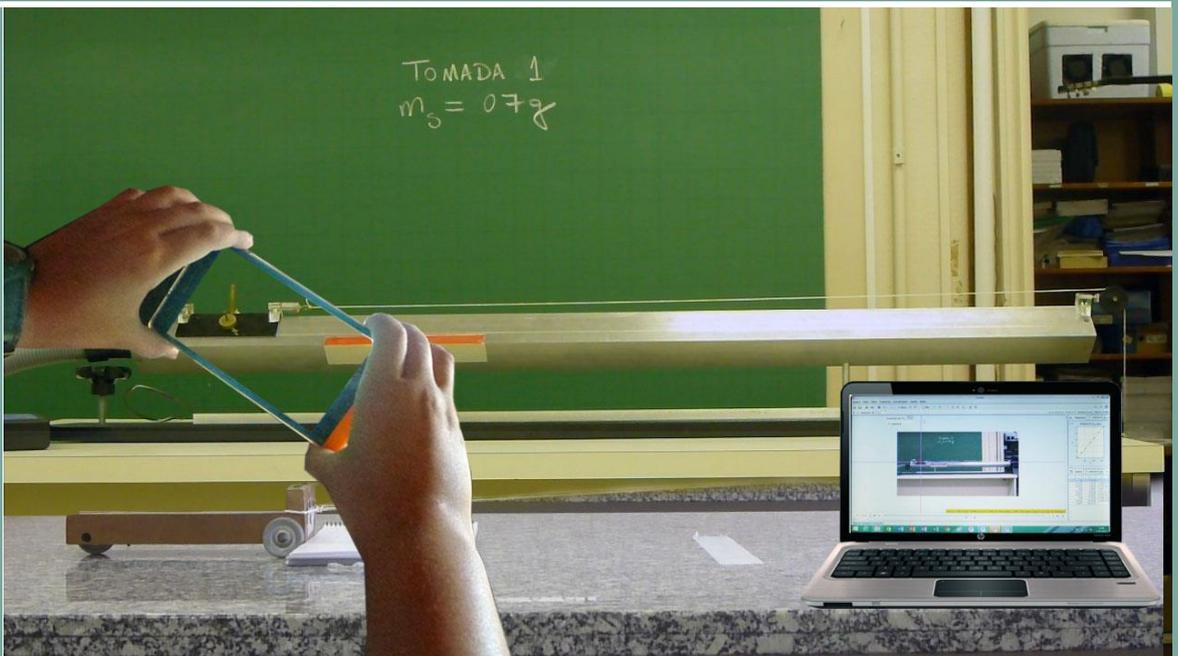


RACIONAL & EMPÍRICO

JULIO CESAR MUCHENSKI



Fotografia 1: montagem integrando os elementos artesanais e tecnológicos, para a manipulação de alguns tipos da física. Fonte: MUCHENSKI, N. H. F. Fev. de 2015.

2015

CADERNO PEDAGÓGICO

Proposta de uma metodologia para o ensino de física, alicerçada na cultura de laboratório, com a especulação complexa de tipos da física manipulados em aparelhos artesanais e tecnológicos. Estimulando a formação do gênero de raciocínio do estudante experimentador.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

M942r Muchenski, Julio Cesar
2015 Racional e empírico: caderno pedagógico / Julio Cesar Muchenski. -- 2015. 76 f.: il.; 30 cm

Bibliografia: f. 74-76.

1. Física – Estudo me ensino (Ensino fundamental). 2. Física – Metodologia. 3. Raciocínio.
4. Laboratórios de física. 5. Física experimental. 5. Tecnologia educacional. III. Título.

CDD 22 -- 507.2

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Campus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

*Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e
Tecnológica – PPGFCET*

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.



RACIONAL & EMPÍRICO

CADERNO PEDAGÓGICO

AOS QUE PROFESSAM FÍSICA NA ESCOLA BÁSICA

Com a intenção do letramento científico como proposta de ensino, alicerçado por um ensino de física que entrelaça o racional e empírico, trazemos uma sugestão de metodologia para o ensino de ciência de modo geral, que busca a modificação de um modo de raciocinar dos estudantes para um gênero de raciocínio alinhado com a cultura de laboratório. No qual os estudantes, experimentadores alertas, especulam de forma complexa através de elementos articuladores da linguagem físico matemática tipos da física e, os manipulam em diferentes aparelhos artesanais e tecnológicos.

Manipulação que permite a formação por parte dos estudantes das primeiras representações, a criação de fenômenos, dos modelos, das primeiras geometrizações, das associações através dos elementos articuladores do cálculo, das tabelas, dos gráficos, das aproximações e da percepção das anomalias. Todas em contextos problematizados que permitirá aos experimentadores alertas uma relação direta com o cotidiano em relações com a ciência e a tecnologia. Trago como inspiração para os que se encorajarem com essa metodologia de ensino, Gaston Bachelard (2009):

Se pudéssemos então traduzir filosoficamente o duplo movimento que atualmente anima o pensamento científico, aperceber-nos-íamos de que a alternância do a priori e do a posteriori é obrigatória, que o empirismo e o racionalismo estão ligados, no pensamento científico, por um estranho laço, tão forte como o que une o prazer à dor. Com efeito, um deles triunfa dando razão ao outro: o empirismo precisa ser compreendido; o racionalismo precisa de ser aplicado.

(GASTON BACHELARD, p. 11, 2009).

E todo esse vasculhar, possui a intencionalidade de aumentar o realismo científico das entidades da física por parte dos estudantes, que na medida que as manipulam, parecerá que estão manipulando uma folha de papel. Pois entendemos entidades como Hacking (2012): “Quando eles perderão seu estatuto hipotético para se tornarem objetos comuns da realidade, tais como os elétrons? Quando começarmos a nos utilizarmos deles para investigar outras coisas”. (Hacking, 2012, p. 381).

Sumário

1.	UM CONVITE A FILOSOFIA E A HISTÓRIA DA CIÊNCIA	5
1.1	PRINCIPAIS FUNDAMENTOS TEÓRICOS	7
1.2	OPERADOR DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA RACIONAL & EMPÍRICA.....	9
2.	ESTUDANTES LENDO, REFLETINDO E DISSERTANDO.....	15
3.	DESCONSTRUINDO A COLETA DE DADOS SUBJETIVOS.....	17
3.1	A MANIPULAÇÃO DO TIPO DA FÍSICA TEMPERATURA	21
3.1.1	PARTICULARIDADES DO LABORATÓRIO DO CEP.....	22
3.1.2	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTITULADA: ESTÁ QUENTE OU FRIO?.....	26
4.	LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS	33
4.1	O MUNDO MECÂNICO NA REPRESENTAÇÃO DE NEWTON	33
4.1.1	UM RECORTE MODESTO DO “PRINCIPIA” E UMA ALUSÃO DO PENSAR NEWTONIANO	37
4.2	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	39
4.2.1	O QUESTIONÁRIO: SENSO COMUM E A REPRESENTAÇÃO DAS ENTIDADES TEÓRICAS	42
4.2.2	ESPECULAÇÃO COMPLEXA DA LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS.....	48
4.2.2.1	<i>PRIMEIRO CONTEXTO: QUANTIDADE DE MOVIMENTO EM UM SISTEMA ISOLADO</i>	<i>49</i>
4.2.2.2	<i>SEGUNDO CONTEXTO: GEOMETRIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO</i>	<i>55</i>
4.2.2.3	<i>TERCEIRO CONTEXTO:ESPECULAÇÃO COMPLEXA DA LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS.....</i>	<i>62</i>
4.2.2.4	<i>TERCEIRO CONTEXTO: AGORA INVESTIGADO PELO TRACKER.....</i>	<i>70</i>
	CONSIDERAÇÕES	73
	AGRADECIMENTOS.....	73
	REFERÊNCIAS.....	75

1. UM CONVITE A FILOSOFIA E A HISTÓRIA DA CIÊNCIA

O ensino de física é desafiador, pois além do ensino através dos manuais: que apresentam o corpo teórico, os problemas exemplares e aquelas sugestões de experimentos também exemplares, que dão suporte para um curso de física na escola básica. Também é exigido aspectos da história e filosofia da ciência, e estes ao nosso ver constituem um suporte de um professor que vai muito além dos usuais manuais tradicionais, representados pelos livros didáticos adotados nas salas de aula da escola básica.

Nesse sentido apostamos em um ensino de física alinhado com a cultura de laboratório e com suporte histórico e filosófico no campo da ciência. Porém os professores de “chão de sala de aula” sabem que o tempo que temos para entregarmos ao deleite da história e da filosofia nas estruturas de diálogo com os estudantes, esbarra na limitação do nosso tempo de sala de aula com os estudantes e também na falta de textos de apoio, que todos sabemos minguem nos livros didáticos e de modo geral são apresentados apenas como textos de chamamento e de simples divulgação, mas que não remetem para uma reflexão com profundidade, pois entendemos da maneira como são apresentados, não é a intenção dos manuais que se propõe ao ensino de física normal, um trabalho mais efetivo em termos da história e filosofia da ciência.

Ainda tratando da falta de tempo, pela limitação na grade curricular das aulas designadas para a disciplina de física, o tempo dedicado para a experimentação torna-se limitado. Com a intenção de potencializar o ensino de física, defendemos o entrelaçamento de um ensino teórico e experimental, nas linhas que Bachelard (2009) e Hacking (2012) defendem na tensão entre o racional e o empírico, que acreditamos devemos ensinar física.

Dessa forma encaminhamos também uma demanda que pode contribuir para resolução de um outro problema que acompanha o ensino de física, que constitui a falta de estrutura, em termos de espaço e materiais de laboratório. Pois com projetos de ensino que promovam um ensino com a necessidade no cotidiano de sala de aula a utilização do teórico e experimental, surgirá um clamor de toda comunidade escolar da necessidade das estruturas mínimas para uma cultura de laboratório como proposta de ensino de ciência, para formação de estudantes experimentadores, com características de um gênero de raciocínio de laboratório.

A seguir apresentamos um diagrama que representa o suporte teórico da nossa metodologia:

PRINCIPAIS FUNDAMENTOS TEÓRICOS

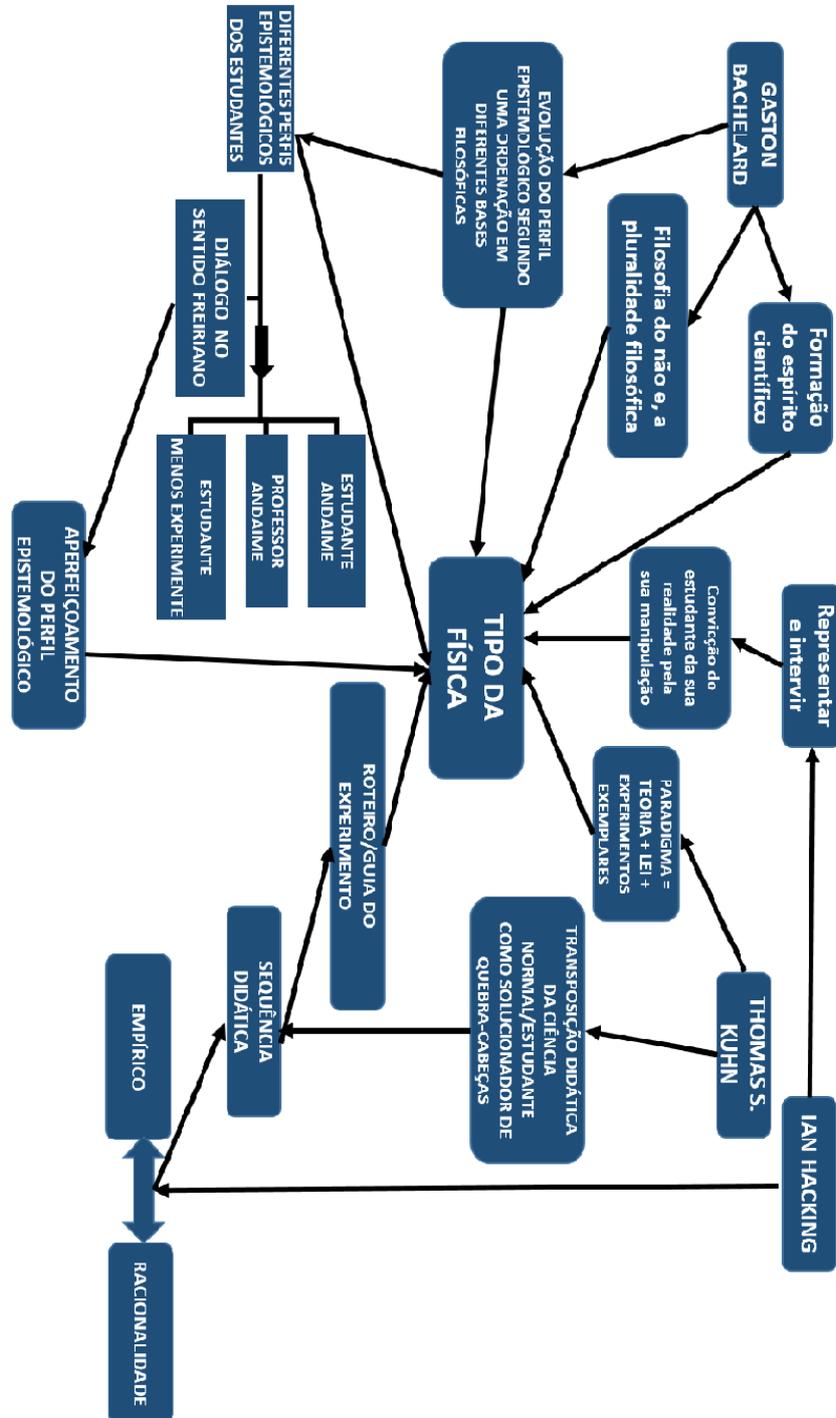


Figura 1: diagrama que aponta os fundamentos que escolhemos para dar suporte para a metodologia de ensino que propomos.

