas para além dele. Laburú e Silva (2011) contribuíram com uma proposta de LD de multimodalidade representacional e de múltiplas representações.

Consistindo na manipulação de um saber da física em diferentes aparelhos experimentais e em diferentes contextos problematizados, para que os estudantes adquiram pluralidade de representações sobre o saber manipulado. Encaminhamento metodológico que pode alicerçar um ensino de física teórico e experimental, no qual estudante adquira um perfil negociador quando interagir com o mundo da ciência e tecnologia, com uma estrutura científica de pensamento que permita a comunicação com especialistas das áreas técnicas e científicas, podendo se posicionar de forma crítica conforme um senso comum alargado definido por Paty (2003). No LD admitiu-se a possibilidade do alargamento através: do aperfeiçoamento epistemológico segundo Bachelard (2009) e Bachelard (2013); e através da especulação complexa de Hacking (2012), por meio da construção de representações dos conceitos científicos pelos estudantes estruturados através da especulação com a linguagem físico matemática, desde as primeiras geometrizações até as formas mais abstratas envolvendo modelos matemáticos, tabelas e gráficos.

Os diferentes modos de representação, de manipulação e do inquerir dos conceitos científicos que se refere Laburú e Silva (2011), podem implicar que os estudantes adquiram a característica do desenvolvimento do discurso científico, na forma de representar, de raciocinar e também do inquerir científico. Permitindo que aprendam inúmeras formas de representação utilizadas pela ciência, que saibam articular de forma coordenada e convertida em um discurso consistente associado a uma estrutura científica de pensamento.

Dentre os muitos modos de representação os “modelos réplica” de (DUTRA, 2005), por razões de aproximação com situações reais e pela exigência dos estudantes em pensar o experimento e como delimitar para aplicar por exemplo leis e teorias. E de modo a especular de forma complexa segundo Hacking (2012), o saber fazer e pensar o experimento utilizando as ferramentas da linguagem físico matemática, que manipula e pensa o experimento, articulando com cálculos matemáticos, tabelas, gráficos e reconhecendo anomalias durante a experimentação. Nos modelos – réplica de Dutra (2005), que com determinadas condições de contorno, podem ser aproximados de porções do mundo real, e das vivências cotidianas dos estudantes.

Do ponto de vista epistemológico, do equilíbrio, entre o racional e o empírico, tratados de forma não hierárquica por Hacking (2012) e Bachelard (2009), não valorizando o idealismo em detrimento do empirismo ou o contrário, para organização da proposta do LD escolheu-se Delizoicov (2011) para

elaboração das sequências didáticas, que com seus três momentos pedagógicos metodizou a “interação não neutra entre o sujeito e objeto”, (DELIZOICOV, 2011, p. 183). O primeiro momento, o da problematização, em que os estudantes tomem para si problemas da disciplina de ciência. O segundo momento, da organização do conhecimento, com o laboratório de multimodalidade representacional e com os modelos – réplica. E o terceiro momento, da aplicação do conhecimento, em que os estudantes com o senso comum alargado através do aperfeiçoamento epistemológico das suas representações a respeito dos fenômenos modelados e das entidades científicas utilizadas para as suas explicações, tornam-se capazes de explicar questões relacionadas por exemplo com colisões entre veículos, construção dos veículos e itens para maior segurança dos que o utilizam.

ENSINANDO FÍSICA PARA O EF II ATRAVÉS DO LD

Trabalhou-se com uma turma do nono ano do EFII em 2014, com sequências didáticas estruturadas com os três momentos pedagógicos. Com a manipulação da conservação da quantidade de movimento e da lei fundamental dos movimentos, conforme apresentados no Principia (2008), associando com colisões. Na primeira das SD manipulou-se a conservação de alguma “coisa”, com a problematização do pêndulo de Newton no primeiro momento pedagógico ilustrado por um vídeo (Como explicar o funcionamento do pêndulo através de um princípio físico e associado a esse “algo” que é transferido de uma bolinha para outra?), em que o movimento das esferas se conservou, na condição da força que dissipa por atrito com o ar fosse desconsiderada, para um tempo de observação pequeno para algumas oscilações. “De fato a ciência contemporânea se instrui sobre sistemas isolados, sobre unidades parcelares” (Bachelard, 2013, p. 112). Para o modelo de conservação da quantidade de movimento que optamos, em que escolhemos desprezar o atrito com o ar, “no que se refere aos princípios epistemológicos, a ciência contemporânea afirma que as quantidades desprezíveis devem ser desprezadas” (Bachelard, 2013, p. 112).