Na próxima subseção descreveremos em linhas gerais o que representamos no diagrama da figura 1.

1.1 PRINCIPAIS FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Conforme a representação do diagrama representado na figura 1, existe uma convergência para o elemento central tipo da física, que como exemplo entendam trata-se da Lei Fundamental dos Movimentos, escolha nossa, resultado da pesquisa que realizamos na demanda histórica dos arquivos do laboratório do Colégio estadual do Paraná e que resultou na constatação de que o guia instrucional de manipulação da Segunda Lei de Newton, apesar de toda a evolução tecnológica do aparelho tecnológico, exemplificado pelos fotogates para medidas precisas de tempo, não houveram ao longo dos últimos cinquenta anos nenhuma evolução no pensamento pedagógico que alicerça a metodologia de mediação do processo de ensino aprendizagem em relação a esse tipo da física.

Com a intenção de modificarmos a metodologia investimos nos autores que aparecem na figura 1 e, que o leitor que se inserir na empreitada de mediar o ensino de física apostando em um método que investe na cultura de laboratório, como o caminho possível para o desenvolvimento do raciocínio de laboratório nos estudantes, que se formarão experimentadores alertas e conectados com o mundo da ciência e das tecnologias. Aconselhamos que tornem esses autores e os livros que indicaremos, cadernos pedagógicos para o seu professor no ensino de física na escola básica.

Orientados nas leituras dos livros *Filosofia do Não e, Formação do Espírito Científico*, de Gaston Bachelard, tornamo-nos menos ingênuos em imaginar que no estudante “o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto a ponto.” (Bachelard, 2013, p. 23). Desta forma não podemos desconsiderar o perfil epistemológico dos estudantes de como concebem a ciência e como procuram resolver problemas do seu contexto e, que estejam relacionadas com o nosso mote de pesquisa em relação com a lei fundamental dos movimentos.

Optamos em realizar um questionário para investigarmos as concepções dos estudantes sobre ciência e sobre as entidades teóricas relacionadas com a segunda lei de Newton. Outro aspecto é que a cada prática da sequência didática manipularemos

entidades teóricas em problematizações diferentes e em contextos (aparatos) experimentais também diferentes, “no arriscado jogo do pensamento sem suporte experimental estável” (Bachelard, 2013, p.13).

Com um certo conhecimento do senso comum dos estudantes em relação ao tipo da física, e com a clareza norteada por Bachelard (2013) de promover o equilíbrio entre o racional e o empírico, passamos ao processo de construção de novos guias de experimentação de caráter provocativo, impondo uma cadência de investigações de problematizações. Que levou-nos a leitura do livro Representar e Intervir de Ian Hacking, pois nossa intenção era o de aumentar o realismo científico de entidades associadas com a lei fundamental dos movimentos e, encontramos no livro de Hacking (2012) um possível caminho para que os estudantes pudessem trilhar através da constante manipulação nos aparelhos experimentais e através do aumento gradativo da abstração, através da articulação utilizando a linguagem físico matemática, ou seja através do que Hacking (2012) denomina de especulação complexa, os estudantes representassem as entidades da física que manipularam com um certo realismo científico.

Retomando a ideia que nossos estudantes podem tornar-se solucionadores de problemas, buscamos aporte no livro de Thomas Kuhn, A Estrutura das Revoluções Científicas (2013). Que nos trouxe as ideias da “Ciência Normal” (Kuhn, 2013) e que nos períodos da “Ciência Normal”, os cientistas tornam-se solucionadores de quebra-cabeças, ou seja, os cientistas não vão para o laboratório para comprovar leis ou teorias, mas sim utilizam-se dessas ferramentas conceituais para investigar aspectos da natureza e que eles manufaturam fenômenos relacionados com esses trechos da natureza que interessam na solução dos “quebra-cabeças”. E que a experimentação corrige e é corrigida em um processo contínuo de retroalimentação com a teoria.

Uma vez com princípios esclarecidos pelos “remédios” que escolhemos para modificarmos a metodologia de ensino de física, entrelaçando a teoria e a experimentação, com um novo pensamento pedagógico para mediação no ensino de física que acontece na tensão entre o racional e o empírico, elaboramos roteiros de constante provocação e investigação, dos fenômenos que seriam criados no laboratório e dos modelos estabelecidos para explicá-los, que através da busca de aproximações através de elementos de articulação que buscamos na linguagem físico matemática.

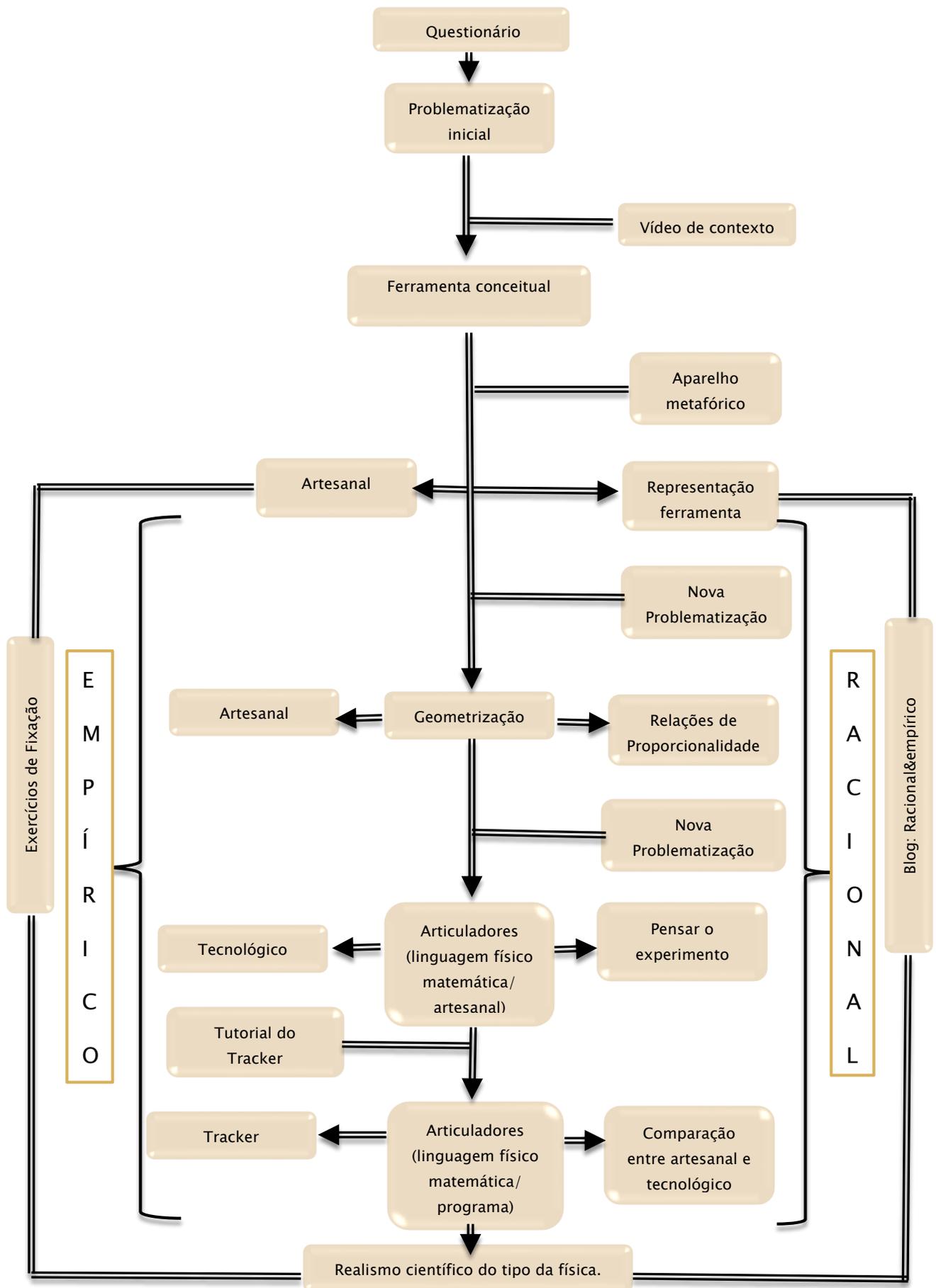
Por fim apostamos em uma perspectiva de trabalho em grupo, pois o “jogo bilateral” (Bachelard, 2013) que pode ser estabelecido em um espaço colaborativo, segundo o livro Por Uma Pedagogia da Pergunta de Paulo Freire (1986), enriquecem através da constante verbalização e da utilização da razão de um estudante contra o

outro ou contra o professor, um aperfeiçoamento das representações que possuem a respeito dos tipos da física, que foram escolhidos para serem especulados de forma complexa, nos diferentes contextos e problematizações e, manipulados nos diferentes aparatos experimentais artesanais e tecnológicos.

Nos capítulos 3 e 4 descreveremos duas mediações de aprendizagem, utilizando o método que atrela o racional e o empírico, ambas trabalhadas no ensino fundamental fase II, entretanto apostamos em uma utilização em toda a escola básica, desde o ensino fundamental fase I até o ensino médio, passando pela fase II do ensino fundamental. Como contribuição para aqueles que experimentarem a aplicação das nossas sugestões, escolhemos na próxima subseção apresentar um organograma, como elemento de organização de atividades experimentais e racionais, para o aumento do realismo científico de determinado tipo da física, e tal organograma chamaremos de operador de uma sequência didática racional e empírica, com suporte da ciência, da história e filosofia da ciência, no tempo dos estudantes nas salas de aula e no tempo dos estudantes fora da escola, tornando a experimentação alerta dos estudantes uma característica do seu modo de raciocinar.

1.2 OPERADOR DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA RACIONAL & EMPÍRICA

Apresentamos um esquema geral que resume uma sequência de atividades que se baseie no método que propomos, iniciando pelo questionário para identificar as representações dos estudantes, problematização, ferramentas conceituais, criação do fenômeno, modelos, aproximações, elementos articuladores da linguagem físico matemática). Com trabalho auxiliar de exercícios de fixação e leituras sugeridas e orientadas por questões norteadoras, com a intenção de manter o ritmo de constante crescimento de aspectos do raciocínio de experimentador, que especula de forma complexa “quebra-cabeças” de forma geral dentro da escola e fora dela. Essas atividades extras foram pensadas sempre alinhadas com o trabalho experimental e teórico e disponibilizados para os estudantes em atividades extraclasse impressas e, através de textos de aporte histórico e filosófico do blog: <http://racionaleempirico.blogspot.com.br/>. Destacando que o operador pode ser articulado e adaptado de acordo com o aprofundamento que se deseja dispender ao tipo ou tipos da física, que se deseja mediar o aumento do realismo científico.



Conforme o diagrama, a metodologia inicia com a investigação das representações dos estudantes em relação ao tipo da física, que se deseja mediar a aprendizagem, que podem constituir mais de uma, por exemplo todas as entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, variação da quantidade de movimento, força impressora e o intervalo de tempo de interação. Orientamos que o questionário deve propor problematizações para exigir dos estudantes registros das suas representações, que por análise do conteúdo é possível identificar nas representações dos estudantes aspectos ingênuos, alicerçados em um certo realismo ingênuo e empirismo claro, formador de um senso comum pré-científico.