Trabalhou-se no modelo-réplica de Dutra (2005) a criação dos fenômenos de colisões, em que os estudantes manipularam a quantidade de movimento em um sistema isolado, em diversos aparatos experimentais do artesanal ao tecnológico. Depois replicados sistemas não isolados para a investigação da lei fundamental dos movimentos. Dando ênfase à manipulação da entidade teórica na experimentação, sempre iniciando com uma situação-problema para que o estudante possa revirá-la em diferentes aparatos experimentais conforme o laboratório de multimodalidade representacional, de modo a pensar o experimento instigado pela problematização, associando o racional e o empírico enquanto especula na busca de soluções possíveis, apresentadas e negociadas pelos integrantes do grupo de trabalho, que exercitaram a sua razão contra os outros, no jogo bilateral que a atividade permitiu. Na tabela a seguir, apresentamos as (SD), todas construídas segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011):

Tabela 1.
Resumo das sequências didáticas.

S. D.	OBJETIVO	PECULIARIDADES DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS
I	Apresentar o conceito da conservação de uma determinada grandeza.	O conceito de conservação deve ser apresentado com material instrutivo em alto grau de abstração, generalidade e inclusividade, com o cuidado de não se utilizar de aparelhos metafóricos que possam mais tarde constituir obstáculos epistemológicos ao aprendizado dos estudantes. Orientamos um jogo de figurinhas entre os colegas de uma bancada que farão a contagem das figurinhas a cada rodada e também o total, ressaltando também o total de figurinhas do grupo de jogadores.
	Experimentar de forma artesanal, com modelo réplica simulando interação entre corpos.	Experimentos artesanais, com conservação da quantidade de movimento problematização envolvendo relações com colisões. Os estudantes, ao manipularem os aparelhos experimentais artesanais no início do processo, foram muito mais empíricos do que racionais, porém faz parte do processo de cultura de laboratório. E, na medida que a SD continuou, ocorreu o equilíbrio entre o racional e o empírico.
II	Problematizar a conservação da quantidade de movimento, relacionados com colisões.	Os exercícios de fixação prorrogam a manipulação das entidades manipuladas no espaço do laboratório, aumentando o exercício de abstração, que auxiliará o aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos estudantes daquela entidade manipulada.
III	Manipular a terceira lei de Newton	Investigação em um sistema isolado das forças internas durante a interação entre corpos, com a manipulação da terceira lei de Newton, ressaltando suas características e aumentando o realismo científico do princípio da ação e reação.
IV	Leitura de artigo	Sobre quantidade de movimento, conservação da quantidade de movimento e leis de Newton. Com a intenção de prorrogar o tempo escolar, propõe-se a leitura do artigo: exercitem a articulação através do cálculo e da linguagem físico-matemática, os tipos da física trabalhados na SD.
V	Comparar os métodos do artesanal e/ou tecnológico	Do artesanal, tecnológico com Fletcher e tecnológico com programa Tracker a respeito da lei fundamental dos movimentos. Com os registros nos guias de instrução de cada modalidade trabalhada na atividade IV, os estudantes poderão discutir as vantagens e desvantagens de cada modalidade, discutir possíveis anomalias e aproximações com o modelo. Por fim, cada grupo se manifestará no grande grupo, enriquecendo o jogo bilateral que defendemos como característica na cultura de laboratório que se deseja no ensino de Física.

Fonte: Adaptada de Muchenski (2015, p. 41).