Depois de conhecido as representações dos estudantes, o professor deverá elaborar atividades que permitam a associação do racional e do empírico, sempre iniciando com uma problematização, ilustrada por um vídeo que permita uma associação com contextos que os estudantes estejam habituados. Uma vez problematizado deve-se apresentar ferramentas conceituais em alto grau de abstração, inclusividade e generalidade, esclarecidas com aparelhos metafóricos, estes cuidadosamente escolhidos e somente apresentados depois da ferramenta conceitual, para que os estudantes não adquiram obstáculos epistemológicos para a aprendizagem. Exemplificaremos o diagrama no capítulo 3 de uma forma mais simplificada e no capítulo 4 de uma forma completa, mostrando assim que o diagrama sugerido é perfeitamente adaptado para diferentes abordagens e para diferentes demandas de tempo.

Para aumentar o realismo da ferramenta conceitual, a sequência de atividades deve promover de forma artesanal contextos e criação de fenômenos que permitam as primeiras representações, aqui os aparelhos não precisam apresentar estruturas para medições precisas, pois a ideia é apenas que os estudantes tenham o primeiro contato com a experimentação e, que permitam o início de um processo de desconstrução da imagem do laboratório e da experimentação, que possivelmente os estudantes apresentam uma representação equivocada, pois normalmente o chamamento para a experimentação foi influenciado por fontes midiáticas, que levam os estudantes a uma representação de uma imagem lúdica, misteriosa e de ocultismo do laboratório. Não é incomum professores que utilizam da experimentação nas suas aulas de ciência, ouvirem coisas do tipo “vamos explodir alguma coisa hoje professor”.

Possivelmente nessas primeiras manipulações dos estudantes, eles se mostrarão muito mais empíricos do que racionais, orientamos que os professores não desanimem, pois na medida que a cadência da metodologia impor um aumento da dificuldade ao experimentar, exigindo mais do pensar o experimento e com o aumento da exigência da abstração, os estudantes passarão a apresentar um perfil de experimentador alerta, com características equilibradas de racionalidade e empirismo. Portanto tenham sempre como princípio que nessa metodologia o aperfeiçoamento da racionalidade do estudante, está associado ao processo contínuo do laboro experimental.

Assim retomamos o processo sugerido no diagrama, que da primeira representação através da criação de fenômenos, criados em contextos com o aparelho artesanal, a próxima atividade deve utilizar de outro aparelho experimental, para que o estudante seja sempre perturbado a sair da sua zona de conforto e, também com uma exigência maior em termos de racionalidade. Indicamos que os estudantes sejam provocados as primeiras geometrizações com os tipos da física escolhidos para serem trabalhados, através da manipulação com relações de proporcionalidade e que represente as primeiras tentativas de modelagem dos fenômenos criados. Nitidamente será notado pelos professores que os estudantes começam um processo de maior racionalização e de pensar o experimento.

Tratando um pouco do que queremos dizer quanto escrevemos pensar o experimento, trata-se da cultura de laboratório e do gênero de raciocínio de laboratório que os estudantes começam a apresentar em algumas das suas condutas, como por exemplo montando o aparato experimental na medida que são convidados pelos professores para essa tarefa; resolvendo problemas de execução do aparelho experimental; discussão do que observar e o que deixar de lado de acordo com a escolha de isolamento de um sistema; a decisão do que desprezar com a intenção de observar aspectos do fenômeno em um sistema isolado; e pôr fim a especulação complexa dos tipos da física articulados através de ferramentas da linguagem físico matemática, com articuladores como o cálculo, tabelas, gráficos, médias e aproximações com os modelos.

Nesse sentido de aperfeiçoamento orientamos que mais atividades envolvendo as relações de proporcionalidade sejam proporcionadas, com novas problematizações e em novos aparelhos experimentais. Pois conhecemos as deficiências que os estudantes possuem nessas geometrizações mais simples, mas que não podemos ignorar como que não nos dizendo respeito, pois não era da nossa responsabilidade. Afirmamos essa nossa preocupação, pois não se consegue mediar a aprendizagem de tipos da física, sem que os estudantes dominem aspectos de reconhecer diferentes relações de proporcionalidade, portanto não sejamos avarentos com o tempo dedicado para essas peculiaridades, uma vez que esse tempo será recompensado na medida que os estudantes vão se tornando mais independentes nas articulações que exigem relações de proporcionalidade.

Neste ponto da sequência didática, a atividade experimental passará para um outro patamar, que exigirá uma maturação dos estudantes como experimentadores. Uma boa alternativa para conseguir a atenção deles, é o tratamento da atividade e do aparelho experimental como um projeto, estabelecendo objetivos, conhecendo o aparelho, pensando o experimento, compartilhando informações. Chamamos a atenção pela exigência que as estruturas da linguagem físico matemática implicarão, os estudantes terão que manipular aparelhos mais sofisticados, como por exemplo o carrinho de Fletcher e o programa Tracker, ambos exigindo representações de como

criar os fenômenos que estarão interessados em manufaturar nos aparelhos de cunho mais tecnológico.

Passarão a ter uma preocupação maior com as medidas em termos de precisão, pensar o que medir no aparelho, o que desprezar com a intenção de proporcionar o isolamento do sistema e permanecer um observador alerta em identificar possíveis anomalias. Somente assim conseguirá montar o aparelho e juntamente com o professor a calibração dos aparelhos, construir as tabelas, decidir quem comparar nas tabelas, e buscar as aproximações através das médias com o modelo escolhido para associar com os fenômenos criados. Para alguns leitores que neste momento podem estar incrédulos, na crença de que estudantes do ensino fundamental II podem adquirir tais características que estamos chamando a atenção e que remete para a cultura de laboratório, pedimos que não esqueçam que se trata de um processo e que os estudantes foram sendo letrados com os aspectos da cultura de laboratório, que a metodologia cadencia na medida que a sequência didática vai sendo laborada pela comunidade envolvida.

Outro aspecto é que as aulas laboradas nessa metodologia de ensino de física, não trata a cultura de laboratório como um momento escolar, mas sim uma maneira de pensar as problematizações que o mundo apresenta, por isso destacamos no diagrama, uma nova problematização para cada nova atividade. E agora dando grande destaque ao que a proposta trabalha paralelamente como aporte histórico e filosófico, que disponibilizamos nas leituras dos textos científicos de periódicos no blog <http://racionaleempirico.blogspot.com.br/>, que permite a interação entre os estudantes através dos comentários que trocam e que são definidos pela atividade proposta no blog. Que trataremos o seu encaminhamento no próximo capítulo 2.

E ainda em paralelo os exercícios de fixação que são propostos como tarefa de casa, com a intenção de que os estudantes exorcizem suas representações a respeito dos tipos da física trabalhados nas atividades experimentais, exercícios construídos com a intenção de que os estudantes continuem sendo provocados a resolver “quebra-cabeças”, assim compensamos a falta de tempo que nos deparamos com a ausência das aulas de ciência destinadas na grade curricular.

E por fim para não alongarmos nossas orientações, pois não é o objetivo deste caderno e sim de apresentar de forma objetiva exemplos que aplicamos com resultados satisfatórios, encerro comentando o fechamento da nossa sequência didática com a utilização do programa Tracker, que permite ao estudante comparar diferentes filmes, realizados nas várias atividades que são propostas. A utilização do Programa Tracker mostra-se potencializado na medida que os estudantes durante o processo das várias atividades, desde as primeiras representações dos tipos da física, até sua articulação através da linguagem físico matemática, passando pelas primeiras geometrizações. Pois os estudantes aumentarão o realismo científico das entidades da física, e enxergarão nos filmes manipulados no Tracker os fenômenos que manufaturaram mais de uma vez,

nos diferentes aparelhos experimentais. Podendo assim reconhecer as limitações de cada etapa e também as vantagens, podendo assim comparar os métodos aplicados nas diferentes atividades.

Tornado para o professor talvez o ponto máximo da sequência didática, que poderá promover uma discussão no grande grupo, em que os estudantes poderão verbalizar e no jogo bilateral utilizar da sua razão contra a de outros estudantes, explorando diferentes aspectos de cada atividade, discutindo possíveis fontes de erro, o que foi desprezado com a intenção de manter o isolamento do sistema e as vantagens e desvantagens de cada aparelho experimental, desde o artesanal até o tecnológico. E por fim a satisfação de perceber uma discussão acalorada sobre tipos da física, que nas representações dos estudantes adquiriram um realismo científico, que parece que estão tratando por exemplo uma entidade teórica como quantidade de movimento, como se fosse uma folha de papel sulfite.

2. ESTUDANTES LENDO, REFLETINDO E DISSERTANDO

Para contornar os obstáculos de tempo e de falta de textos da história e filosofia da ciência de apoio nos livros didáticos, apresentamos uma alternativa com a utilização de um blog, como suporte histórico e filosófico. Nesse mesmo espaço estabelece-se uma extensão das nossas salas de aula, que provocamos os estudantes em continuar o tempo da sala de aula, mesmo depois que elas foram encerradas no espaço escolar, no sentido de que o momento escolar não se extingue dentro das salas de aula, mas sim levado para o cotidiano dos estudantes. A seguir apresentamos uma imagem do blog:



Figura 2: blog – racionaleempirico.blogspot.com.br

O blog intitulado Racional&empírico, endereçado <http://racionaleempirico.blogspot.com.br/>, pode ser integrado nos planos de aula na medida que os tipos da física manipulados na metodologia de ensino que promove o racional e empírico, podem ser aportados com vídeos, artigos científicos e propostas de atividades. Desta forma o ensino de física pode ser cadenciado de forma a aumentar a exigência da abstração, através da articulação da linguagem físico matemática, proporcionando aos estudantes uma modificação de como representam a ciência, desconstruindo a imagem de uma ciência doutrinária, infalível e que não pode ser mudada. Para uma imagem da ciência como um processo em construção e assim o

entendimento mais crítico dos estudantes em relação as relações de ciência e das suas tecnologias nos contextos que vivenciam no seu cotidiano.

Ainda no espaço do blog é possível criar espaços para discussões a respeito das atividades propostas, como por exemplo a leitura orientada com uma questão norteadora, como na atividade de leitura do artigo de Boris Hessen ([Artigo: As raízes sociais e econômicas do "Principia" de Newton](#), da Revista Brasileira de Física).

Páginas

- Apresentação
- **Artigo de Boris Hessen**
- Artigo sobre termômetros
- Experimento de Oersted
- A ciência e as idas e voltas do senso comum, de Michel Paty (físico e filósofo). 

Artigo de Boris Hessen

Iniciamos por desconsiderar aspectos de endeusamento da figura pictórica de um Newton gênio, cujo trabalho alavancou o desenvolvimento da ciência e tecnologia, provavelmente associada com uma visão animista e de valorização à priori, característicos de uma formação escolástica, em que "o fenômeno Newton é visto como devido a uma espécie de bondade da divina providência", (Hessen, 1984, p. 38). "Ele que nasceu no dia de Natal e que não conheceu o pai, acabou tornando-se o arquétipo do "grande sábio", uma espécie de Deus Pai da Física", (Thuillier, 1994, p. 149).

Pois tal representação somente atrapalha uma análise mais objetiva da produção do acadêmico, matemático e cientista e não valoriza todo o mérito que há na certeza do esforço que Newton desempenhou para apertear seu pernil epistemológico, em relação as várias entidades teóricas que aborda no "Principia".

O ápice das atividades de Newton coincide com o período da guerra civil inglesa e todos os problemas práticos associados com tal período, a análise marxista das atividades "consistirá antes de tudo num entendimento de Newton, seu trabalho e sua visão de mundo. Como o produto desse período", (Hessen, 1931, p. 38). Em outras palavras não temos como exorcizar a mentalidade de Newton, porém podemos procurar possíveis inspirações que impressionaram o espírito científico de Newton, pois temos pistas do mundo em que ele estava inserido.

Os problemas técnicos que coincidem com o período da produção newtoniana, estavam relacionados com os meios de comunicação e a indústria, em especial a indústria da guerra. Para o nosso mote de investigação e que está relacionado com a lei fundamental dos movimentos e a indústria da guerra, Hessen (1984) contribui apontando-os no artigo que indicamos no link abaixo:

[Artigo: As raízes sociais e econômicas do "Principia" de Newton](#)

Atividade proposta:

- 1) Realize a leitura do artigo de Boris Hessen que indicamos, de forma alerta com a ideia de uma representação do Newton como um solucionador de problemas;
- 2) Depois da leitura orientada poste os principais problemas técnicos que Newton teve que se preocupar na época do seu exercício como físico e, indique com que área da mecânica cada problema foi relacionado;
- 3) Comente a postagem de pelo menos dois outros colegas cursistas, em relação aos problemas apontados e o seu grau de importância para a época que Newton viveu.

Figura 3: recorte do blog referente ao artigo de Boris Hessen.

Escolhido como suporte histórico, apesar de controverso, no apoio da atividade de uma sequência didática que trataremos no capítulo 4 deste caderno pedagógico, sobre a lei fundamental dos movimentos e que o artigo provoca uma reflexão aos estudantes do mundo que o físico Isaac Newton estava inserido e, quais as demandas de problemas que aquela sociedade trazia para que a ciência normal no sentido kuhniano apresentasse soluções. Contribuindo assim para a desconstrução da imagem de endeusamento do físico Isaac Newton, que pode ter sido tal como um cientista contemporâneo incentivado por anseios e financiamentos da sociedade em que vive.

Conforme descrito na atividade, aparece um espaço em que os estudantes são chamados para registrar uma postagem e ainda comentar de outros dois colegas, em um exercício da sua razão contra o de outro, que enriquece o espaço do contraditório e da representação de certos aspectos associados aos tipos da física, que escolhemos trabalhar com a intenção de aumentar o realismo científico dessas entidades. Nos próximos capítulos 3 e 4, descreveremos duas das nossas experiências utilizando a proposta de metodologia que associa de forma equilibrada o racional e o empírico e, que podem servir de exemplo em relação ao operador da nossa metodologia, quando tratamos dos fundamentos teóricos.

Dando o devido destaque as experiências que serão descritas no capítulo 3 e 4, que foram desenvolvidas na fase II do ensino fundamental, em que trabalhamos no sétimo ano a questão de que um dado sensorial não pode ser convertido em um conceito científico, com a desconstrução do sentir o quente e frio através da sensação térmica e substituindo esse dado sensorial por um instrumento objetivo de medir temperatura, o termômetro termopar.

Na apresentação no capítulo 4 da sequência didática que estruturamos com a intenção de manipularmos a lei fundamental dos movimentos, mostraremos uma sugestão de cadência para a manipulação dessa entidade, com o aumento gradativo da exigência da abstração através da articulação com o cálculo e das estruturas da linguagem físico matemática, que podem enriquecer e aperfeiçoar o perfil epistemológico dos estudantes, com o aumento do realismo científico das entidades associadas com a lei fundamental dos movimentos.

Descreveremos ainda os aparelhos artesanais e tecnológicos que escolhemos para realizar as manipulações das entidades da física, mostrando aspectos de cada aparelho, incluindo suas vantagens uma sobre a outra e também as suas limitações comparadas uma com as outras.

3. DESCONSTRUINDO A COLETA DE DADOS SUBJETIVOS

Neste capítulo exploraremos um dos exemplos da proposta da cultura de laboratório, como metodologia de ensino de ciência. Apresentaremos uma atividade para ilustrar nossa preocupação com os perfis epistemológicos dos estudantes, no exemplo em particular como ilustração os estudantes do sétimo ano do ensino fundamental, em relação as suas adoções da sensação térmica como método para classificar se um corpo

está quente ou frio. Percebemos que os estudantes a partir de um senso comum, indicam diferentes temperaturas para objetos que se encontram em equilíbrio com a temperatura ambiente. Acreditamos que tais intuições estejam atreladas ao perfil epistemológico destes estudantes que nos parece alicerçados em um pensamento pré-científico, caracterizado por um realismo ingênuo e um empirismo sensorial.

Propusemos através de uma sequência didática experimental uma espécie de tensão entre o racionalismo e o empirismo para potencializar o perfil epistemológico dos estudantes distanciando-os da intuição com a sensação térmica, com a utilização de um instrumento objetivo de medir temperatura.

Indicação de uma sensação animista¹, um realismo ingênuo “Assim, não há mistério, não há problema. Resta saber como a extensão de tal imagem pode melhorar a técnica, ajuda a pensar a experiência. ” (Bachelard, 2013, p.100), influenciada normalmente por uma experiência primeira, utilizam da sensação térmica para interpretar a temperatura de objetos colocados em equilíbrio térmico com o ambiente. Por hipótese acreditamos que tal interpretação está embasada no realismo ingênuo e em um certo empirismo de primeira experiência, que para nós caracterizam o pensamento dos estudantes do ensino fundamental fase II. E que são muito fortes tais “obstáculos epistemológicos” (Bachelard, 2013) e que atravancam o ensino da ciência e que levam a questionamentos muito antes levantados por Bachelard:

Como foi possível fazer com que a intuição da vida, cujo caráter invasor vamos mostrar, ficasse restrita ao seu próprio campo? Em especial, como as ciências físicas se livraram das lições animistas? Como a hierarquia do saber foi restabelecida, ao afastar a consideração primitiva desse objeto privilegiado que é nosso corpo? (Bachelard, 2013, p. 185).

Portanto escolhemos não ignorar os obstáculos que os estudantes possuem na compreensão do tipo da física que escolhemos manipular no laboratório. E como nas suas representações quando verbalizam tais obstáculos são evidenciados, assim intencionalmente as atividades com o sétimo ano foram elaboradas de modo propiciar a construção do diálogo entre os pares estudantis e, entre os estudantes e os professores. Tal aspecto sócio cultural é importante na proposta do laboratório de situações problemas colocados como desafio aos estudantes, onde o diálogo é enriquecedor como ferramenta da construção do conhecimento, no qual o indivíduo mais experiente,

¹ Entenda-se uma indicação de representação do estudante, baseado em intuições fundamentadas em experimentos sensoriais de “sentir” o mundo e, que procuram desta forma formar juízos que constituem um certo realismo ingênuo e um empirismo sensorial.

estudante ou professor, funciona como “andaime”² (BRUNER, 1986, p. 86), auxiliando no entendimento de determinados conceitos. E cada participante exercitando a sua razão contra a razão do outro, aprimorando a representação dos conceitos com um aperfeiçoamento do “perfil epistemológico” (Bachelard, 2013) do conceito, ou transpondo possíveis obstáculos epistemológicos com a retificação dos erros.

Metodologia que provoque o desconforto nos estudantes quando apresentados a problemas instigantes, “qualquer que seja o problema particular, o sentido da evolução epistemológica é claro e constante: a evolução de um conhecimento particular caminha no sentido de uma coerência racional.” (Bachelard, 2009) e, assim exigindo a reflexão e o posicionamento crítico para a busca de respostas para resolução dos problemas, estudantes que também possam utilizar da colaboração com seus pares discentes e com os professores, através do diálogo estabelecido e liberto de qualquer hierarquia de conhecimentos.

Em outros termos, para que a ciência objetiva seja plenamente educadora, é preciso que seu ensino seja socialmente ativo. É um alto desprezo pela instrução o ato de instaurar, sem recíproca, a inflexível relação professor-aluno. A nosso ver, o princípio pedagógico fundamental da atitude objetiva é: Quem é ensinado deve ensinar. Quem recebe instrução e não a transmite terá um espírito formado sem dinamismo nem autocrítica. (BACHELARD, 2013, p. 300).

Escolhemos na construção de roteiros de apoio de experimentação, o favorecimento para que os estudantes sejam provocados a investigação. Isto mostrou – se promissor e desafiador por se tratar de um terreno novo para os professores de ciências e professores de laboratório de Física do Colégio Estadual do Paraná. A experiência investigativa foi importante por permitir novos horizontes de utilização da experimentação no ensino de Física ainda nessa faixa de escolarização, desde que apropriada e com a adaptação de linguagem correta, apostamos em antecipar o aperfeiçoamento do pensamento científico em termos de abstração, característica que muitas vezes falta quando os estudantes chegam ao ensino médio.

O caminho escolhido para destruir os erros e proporcionar a evolução do pensamento científico através da atividade experimental, valorizando um racionalismo e empirismo que um não encerra o outro, mas sim acontece uma retroalimentação constante que pode proporcionar um a correção do outro. “Em linhas gerais, o devir de um pensamento científico corresponderia a uma normalização, à transformação da

² “Andaime” (BRUNER, 1986, p. 86) em uma perspectiva sociocultural em que o par estudantil ou professor mais experiente podem auxiliar aquele estudante com menor experiência.

forma realista em forma racionalista. ” (Bachelard, 2009, p. 17). Desta forma o conhecimento científico, “depois de muitos exames particulares, adotamos para os conhecimentos objetivos particulares a ordem realismo–empirismo–racionalismo. Esta ordem é genética. ” (Bachelard, 2009, p.45). Tal ordem é hierárquica:

Pode-se discutir muito acerca de progresso moral, do progresso social, do progresso poético, do progresso da felicidade; existe, no entanto, um progresso que é indiscutível: o progresso científico, considerado como hierarquia de conhecimentos, no seu aspecto especificamente intelectual. (Bachelard, 2009, p. 23).

Desta forma admitindo que os estudantes em um processo de enculturação científica, quando estão no sétimo ano ainda apresentam um pensamento pré-científico, impregnado de um realismo ingênuo e um empirismo claro,³ que através de uma sequência didática proposta na atividade experimental, pois esta proporcionará um vasculhar de todos os lados intuições dos estudantes, muitas vezes com um caráter formado em uma experiência primeira e uma possível relação com o conhecimento geral.

Vamos procurar mostrar que a ciência do geral sempre é uma suspensão da experiência, um fracasso do empirismo inventivo. Conhecer o fenômeno geral, valer-se dele para tudo compreender, não será, semelhante a outra decadência, “gozar, como a multidão, do mito inerente a toda banalidade”? (Bachelard, 2013, p. 69).

Juízo primeiro que na maioria das vezes é equivocado e que deve ser manipulado pela experimentação com a intenção de desconstruir conceitos equivocados, desfazer imagens malformadas por metáforas inapropriadas e substituir representações de entidades por outras representações que, corroborem com um racionalismo característico da “formação do espírito científico”, (Bachelard, 2013). Com o trabalho experimental é possível não provar a existência de entidades teóricas, porém manipulá-las de tal forma que podem se constituir em ferramentas:

Isso não se deve a podermos testar hipóteses a respeito de entidades, mas sim ao fato de as entidades que a princípio não podem ser “observadas” serem regularmente manipuladas para produzir novos fenômenos e investigar outros aspectos da natureza. Elas são ferramentas, instrumentos da prática, e não do pensamento. (Hacking, 2012, p. 369).

Na próxima seção mostraremos como através da manipulação da entidade teórica da temperatura, exposta de tal forma que os estudantes iniciaram arbitrando as

³ As representações são construídas de uma primeira percepção que são consideradas exatas, imagens pitorescas de experiências primeiras e com a crença que nossos sentidos nos dessem como o mundo é realmente, “em que o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apoia numa literatura filosófica que exalta a natureza, ” (Bachelard, 2013, p.11), alinhada com um obstáculo animista. Repletas de intuições do espaço real e das experiências imediatas, ou seja, alicerçada com a realidade primeira, substancialmente impura e equivocada pela subjetividade.

temperaturas de superfícies no ambiente do laboratório (em equilíbrio térmico com o laboratório), sentiram-nas através do tato e afirmaram categoricamente que, se encontravam quentes ou frias em relação com a temperatura ambiente. E no fim da manipulação afirmaram com a utilização de um termômetro digital termopar⁴, que as superfícies verificadas por contato, estavam com a mesma temperatura do ambiente.

3.1 A MANIPULAÇÃO DO TIPO DA FÍSICA TEMPERATURA

Apresentaremos o cenário geral que representa como aplicamos a sequência didática da experimentação e como investigamos o perfil epistemológico dos estudantes. Dispostos em grupos de seis estudantes que receberam um aparato experimental (kit) e uma problematização simples de completar uma tabela, que continha uma série de objetos e que os estudantes completaram-na indicando se os objetos estavam quentes ou frios? Em seguida questionamo-los de como realizaram a verificação de quente e frio? E se o tato constituído como um tipo de “termômetro” era adequado? Aqui tivemos a atenção voltada para a intuição primeira dos estudantes, pois:

A substancialização de uma qualidade imediata percebida numa intuição direta pode entravar os futuros progressos do pensamento científico tanto quanto a afirmação de uma qualidade oculta ou íntima, pois tal substancialização permite uma explicação breve e peremptória. Falta-lhe o percurso teórico que obriga o espírito científico a criticar a sensação. (Bachelard, 2013, p. 127).