Com a utilização do Tracker na “V” permitiu-se ao estudante comparar diferentes filmes, realizados nas várias atividades propostas. O Tracker mostrou-se potencializado na medida que os estudantes durante o processo das várias atividades, enxergaram nos filmes manipulados no Tracker os fenômenos que manufaturaram mais de uma vez, nos diferentes aparelhos experimentais e, puderam reconhecer as limitações de cada etapa e as vantagens, comparando os métodos de cada SD.

COLETA, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Aplicou-se questionários criando-se as categorias para as questões de 05 a 09, codificadas segundo a análise de conteúdo de Flick (2009), associadas com as representações dos estudantes dos saberes relacionados com a lei fundamental dos movimentos. Permitindo a construção da tabela a seguir:

Tabela 2.
 Conhecimento prévio dos estudantes
 sobre entidades e aspectos relacionados com a lei fundamental dos movimentos.
 A tabela foi apresentada de forma descontínua, onde aparecem os estudantes 1, ..., 31.

Estudantes	Questionário - questões de 05 a 09/categorias											
	05			06			07		08		09	
	a) Representa a quantidade de movimento /conservação e sistema isolado	b) Entende que força modifica a quantidade de movimento	c) Concebe quantidade de movimento (Q)	a) Manipula a relação $Q = m \cdot V$, a massa aumenta a velocidade diminui	b) Manipula a relação $Q = m \cdot V$, reconhece o O resultante.	c) Manipula a resultante de Q , percebendo a adequação entre a massa e velocidade	a) Manipula a relação entre menor força e maior tempo, reconhece a relação inversa de proporcionalidade	b) Intuitivamente manipula o teorema do impulso/relação de proporcionalidade entre força e tempo	a) Alguma representação do teorema do Impulso/relação de proporcionalidade entre a força e o tempo	b) Relação com colisões e o uso de cinto de segurança	a) Concebe o impulso e, a relação entre força e tempo de aplicação da força, relação inversa de proporcionalidade	b) Relação de aspectos de segurança na construção de veículos com as colisões.
1												
....												
31												
Total	00/31	14	01	01	04	05	08	12	01	05	02	03

Fonte: adaptada de Muchenski e Miquelin (2016, p. 8)

Os dados coletados do questionário apontaram um senso comum pré-científico na representação das entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, com representações provisórias, inadequadas em termos de abstração, de intuições empiristas equivocadas e de um realismo ingênuo. Obstáculos epistemológicos que apontaram reduzida formação conceitual dos estudantes sobre saberes como quantidade de movimento e sistemas conservativos, ou precário do entendimento dos saberes força, variação da velocidade e intervalo de tempo. Para a entidade força, os estudantes representaram em colisões, que a força permanece após a interação como se fosse uma memória de força no objeto. Representações alicerçadas de obstáculos epistemológicos que na SD foram desconstruídas, com experimentações não repetidas de uma atividade para outra, evitando-se qualquer acomodação e reprodução sem reflexão de forma automática. Experimentações que exigiram especulação complexa e de abstração. O questionário foi reaplicado no dia 04/12/2014, depois de encerrado a sequência de atividades e investigadas nas representações dos estudantes, quando utilizaram dos saberes manipulados nas atividades, para responder as problematizações de cada questão:

Tabela 3.

Reaplicação do questionário após as sequências didáticas. (Continua...)
A tabela foi apresentada de forma descontínua, onde aparecem os estudantes 1, ..., 31.

Estudantes	Questionário - questões de 05 a 09/categorias											
	05			06			07		08		09	
	a). Representa a quantidade de movimento /conservação e sistema isolado	b). Entende que força modifica a quantidade de movimento	c). Concebe quantidade de movimento (Q), como o produto da massa pela velocidade	a). Manipula a relação $Q = m \cdot V$, a massa aumenta a velocidade diminui	b). Manipula a relação $Q = m \cdot V$, reconhece o Q resultante.	c). Manipula a resultante de Q, percebendo a adequação entre a massa e velocidade	a). Manipula a relação entre menor força e maior tempo, reconhece a relação inversa de proporcionalidade	b). Intuitivamente manipula o teorema do impulso/relação de proporcionalidade entre força e tempo	a). Concebe o teorema do Impulso/relação de proporcionalidade entre a força e o tempo de aplicação da força.	b). Relação com colisões e o uso de cinto de segurança	a). Concebe o impulso e, a relação entre força e tempo de aplicação da força, relação inversa de proporcionalidade	b). Relação de aspectos de segurança na construção de veículos com as colisões.
1												
.....												
31												
Total	24/31	26	20	15	11	25	18	20	17	14	16	10