Tal substancialização constitui um obstáculo epistemológico e que o estudante precisa transpor, assim em seguida propusemos que cada grupo vivenciasse um conhecido experimento de sensação térmica, que utiliza de três recipientes: com água aquecida, com água na temperatura ambiente e com água resfriada (gelada). Nas quais um dos estudantes permaneceu durante algum tempo com as mãos inseridas em dois dos recipientes, o de água quente (aquecida) e o outro de água fria (resfriada), em seguida este estudante mergulhou as mãos no terceiro recipiente com água na temperatura ambiente. O resultado é bastante conhecido e divulgado em uma série de manuais, como livros didáticos. E o estudante

⁴ É um dispositivo eletrônico, cujo funcionamento de forma simplificada baseia-se em uma de tensão elétrica resultado da junção de dois metais e, esta diferença de potencial elétrico como uma função da temperatura, tal fenômeno é conhecido como efeito Seebeck, dedicado ao físico que o descobriu Thomas Seebeck.

com alguma surpresa respondeu que para uma das mãos, a água pareceu quente e para a outra a água pareceu fria.

Questionados no grupo da confiabilidade do uso da sensação térmica como mecanismo para indicar a temperatura? Responderam em coro que não! E indagados qual seria o método indicado? Também em coro responderam que seria com a utilização de um termômetro. Passamos à outra etapa da experimentação e com um termômetro digital termopar, os estudantes retomaram a medida da temperatura de cada objeto da tabela e, a conseqüente constatação do equilíbrio térmico dos objetos com a temperatura ambiente do laboratório. Agora que demos uma visão geral de como foi trabalhado, trataremos dos pormenores envolvidos na sequência didática e na organização do nosso espaço de laboratório.

3.1.1 PARTICULARIDADES DO LABORATÓRIO DO CEP

Para o entendimento de como a sequência didática foi aplicada e como os estudantes a desenvolveram, apresentaremos o espaço dedicado para a experimentação na disciplina de Física que é privilegiado: bem aparelhado, com material organizado em armários e cuidado por professores de laboratório, que possuem uma demanda de aulas para cada turno de trabalho. Atendendo desde o sexto ano do EF II até o terceiro ano do ensino médio regular, e também cursos de nível médio técnicos (integrados). Com material disponível para experimentos que contemplam desde entidades da mecânica clássica até entidades da física moderna, passando pelo eletromagnetismo e física térmica.

A disposição das bancadas organiza os grupos de no máximo seis estudantes, com a intencionalidade de estimular o trabalho em grupo e a promoção de discussões através de diálogos entre os pares estudantis e entre os estudantes e os professores que acompanham as atividades. Escrevemos professores, pois sempre os estudantes são acompanhados por dois ou mais professores: o regente da turma, o professor de laboratório e professores colaboradores.

É neste espaço de colaboração que é percebido uma maturação acadêmica dos professores, pois nos sentimos totalmente à vontade em compartilhar experiências, virtudes e dificuldades da nossa docência, portanto é um ambiente peculiar de docência, troca e pesquisa, pois acreditamos que nos colocamos fora da

curva da inércia acadêmica, que Bachelard (2013) esclarece: “No decurso de minha longa e variada carreira, nunca vi um educador mudar de método pedagógico. O educador não tem o senso do fracasso justamente porque se acha um mestre”. (Bachelard, 2013, p. 25).



Fotografia 2: disposição do laboratório de física com a intenção de propiciar um ambiente colaborativo. Fonte: MUCHENSKI, J. C. em 15 de ago. de 2008.

Outro aspecto que apostamos é que um professor preparado deve incentivar e criar um ambiente propício ao diálogo entre os pares discentes e com o professor. Portanto no ambiente do laboratório é criado um ambiente peculiar de liberdade para a discussão, que se assemelha com “um jogo de tons filosóficos no ensino efetivo:

Uma lição recebida é psicologicamente um empirismo; uma lição dada é psicologicamente um racionalismo. Eu o estou escutando: sou todo ouvidos. Eu lhe estou falando: sou todo espírito. Mesmo que estejamos dizendo a mesma coisa, o que você diz é um pouco irracional; o que eu digo é sempre um pouco racional.” (Bachelard, 2013, p. 301).

No adolescente do sétimo ano este jogo bilateral é natural, pois o adolescente aceita de forma natural na discussão, passar de quem ensina para quem é ensinado, ou seja, o estudante não se impõe de forma constante e aceita a alternância de personagem no jogo. Esta característica é reforçada pela própria organização do laboratório de Física.

Buscamos na interação do ambiente de reciprocidade com os professores de ciências do CEP algumas ações que foram colocadas em prática no cotidiano do

laboratório de Física, desenvolvidas durante às práticas experimentais especialmente preparadas para o ensino fundamental II, descritas a seguir:

1. Trabalhar em conjunto com a professor regente da turma na disciplina de ciências, analisando seu plano de trabalho docente e encontrando a ponte entre os conteúdos da disciplina de ciências e o princípio físico que poderia ser experimentado no laboratório didático de Física.

2. Esquematizar roteiros de experimentação que promovessem atitudes que encorajassem o aprendizado independente e a prática reflexiva; portanto os roteiros foram escritos em um formato que se estimula a investigação, seguindo as etapas:

- Situação problema: para causar desconforto e instigar a curiosidade dos estudantes;
- Elaboração de conjecturas e especulações: formação de proposições para apontar uma possível solução para o problema;
- Observação: análise crítica dos fatos;
- Experimentação: confrontar os juízos construídos pelos estudantes com a realidade que propuseram a explicar e ressaltar tais conjecturas da experimentação;
- Considerações: momento rico de análise dos dados coletados, com apresentação para o grupo de bancada e também para o grande grupo. Não em uma perspectiva de encontrar uma resposta final, mas de valorizar o processo de discussão na procura de respostas.

Aqui tentávamos uma alternativa a aplicação do princípio do método científico fundamentado por um realismo científico, valorizando aspectos de racionalidade na manipulação de entidades através do trabalho experimental, este problematizado provocando o estudante e estimulando a investigação.

Também não queremos defender um método único para a experimentação no ensino de ciência, apenas defendemos que existem encaminhamentos que valorizam a discussão provocada pela situação problema, onde o objetivo não é encontrar uma resposta final certa, mas sim valorizar o processo de discussão entre os estudantes e entre estudantes e professores, auxiliando na preparação de um ambiente de criticidade na investigação dos problemas propostos.

Utilizamos na atividade experimental devido ao tempo limitado, cerca de duas aulas, um problema relativamente fechado. No qual o problema e procedimentos são definidos pelo professor, através de um roteiro experimental e, aos estudantes, coube coletarem os dados indicados e realizarem conjecturas no grupo e no grande grupo e, obterem as conclusões.

3. Levar os estudantes a atingirem o patamar de aprendizagem criativa para que sejam capazes de aprenderem física independentemente; (Zimmermann, Bertani, 2003);

4. Instruir os estudantes na produção de textos, na construção de juízos e de representarem através de desenhos as situações problema para desenvolverem e articularem suas ideias e opiniões sobre o princípio físico experimentado;

5. Mediar o trabalho em grupo de estudantes nas bancadas do laboratório, para que todos possam expressar e defender suas ideias sobre o conceito físico experimentado e como aprender ciência no processo de investigação;

6. Assistir e filmar os estudantes durante o planejamento de ações e execução da atividade experimental;

7. Explorar as ideias e opiniões dos estudantes sobre os princípios físicos experimentados no laboratório;

8. Retomar conteúdos conforme apreciação das produções dos textos e representações propostas nos roteiros de experimentos;

9. Conduzir os estudantes a avaliarem sua participação na atividade experimental. Como professores de laboratório e na proposta de mudança de concepção no ensino de ciências com iniciação de maneira formal do ensino de Física, foi necessário assumirmos uma variedade de ações que incluíram um planejamento com foco no plano trabalho docente da disciplina de ciências e correções de falhas que aconteceram nas primeiras aulas de teste. Para tanto, foi necessário:

a) adequar instruções de como proceder no laboratório, haja visto à disponibilidade e voluntariedade dos estudantes nas atividades propostas, assim garantindo um ambiente seguro e, iniciando uma espécie de familiarização com o ambiente de laboratório e uma enculturação do pensar como experimentador. “Talvez seja uma questão psicológica; talvez, as próprias habilidades que compõem um grande experimentador estejam atreladas a certa maneira de pensar que tende à objetivação.” (Hacking, 2012, p. 372). Desta forma que o estudante com a racionalidade e o empírico, adquira de certa forma um pensar científico.

b) refletir se a experimentação e roteiro proposto enriqueceu o ensino aprendizagem do princípio físico;

c) estabelecer um ambiente de liberdade de diálogo e de colocação de ideias que promovesse aperfeiçoamento de perfis epistemológicos de conceitos;

d) escrever roteiros, com a intencionalidade de conduzir a experimentação em que o estudante tenha independência no seu aprendizado, valorizando a autonomia. Valorizando aspectos de reflexão sobre o processo experimental e a de como constituir a montagem do aparelho experimental e, portanto, que a manipulação do aparelho experimental e das entidades não se torne um obstáculo.

Como professores de laboratório foi necessário buscarmos o entendimento de conhecimentos, opiniões preexistentes e experiências anteriores dos estudantes, para construção de roteiros de relevância no aprendizado. E para que o estudante fosse

estimulado em se manifestar para o grande grupo, estimulando o exercício do diálogo e do questionamento.

Tal experiência despertou um desejo de pesquisar mais sobre formas de experimentação e em que estavam alicerçados em termos filosóficos, como adaptar práticas investigativas utilizando uma ferramenta experimental artesanal e tecnológica. Também a investigação de outras concepções para o ensino de Física, pois devemos avançar do ensino alicerçado na transmissão de conteúdo e do ensino de panfleto, para um processo de ensino aprendizagem que promova uma maior criticidade do estudante, ferramenta que o auxiliará no enfrentamento dos problemas com um pensamento objetivo, característica do pensamento científico.

3.1.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTITULADA: ESTÁ QUENTE OU FRIO?

A atividade foi pensada de forma a integrar-se com a disciplina de ciência ministrada no sétimo ano, de forma que corroborasse com o plano de trabalho docente do professor regente da turma, então escolhemos como entidade a temperatura, que poderia ligar com o que estava sendo trabalhado em ciência com a atividade que seria proposta no laboratório de Física. Na disciplina de Ciência estava sendo abordado sobre doenças transmitidas por mosquito, como por exemplo, o mosquito da dengue. Assim como elemento de investigação para chamar para o espírito de experimentador que desejamos que os estudantes adquiram, iniciamos por um quebra-cabeça, Agora mostramos o contexto que escolhemos para envolver o conteúdo de ciência e a atividade desenvolvida no laboratório de física. Acompanhado de uma fotografia da montagem do quebra-cabeças:

ADIVINHAÇÃO: QUEBRA – CABEÇA

- Apenas observando as peças do quebra-cabeça em cima da mesa e seus conhecimentos de ciência, tente adivinhar a figura que resultará da montagem do quebra-cabeça e a indique aqui:
- Agora monte o quebra-cabeça e escreva o que está observando: _____.
- Complete a tabela a seguir com relação as características do mosquito da dengue.

TABELA 2: CARACTERÍSTICAS DO MOSQUITO DA DENGUE.

Características	Sim	Não
a) Hábitos diurnos		
b) Transmissão do vírus pelo macho do mosquito		
c) <i>Aedes Aegypti</i>		
d) Voo nas proximidades do solo		
e) Coloração clara com manchas pretas distribuídas pelo corpo		

- Escreva alguns sintomas apresentados por uma pessoa que contraiu o vírus da dengue:
- Qual a diferença de uma pessoa com febre de uma outra sem febre?



Fotografia 3: a montagem do quebra-cabeças. Fonte: MUCHENSKI, J. C. em 15 de ago. de 2008.

Que uma simples ideia pode desencadear toda a atividade experimental e criar um contexto que possa ser trabalhado e, que entrelace de forma dialética a teoria e o

empírico. Tal cuidado de vincular o ensino de ciência trabalhado em sala de aula com a atividade desenvolvida no laboratório de Física, é para que o estudante não tenha a interpretação de que a experimentação é apenas uma atividade lúdica, um chamamento para a Física, mas sim que está integrado no ensino de ciência.

Para corroborar com nossa hipótese de que os estudantes se utilizam das suas intuições primeiras para interpretar o mundo, apresentamos uma problematização simples e alguns questionamentos, para mostrarmos como obstáculos epistemológicos podem atrapalhar a racionalização sobre entidades como por exemplo a temperatura. A seguir apresentamos a problematização inicial:

Está quente ou frio?

1. Apresentado os materiais do kit complete a tabela, de acordo com a sensação de quente ou frio:

TABELA 1: TABELA DE INDICAÇÃO SE UM OBJETO ESTÁ QUENTE OU FRIO.

Materiais apresentados	Sensação térmica	
	Quente	Frio
Madeira		
Moeda		
Isopor		
Cilindro metálico		
Borracha		
Pedra		
Pano		

2. Como você sentiu a diferença entre os materiais para classificá-los em quentes ou frios?

3. Você considera que o tato é um bom termômetro? Explique.

Os materiais do kit apresentados na primeira coluna da tabela 1, foram deixados sem manipulação alguma no ambiente de laboratório, por um tempo suficiente para que estivessem em equilíbrio térmico com o ambiente, portanto todos com uma mesma temperatura. E conforme o esperado, os estudantes avaliaram de forma equivocada e,

distinguiram entre os materiais apontando que alguns estavam quentes (madeira, isopor, borracha e pano) e outros frios (moeda, cilindro metálico e pedra).

Equivocadamente utilizando de uma intuição animista:

Com a ideia de substância e com a ideia de vida, ambas entendidas de modo ingênuo, introduzem-se nas ciências físicas inúmeras valorizações que prejudicam os verdadeiros valores do pensamento científico. (Bachelard, 2013, p. 27).

De forma subjetiva, apontaram diferenças de temperatura para objetos de igual temperatura, assim de forma subjetiva com uma experiência primeira, obstruíram qualquer objetivação em considerar o equilíbrio térmico dos materiais com o ambiente do laboratório. A totalidade dos estudantes cometeram o mesmo equívoco, inclusive discutiram sobre um material ou outro, se este estava quente ou frio? Uma vez identificado o obstáculo epistemológico de interpretação equivocada de uma medida objetiva de temperatura, passamos para o próximo passo da sequência didática: uma experimentação envolvendo a intuição da sensação térmica.

Objetivamos com o procedimento experimental desconstruir a intuição primeira dada pela sensação animista, com um experimento bem conhecido envolvendo águas de temperatura quente, temperatura ambiente e temperatura fria (gelada), conforme trecho retirado do guia que acompanhou a atividade e que constitui a continuação da primeira parte que já apresentamos:

4. EXPERIMENTANDO A SENSÇÃO TÉRMICA

Material utilizado: (preenchido com anotações dos estudantes)

Procedimento: Escolha um dos integrantes do grupo. Coloque uma das mãos no recipiente com água gelada e a outra mão no recipiente com água quente. Espere 3 minutos e em seguida mergulhe as duas mãos no recipiente com água na temperatura ambiente.



FIGURA 1: RECIPIENTES COM ÁGUA EM DIFERENTES TEMPERATURAS

- A água do último recipiente está quente ou fria? Justifique.
- Por que temos que esperar alguns minutos para concluir a experiência?
- A sensação térmica observada neste experimento é uma boa maneira para verificar se uma pessoa está com febre? Aponte uma outra alternativa que permita verificar se um corpo está quente ou frio:

Os questionamentos tinham o propósito de que os estudantes discutissem sobre a confiabilidade da utilização do tato, como indicador de temperatura com toda a sua subjetividade. Também o motivo da espera de três minutos das mãos em contato com uma na água quente e a outra na água gelada, antes de colocar as mãos na água na temperatura ambiente para indicar se esta estava quente ou fria. E por fim, destruir tal intuição animista de medir temperatura de forma empirista sensorial e que estes aperfeiçoando o perfil epistemológico em torno de uma forma objetiva de indicar a temperatura, assim sugerindo uma outra forma de tal indicação, ou seja a utilização de termômetros.

Todos os grupos ao experimentarem de como enganar o tato na percepção da temperatura da água na temperatura ambiente, mostraram-se surpresos em que, para uma das mãos (aquela que estava na água quente) ela sentisse a água fria e para a outra mão (que estava na água gelada) sentisse a água quente:



Fotografia 4: estudantes contestando a intuição por sensação térmica. Fonte: MUCHENSKI, J. C. em 15 de ago. de 2008.

Com os estudantes convencidos da ineficácia da intuição por sensação térmica e quando indagados nos grupos da confiabilidade ou não da sensação térmica, manifestaram a necessidade de uma medida de temperatura através do termômetro, portanto uma medida objetiva de temperatura. Então retomaram a tabela 1 que haviam preenchido e que pedimos que mantivessem as indicações dadas pelo tato, porém incluímos uma última coluna na tabela e que chamamos de tabela 2, com uma medida objetiva através do termômetro e que eles preencheram a última coluna, com as temperaturas dos materiais apresentados:

5. Durante a experimentação você deve ter notado que o tato não é uma maneira confiável de medir temperatura, agora retome a tabela 1 e meça a temperatura dos materiais com um termômetro digital:

TABELA 2: MEDIDA DA TEMPERATURA DOS MATERIAIS APRESENTADOS COM TERMÔMETRO.

Materiais apresentados	Sensação térmica		Medida de temperatura com termômetros em graus Celsius
	Quente	Frio	
Madeira			
Moeda			
Isopor			
Cilindro			
Borracha			
Pedra			
Pano			

6. Observando a tabela você ainda vai utilizar a sensação térmica para medir temperatura? Explique.

7. Discuta com o grupo e escreva o que você entende por equilíbrio térmico:

Pesquise, pense e escreva ... Atividade utilizando o blog Racional&empírico

I) Quais os principais tipos de termômetros?

II) Como funciona um termômetro clínico?

III) Quais as principais escalas termométricas?

Com esta última parte da sequência didática foi apresentado o aparelho experimental termômetro, este entendido como uma extensão do órgão humano, o qual não foi capaz de indicar a temperatura de uma superfície com confiabilidade pelo tato. Acreditamos que: “As boas medições exigem o desenvolvimento de novas tecnologias e nos convidam ao engajamento em atividades experimentais de solução de problemas. As medições articulam detalhes já conhecidos.” (Hacking, 2012, p. 345). E os estudantes

manipulando entidades teóricas como a temperatura e refletindo sobre ela e associando com outras entidades, como por exemplo, o entendimento do que se trata o equilíbrio térmico entre os materiais. Mesmo que para o sétimo ano ainda falte a teoria moderna cinético molecular para explicar o conceito de temperatura.

Com a intenção de promover a continuidade da atividade, deve ser proposto a atividade “**Pesquise, pense e escreva...**”, no blog Racional&empírico e que reproduzimos a seguir a proposta de atividade e de interação entre os estudantes, esta pensada no sentido de fornecer um aporte histórico para a entidade manipulada na experimentação:

Páginas

- Apresentação
- Artigo de Boris Hessen
- Artigo sobre termômetros
- Experimento de Oersted
- A ciência e as idas e voltas do senso comum, de Michel Paty (físico e filósofo).

Artigo sobre termômetros

O objetivo da atividade é enriquecer a representação dos estudantes a respeito do tipo da física: temperatura. Para tanto ilustramos com um vídeo o artigo que trata de um instrumento objetivo de medida de temperatura, que trata-se dos termômetros. A seguir apresentamos os links do vídeo e do artigo:

A conquista do frio



A termometria nos séculos XIX e XX_sbfísica

Atividade proposta:

- 1) Realize a leitura do artigo: A termometria nos séculos XIX e XX, da Revista Brasileira de ensino de Física que indicamos, de forma alerta em relação aos princípios para construção de um termômetro;
- 2) Depois da leitura orientada poste os princípios para a construção de um termômetro de líquido e, indique as principais escalas para medir temperatura.
- 3) Comente a postagem de pelo menos dois outros colegas cursistas, em relação aos princípios de construção escolhidos e contribua caso ele tenha esquecido de algum princípio.
- 4) Não esqueça de identificar-se para a atividade ser considerada como completa, exemplo de identificação nome_7 ano_turma_.

Figura 4: atividade proposta no blog – <http://racionalempirico.blogspot.com.br/p/blog-page.html>

No encerramento do roteiro ainda propusemos a atividade com o blog sobre tipos de termômetros, funcionamento de termômetro e escalas termométricas, estabelecendo assim uma ponte para que o espírito de investigação da cultura de

laboratório continue além da sala de aula e que o estudante compreenda que o entrelaçamento entre o teórico e o empírico no ensino de ciência é uma premissa.

Neste capítulo procuramos justificar a importância de não ignorar o senso comum dos estudantes e com o seu entendimento, procurar elaborar atividades experimentais que auxiliam a desconstrução de intuições equivocadas e, também na atividade possibilitar aos estudantes que retifiquem os seus erros, aperfeiçoando o senso comum no caminho de aspectos mais científicos. Agora sentimo-nos a vontade de apresentar no próximo capítulo 4, uma atividade que contempla a orientação do organograma da metodologia que apresentamos para cadenciar o ensino de física, que entrelaça o racional e o empírico, tomamos também a liberdade de não simplesmente apresentar a sequência didática, mas também orientarmos e justificarmos os motivos da cada atividade da sequência didática.

4. LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS

Para trabalhar uma parte da mecânica de Newton, investigamos um pouco o mundo mecânico que Newton representou, e para esta representação apontamos o possível contexto de mundo que Newton estava inserido. Escolhemos esse caminho, pois para propormos problematizações nas atividades da sequência didática, buscamos inspiração nos inúmeros problemas que Newton, como um solucionador de “quebra-cabeças” de uma “Ciência Normal” (Kuhn, 2013), teve que se preocupar e procurar soluções. Assim convidamos para uma breve leitura desse chamamento, com trocadilhos, para o mundo mecânico de Newton.

4.1 O MUNDO MECÂNICO NA REPRESENTAÇÃO DE NEWTON

O sistema de crenças que ajudaram Newton representar imagens a respeito do mundo que ele viveu, “Newton viveu entre dois mundos irreduzíveis, o mundo a que devia sua educação, e o mundo novo, que construiu a partir de suas próprias reflexões”, (Ben – Dov, 1996, p. 29). E que como ele superou suas intuições e empirismos primeiros para apresentar o “Principia”, que apresenta um formalismo físico-matemático, caracterizado de uma abstração que Bachelard (2009), chamou de racionalismo clássico.

A mecânica racional conquista rapidamente todas as funções de um a priori kantiano. A mecânica racional de Newton é uma doutrina científica já dotada de um caráter filosófico kantiano. A metafísica de Kant instruiu-se na

mecânica de Newton. Reciprocamente, pode explicar-se a mecânica newtoniana como uma informação racionalista. (Bachelard, 2009, p. 29).

Destacamos que a época da formação acadêmica de Newton, coincide com a academia alicerçada na escola aristotélica, em que “o sistema pedagógico nas universidades medievais era um sistema escolástico fechado, onde não havia lugar para as ciências naturais”, (Hessen, 1984, p. 49), e a escola aristotélica era chamada de Peripatética, em que:

O método de Aristóteles era qualitativo. Recusando as ideias pitagóricas sobre a importância da matemática, ele não deu nenhum conteúdo numérico preciso e se concentrou unicamente na interpretação conceitual dos fenômenos. (Ben - Dov, 1996, p. 15).

Portanto o método era medíocre em se tratando de aspectos quantitativos, portanto o mérito de Newton com a sua mecânica, pois revoluciona em certos aspectos em termos de compreensão e descrição da natureza. Aqui cabe a pergunta de Hessen (1931):

O que levou Newton a propor mudanças radicais no desenvolvimento da ciência e lhe deu possibilidades de indicar novos caminhos em seu desenvolvimento futuro? (Hessen, 1984, p. 37).

Questão que nos leva a especular quais as fontes que contribuíram para formação da racionalidade de Newton. A interpretação do estilo de raciocínio de Newton, levanta várias questões sociais e políticas que destacaremos, que a princípio, deveriam ser levadas em consideração.

Iniciamos por desconsiderar aspectos de endeusamento da figura pictórica de um Newton gênio, cujo trabalho alavancou o desenvolvimento da ciência e tecnologia, provavelmente associada com uma visão animista e de valorização à priori, característicos de uma formação escolástica, em que “o fenômeno Newton é visto como devido a uma espécie de bondade da divina providência”, (Hessen, 1984, p. 38). “Ele que nasceu no dia de Natal e que não conheceu o pai, acabou tornando-se o arquétipo do “grande sábio”, uma espécie de Deus Pai da Física”, (Thuillier, 1994, p. 149).