Fonte: adaptada de Muchenski e Miquelin (2016, p. 10).

Da análise da segunda aplicação do questionário, realizado depois das atividades, surgiram nuances do alargamento do senso comum dos estudantes, que passaram a utilizar de articuladores da linguagem físico matemática e passaram a fazer parte do seu vocabulário com um certo realismo científico, em que grandezas como quantidade de movimento, conservação da quantidade de movimento e força, empregados em uma forma precisa de relações de proporcionalidade na geometrização dessas grandezas. Mostrando a possibilidade através da especulação complexa através da linguagem físico matemática que se encontrou em Hacking (2012), do aperfeiçoamento das representações dos saberes relacionados com a lei fundamental dos movimentos, especulação que permitiu conforme Bachelard (2009) da evolução do perfil epistemológico dos saberes, admitindo claro provisório e incompleto em relação a representação dos saberes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apontou-se uma resposta ao desafio ao ensino de física teórico e empírico na fase II do ensino fundamental, com a apresentação de sequências didáticas de concepção racional e empírica para manipular a lei fundamental dos movimentos. Trabalhadas com contextos problematizados, que foram investigados de forma complexa, seja com a articulação através do cálculo com a linguagem físico matemática entre as entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, ou então com a manipulação de aparatos experimentais artesanais e tecnológicos. Apresentando assim indícios de um perfil de especulador, característico daquele observador alerta que somente quem está inserido na cultura de laboratório possui, com uma postura negociadora, crítica, articuladora diante da ciência e das tecnologias em contextos problematizados. Com a especulação complexa das entidades relaciona-

das com a lei fundamental dos movimentos, manipuladas com propriedade nos aparelhos artesanais e tecnológicos, tornaram as entidades força, variação da quantidade de movimento, tempo de interação, sistemas, modelos, conservação e outras um tanto mais reais, nas imagens que os estudantes passaram a considerar no seu sistema de crenças e, podemos dizer com uma representação mais próxima de um realismo científico.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. (2009) *A filosofia do não*. Tradução Joaquim José Moura Ramos, 6ed. Lisboa: Múltiplo.
- (2013) *A formação do espírito científico*. Tradução de Estela dos Santos Abreu, 10ed. Rio de Janeiro: Contraponto.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*, 4 ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- DUTRA, L. H. A. (2005). “Os modelos e a pragmática da investigação.” *Scientiae Studia* 3(2): 205-232.
- FLICK, U. *Introdução à Pesquisa Qualitativa*. Tradução Joice Elias Costa, 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- HACKING, I. (2012). *Representar e Intervir*. Tradução Pedro Rocha de Oliveira. Rio de Janeiro: Eduerj, 2012.
- LABURÚ, C. E. and O. H. M. DA SILVA (2011). O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. *Ciência & Educação* 17(3): 721-734.
- MUCHENSKI, J. C, *Racional & Empírico: caderno pedagógico*. 2015. 76 p. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1269/2/CT_PPGFCET_M_Muchenski%2c%20Julio%20Cesar_1.pdf.
- NEWTON, I. S. *Principia: Princípios matemáticos de Filosofia Natural – Livro I / Isaac, Sir Newton*. – 2. Ed. 1. Reimpressão. Vários tradutores. São Paulo: Edusp, 2008.
- PATY, M. *A ciência e as idas e voltas do senso comum*. *Scientia Studia*, V 1, n. 1: p. 9 -26, 2003.
- PINHO A. F., J. (2000). “Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático.” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 17(2): 174-188.