Pois tal representação somente atrapalha uma análise mais objetiva da produção do acadêmico, matemático e cientista e não valoriza todo o mérito que há na certeza do esforço que Newton desempenhou para aperfeiçoar seu perfil epistemológico, em relação as várias entidades teóricas que aborda no “Principia”.

O ápice das atividades de Newton coincide com o período da guerra civil inglesa e todos os problemas práticos associados com tal período, a análise marxista das atividades “consistirá antes de tudo num entendimento de Newton, seu trabalho e sua

visão de mundo. Como o produto desse período”, (Hessen, 1931, p. 38). Em outras palavras não temos como exorcizar a mentalidade de Newton, porém podemos procurar possíveis inspirações que impressionaram o espírito científico de Newton, pois temos pistas do mundo em que ele estava inserido.

Os problemas técnicos que coincidem com o período da produção newtoniana, estavam relacionados com os meios de comunicação e a indústria, em especial a indústria da guerra. Para o nosso mote de investigação e que está relacionado com a lei fundamental dos movimentos e a indústria da guerra, Hessen (1984) contribui apontando-os:

No final do século XVII, em todos os países, a artilharia perdeu seu caráter medieval e foi incluída como parte integrante dos exércitos. Consequentemente, experiências sobre a relação entre calibre e carga, a relação do calibre com o peso e o comprimento do cano no fenômeno do recuo, desenvolveram-se em larga escala. (Hessen, 1984, p. 46).

É um problema que envolve o tipo teórico quantidade de movimento, que Descartes definiu “como o produto da quantidade de matéria do corpo por sua velocidade”, (Ben – Dov, 1996, p. 43). E que Newton considerava quantidade de matéria por ele definida como massa, “a quantidade de movimento de um corpo é, portanto, igual à sua massa multiplicada por sua velocidade”, (Ben – Dov, 1996, p. 43). No caso do problema de artilharia envolvendo o canhão, entrava em pauta a conservação ou não conservação da quantidade de movimento?

Que segundo o “Principia” de Newton “a quantidade de movimento total de um sistema não submetido a uma força externa permanece constante, (Ben – Dov, 1996, p. 43). E a habilidade de Newton nesse caso em saber criar o fenômeno e isolar o sistema, desconsiderando possíveis fontes dissipativa. Características de um bom experimentador quando modela o problema, não vamos entrar na questão se ele realizou ou não experimentos com canhão ou foi experimentos de pensamento, mesmo assim foi hábil em delimitar o problema:

Consideremos por exemplo o movimento de recuo de um canhão: antes do tiro, o canhão e o obus que ele contém estão em repouso e a quantidade de movimento do sistema canhão – obus é nula. A partir do instante em que é ejetado, o obus possui certa velocidade, e, portanto, uma quantidade de movimento igual e de direção oposta à do obus. Evidentemente, como o canhão possui uma massa muito maior que a do obus, sua velocidade de recuo é menor que a velocidade do obus. (Ben – Dov, 1996, p. 43).

Destacamos a conservação da quantidade de movimento, por intuímos que ela será útil na investigação de problemas que deveremos isolar sistemas, e por

acreditarmos que para os estudantes esse tipo de manipulação da entidade quantidade de movimento, será uma maneira mais adequada para que os estudantes adquiram uma forma de representar essa grandeza, e como ela relaciona-se com a força que provoca sua variação no tempo, constituindo a lei fundamental dos movimentos. Escolhemos assim pois parece-nos que a abordagem por Newton de tais problemas e como ele construiu o “Principia”, sugerem um possível caminho da evolução do seu racionalismo em relação aos tipos teóricos envolvidos nos problemas entorno do canhão e da artilharia:

Os respectivos discípulos de Descartes e de Leibniz discutiram por muito tempo sobre a verdadeira grandeza conservada durante o movimento: seria a quantidade de movimento ou a “força”⁵? A mecânica newtoniana deveria finalmente dar razão às duas teorias, estabelecendo que a quantidade de movimento cartesiana e a “força” leibniziana são ambas conservadas. (Ben – Dov, 1996, p. 43).

Esclarecendo que a “força” de Leibniz hoje a tratamos como a grandeza energia e que a adição da “força viva” e da “força morta”, denominamos de energia mecânica. Tratamos, portanto, de uma representação de mundo de Descartes e de Leibniz, para os tipos teóricos que seus seguidores discutiam, e que Newton delimitou e soube fundamentar através da linguagem físico – matemático no “Principia”, caracterizando de certa forma que os tipos teóricos herdados, devem no seu pensamento sofridos uma evolução epistemológica.

Destacamos esses problemas pois relacionam-se de forma direta com a nossa pesquisa, entretanto existem tantos outros que não citaremos para não alongar nosso texto. E embora no “Principia” Newton não aponte suas fontes de inspiração, o seu texto apresenta uma base sólida teórica de caráter geral, para resolver uma série de problemas particulares que condizem com aqueles problemas que nos referimos e que são contemporâneos da atividade de Newton.

O “Principia” de Newton é apresentado numa linguagem matemática abstrata e seria impossível, portanto, encontrar em sua obra referências explícitas às relações entre os problemas por ele resolvidos e as exigências técnicas das quais se derivaram. (Hessen, 1984, p. 51).

Com indícios fortes que Newton não era um cientista isolado do seu mundo, estava preocupado com os problemas que assolavam sua época de ciência normal, no

⁵ Leibniz, por sua vez, introduziu uma grandeza conservada, que batizou de “força” – distinta, observemos da força newtoniana – e que é a soma de dois elementos: a “força viva”, definida hoje – em termos um pouco diferentes dos de Leibniz – como a metade do produto da massa pelo quadrado da velocidade, e a “força morta”, igual ao produto do peso do corpo por sua altitude. (Ben – Dov, 1996, p. 43).

sentido kuhniano e que buscava soluções para esses problemas. E que no exercício do seu ofício, ajudou o aperfeiçoamento do seu estilo de pensar. Características que são apontadas por Hessen (1984) e que reproduziremos:

Esse breve perfil do “Principia” mostra a completa coincidência entre as temáticas físicas da época, que emergiam de exigências econômicas e técnicas, com os principais argumentos do “Principia”, que se constituem numa verdadeira resenha e solução sistemática do conjunto de problemas físicos mais relevantes. (Hessen, 1984, p.55).

As atividades de Newton que convergiam com o interesse econômico e técnico da nascente burguesia, por exemplo “em 1713, o Parlamento inglês aprovou um projeto de lei especial para estimular pesquisas no âmbito da determinação de longitudes”, (Hessen, 1984, p. 55). Comissão parlamentar da qual Newton era membro.

Na próxima subseção investigaremos em particular ao “Principia” de Newton aquilo relacionado com a lei fundamental dos movimentos e que faz parte do primeiro livro, no qual é realizado uma exposição detalhada das leis gerais do movimento dos corpos submetidos à ação de forças centrais.

4.1.1 UM RECORTE MODESTO DO “PRINCIPIA” E UMA ALUSÃO DO PENSAR NEWTONIANO

No prefácio à primeira edição, Newton entrelaça dois aspectos da mecânica, o racional e o prático: “racional – a qual procede rigorosamente por demonstrações – e prática, à mecânica prática pertencem todas as artes manuais”, (Newton, 2008, p. 13).

No mesmo prefácio da primeira edição que Newton aponta a respeito da mecânica que ele chamou de racional, que “será a ciência dos movimentos que resultam de quaisquer forças, e das forças exigidas para produzir quaisquer movimentos, rigorosamente propostas e demonstradas”, (Newton, 2008, p. 14). E ainda no mote que nos interessa, Newton ainda indica que o tipo teórico força e “a partir dos fenômenos de movimento, investigar as forças da natureza e, então, dessas forças demonstrar outros fenômenos”, (Newton 2008, p. 14).

Orientados por Newton sentimo-nos à vontade de especular sobre o racionalismo de Newton, utilizando de uma linguagem abstrata físico matemático, para relacionar entidades como força, quantidade de movimento e tempo de interação. “O racionalismo newtoniano dirigiu toda a física matemática do século XIX”, (Bachelard, 2009, p. 30):

Em nossa opinião, a partir do momento em que se definiram em correlação as três noções de força, massa, de aceleração, realizou-se imediatamente um

afastamento relativamente aos princípios fundamentais do realismo dado que qualquer destas três noções pode ser apreciada através das substituições que introduzem ordens realísticas diferentes. Aliás, a partir da existência da correlação, poder-se-á deduzir uma das noções, seja ela qual for, a partir das outras duas. (Bachelard, 2009, p. 28).

Portanto Bachelard (2009) aponta o aperfeiçoamento da epistemologia newtoniana, quando opina sobre a superação das intuições e empirismos primeiros que alicerçam o realismo ingênuo, que na formação intelectual de Newton fizeram parte, até que ele aperfeiçoa seu perfil epistemológico dos tipos teóricos envolvidos na lei fundamental dos movimentos.

Interessa-nos reproduzir a tradução das definições de Newton para quantidade de movimento e força imprimida, do “Principia”:

Definição II: a quantidade de movimento é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria. (Newton, 2008, p. 40).

Definição IV: uma força imprimida é uma ação exercida sobre um corpo a fim de alterar seu estado, seja de repouso, seja de movimento uniforme em uma linha reta.

Essa força consiste apenas na ação, e não permanece no corpo quando termina a ação. Pois um corpo mantém todo novo estado que ele adquire, somente por sua inércia. (Newton, 2008, p. 41).

Com a clareza das definições de Newton, imaginamos o longo caminho que realizou para vencer os obstáculos impostos pelas intuições animistas sobre os tipos teóricos da quantidade de movimento e da força, e Newton reconhece no senso comum a necessidade de transpor tais obstáculos epistemológicos:

Contudo, admito que o leigo não concebe essas quantidades sob outras noções, exceto a partir das relações que elas guardam com objetos perceptíveis. Daí surgem certos preconceitos, para a remoção dos quais será conveniente distingui-las entre absolutas e relativas, verdadeiras e aparentes, matemáticas e comuns. (Newton, 2008, p. 44).

Somente pode descrever o caminho árduo da abstração, aquele que o percorreu, parece assim que Newton descreve a necessidade de vencer os preconceitos. Seguimos adiante e podemos citar Newton novamente a respeito da segunda lei retirado do “Principia”, à qual é do nosso interesse e que será manipulada na sequência didática que proporemos:

Lei II: A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.

Se qualquer força gera um movimento, uma força dupla vai gerar um movimento duplo, uma força tripla, um movimento triplo, seja aquela força

imprimida de uma única vez, ou gradual e sucessivamente. Esse movimento (sendo sempre orientado na mesma direção da força geradora), caso o corpo se mova antes, é adicionado ou subtraído do primeiro movimento, dependendo se eles cooperam na mesma direção ou se são diretamente contrários um ao outro; ou obliquamente combinados, quando oblíquos, de modo a produzir um novo movimento composto a partir da determinação de ambos. (Newton, 2008, p. 54).

Interessa-nos também a clareza que Newton expôs sobre a interação entre corpos, considerados em um sistema isolado e, portanto, livres de qualquer força imprimida externa ao sistema dos dois corpos, conforme o corolário do “Principia”:

A quantidade de movimento, que é obtida tomando-se a soma dos movimentos dirigidos para as mesmas partes, e a diferença daqueles que são dirigidos a partes contrárias, não sofre mudança a partir da ação de corpos entre si. (Newton, 2008, p. 57).

Podemos apostar que tal corolário estaria relacionado com problemas por exemplo envolvendo balística, na fabricação de canhões, na investigação do lastro do canhão, pensando no cálculo da velocidade de recuo. “Pois a ação e sua reação oposta são iguais, pela terceira lei de Newton, e portanto, pela segunda lei, elas produzem nos movimentos mudanças iguais em direção a partes opostas”, (Newton, 2008, p. 58).

Com clareza apontamos que a obra principal de Newton, o “Principia” tratou de uma investigação geral sobre a mecânica celeste e terrestre, “mostra a completa coincidência entre as temáticas físicas da época, que emergiam de exigências econômicas e técnicas”, (Hessen, 1984, p. 55). Com a apresentação sistemática dos problemas mais relevantes e que constituem boa parte da obra “Principia”.

4.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesse processo com uma experimentação apresentada em uma sequência de atividades, que se inspirará na via normal do pensamento científico, desde a problematização particular até a forma mais abstrata, passando pela geometrização. Em uma perspectiva de proporcionar uma síntese psicológica progressiva, “estabelecendo, a respeito de cada noção, uma escala de conceitos, mostrando como um conceito deu origem a outro, como está relacionado com outro”. (Bachelard, 2013, p. 22 – 23).

Queremos favorecer com a experimentação, não uma atitude de contemplação animista diante dos tipos abordados pela física, mas que os estudantes vasculhem esses tipos, de tal forma que o pormenor de uma experiência específica, “sempre será possível ao espírito científico variar-lhe as condições, ..., para dialetizar a experiência”

(Bachelard, 2013, p. 21). O estudante instigado pela provocação, incomoda-se com as “identidades mais ou menos aparentes e exige sem cessar mais precisão e, por conseguinte, mais ocasiões de distinguir”. (Bachelard, 2013, p. 21).

Em uma escala de objetividade de uma atividade para a outra, auxiliada por uma matemática discursiva em contraponto, “de uma lei formulada em uma matemática vaga, que satisfaz a pouca necessidade de rigor das mentes sem nitidez”, (Bachelard, 2013, p. 279). Assim deixando de lado o discurso que ouvimos muitas vezes de que a ciência é difícil e “que as ciências se especializam. Mas, quanto mais difícil é uma obra, mais educativa ela será. Quanto mais uma ciência é especial, mais concentração espiritual ela exige”, (Bachelard, 2013, p. 309).

Trata-se de um alinhamento com a ciência praticada de forma moderna, com um arrebatamento conforme pensamos de exigência e necessidade matemática. “Ele aspira a uma maior matematização, a funções matemáticas mais complexas e mais numerosas”, (Bachelard, 2009, p. 37). Nesse contexto de uma física que se constrói com números, não há lugar para um ensino que se dê ao desfrute de atender o conforto de mentes que se recusam a abstração, com reclamações de uma ciência difícil.

Com toda essa manipulação de entidades da física, utilizando o cálculo como elemento articulador entre o racional e o empírico, este experimentado nos aparelhos tecnológicos, presumimos que os estudantes à medida que ganharem confiança nas estruturas matemáticas que utilizaremos, assim como entendido nas manufaturas dos experimentos criados no aparelho tecnológico, adquira uma cultura de experimentação de “especulador complexo” (Hacking, 2012). Despertar “- e sobretudo manter - um interesse vital pela pesquisa desinteressada não é o primeiro dever do educador, em qualquer estágio de formação?” (Bachelard, 2013, p. 12). Que seja um dos traços do especulador complexo a busca de uma coerência compreensiva, utilizando do pensamento físico - matemático.

A próxima seção iniciamos a sequência didática investigando no senso comum dos estudantes, como eles representam entidades da física relacionados com a lei fundamental dos movimentos. A seguir apresentamos um quadro resumo da sequência didática de proposta de manipulação de tipos da física relacionadas com a lei fundamental dos movimentos:

Atividades	OBJETIVO	NÚMERO DE AULAS	OBSERVAÇÕES E SUGESTÕES PARA AS ATIVIDADES
Questionário: lei fundamental dos movimentos	Investigar como os estudantes representam tipos da física associados com a lei fundamental dos movimentos.	02	Para racionalizar a coleta de dados e não precisar dispor de impressões e depois digitalizações dos questionários, orientamos que o questionário seja disponibilizado no blog Racional&empírico. Lembrando da importância de conhecer como os estudantes representam os tipos que nos interessam, pois nas representações podem haver equívocos, que durante as atividades podem constituir pontos de partida para eventuais retificações.
Atividade I	Apresentar o conceito da conservação de uma determinada grandeza.	01	O conceito de conservação deve ser apresentado com material instrutivo em alto grau de abstração, generalidade e inclusividade. Com o cuidado de não 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.
Atividade II	Manufaturar experimentos artesanais para criar a conservação da quantidade de movimento.	02	Os estudantes ao manipularem os aparelhos experimentais no início do processo estarão muito mais empíricos do que racionais. Porém faz parte do processo de cultura de laboratório e na medida que a sequência didática continuar, ocorrerá o equilíbrio entre o racional e o empírico.
Atividade extraclasse	Propor problematizações que envolvam o tipo conservação da quantidade de movimento.	Extraclasse	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.
Atividade III	Manufaturar experimentos artesanais para criar contextos de geometrização do tipo quantidade de movimento	02	Antes da manipulação experimental é interessante um retorno ao quadro, com a intenção de um chamamento dos estudantes para o equilíbrio entre racional e empírico. E uma problematização envolvendo relações de proporcionalidade, dando suporte para o laboro experimental dos estudantes. Os estudantes devem ser convidados a montar o aparelho experimental.
Atividade extraclasse	Propor atividade de leitura de artigo científico de contextualização do “mundo mecânico” de Newton. Propor documentário da BBC sobre o mundo que viveu Newton.	Extraclasse	A utilização do blog com a disponibilização do artigo de Boris Hessen, dará um suporte da história da ciência e a contextualização de do mundo que Newton viveu e que produziu as leis de Newton.
Atividade IV	Manufaturar experimentos: - Artesanal de geometrização da lei fundamental dos movimentos; - Tecnológico com carrinho de Fletcher para especulação complexa dos tipos associados com a lei fundamental dos movimentos; - Tecnológico com programa Tracker para especulação complexa dos tipos associados com a lei fundamental dos movimentos	02 03 03	-Com os carrinhos de madeira é possível criar os fenômenos que serão analisados e associados com o modelo estabelecido através da geometrização e com a sua manipulação através das relações de proporcionalidade. - O carrinho de Fletcher deve ser encarado pelos estudantes como um projeto e assim eles devem transitar da parte artesanal e pensar o experimento no novo aparelho. Podendo então passar a especulação através dos articuladores da linguagem física matemática da lei fundamental dos movimentos. E construir artesanalmente tabelas e gráficos. - A utilização do programa Tracker é potencializado na medida que ele também é proposto como projeto para os estudantes, e estes com um tutorial o manipulam conhecendo suas ferramentas. E também se potencializa na medida que os estudantes transitam da parte artesanal, tecnológica no carrinho de Fletcher para o programa Tracker. Com a vantagem de que as ferramentas do programa fornecerão o que antes foi realizado artesanalmente.

Fechamento	Comparar os métodos artesanal, tecnológico com Fletcher e tecnológico com programa Tracker; a respeito da lei fundamental dos movimentos	02	Com os registros nos guias de instrução de cada modalidade trabalhado na atividade IV, os estudantes poderão discutir as vantagens e desvantagens de cada modalidade, discutir possíveis anomalias, 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 desejamos no ensino de física.
------------	--	----	---

Na próxima seção detalharemos cada uma das atividades propostas.

4.2.1 O QUESTIONÁRIO: SENSO COMUM E A REPRESENTAÇÃO DAS ENTIDADES TEÓRICAS

Aqui queremos destacar a importância do questionário envolvendo as problematizações, pois interessa-nos as concepções dos estudantes para que sejam afastados das suas intuições primeiras animistas que formam sua alma pré-científica e, que ingressem em um processo de enculturação científica, que exige pensar contra as primeiras intuições e o empirismo imediato:

Logo, toda cultura científica deve começar, como será longamente explicado, por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir. (Bachelard, 2013, p. 24).

Sendo assim nenhum método de ensino de física teórico e experimental terá sucesso em termos de aprendizagem, se este ignorar como os estudantes concebem situações problema que envolvam entidades teóricas e experimentais observáveis. Consideramos o questionário como parte integrante da sequência didática que proporemos sobre a lei fundamental dos movimentos. Para identificar possíveis “obstáculos epistemológicos” (Bachelard, 2013), que deverão ser vencidos e que marcarão a evolução do pensamento dos estudantes.

Tomamos por princípio o entrelaçamento entre o racionalismo e o empírico para o ensino de física e, como já apontamos a cultura que queremos para o ensino, com um estilo de pensamento racional e experimental na busca de soluções de problemas. Devemos considerar para nossa proposta de manipular a lei fundamental dos movimentos, qual o entendimento dos estudantes sobre entidades como quantidade de movimento, força, intervalo de tempo e condições de conservação da quantidade de movimento.

Nas representações dos estudantes a respeito de tais entidades, não esperávamos descrições formais por se tratar de uma turma de nono ano, mas encontrar nas primeiras intuições e no seu empirismo com eventos que envolvam os juízos que

nos interessam, contextos de situações cotidianas que pudessem servir de início, que através da sequência didática sobre a segunda lei de Newton um processo de evolução dos perfis epistemológicos dos estudantes em relação as entidades. Para tanto escolhemos situações que problematizassem pêndulos de Newton, atividade esportiva de rugby, cintos de segurança, colisões entre automóveis e diferentes deformações entre automóveis antigos e modernos.

Páginas

- Apresentação
- Artigo de Boris Hessen
- Artigo sobre termômetros
- Experimento de Oersted
- A ciência e as idas e voltas do senso comum, de Michel Paty (físico e filósofo).
- Questionário de investigação de representações 

Questionário de investigação de representações

Questionário de investigação de representações dos estudantes

Com a intenção de impor uma nova mentalidade de cultura experimental em nosso laboratório, optamos em construir um questionário para investigar as representações dos estudantes sobre entidades relacionadas com a Lei Fundamental dos Movimentos. Mas que também fosse de criação de problematizações, que não permitissem respostas rápidas e fáceis, que não queremos encorajar na proposta metodológica que pretendemos, com a qual intencionamos um aumento gradativo do pensamento abstrato e a objetividade que caracterizam a alma científica.

Observação aos estudantes do nono ano: acesse o link do questionário e responda as questões de 5, 6, 7, 8 e 9, disserte conforme as suas reflexões em relação ao contexto de cada problematização, utilize argumentos de forma objetiva para fundamentar as suas respostas.

Questionário de investigação de representações, a respeito da Lei Fundamental dos Movimentos

Registre as suas respostas na forma de postagem única, enumerando cada uma das suas respostas. Também inclua outras duas postagens como parte da atividade, relativo a escolha de outras duas postagens dos seus colegas para tecer comentários, que podem ser de aporte convergente a representação do colega, ou divergente apresentando argumentos de contraponto.

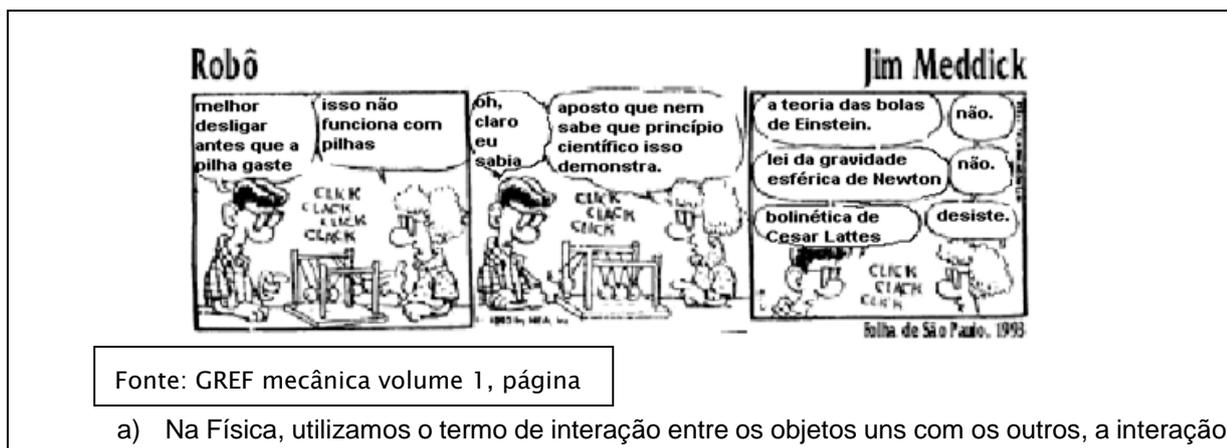
Figura 5: página da proposta do questionário. Fonte – <http://racionaleempirico.blogspot.com.br/p/com-intencao-de-impor-uma.html>

A seguir as questões 5, 6, 7, 8 e 9 descritas na atividade proposta no blog:

Para a quinta situação problema escolhemos questionamentos sobre o pêndulo de Newton, que remetesse com a ideia da quantidade de movimento, da conservação da quantidade de movimento, interação entre corpos e a condição de um sistema isolado. O questionário pode ser disponibilizado no Blog Racional&empírico, o qual poderá permitir a interação entre os estudantes e a coleta de dados para eventuais pesquisas por professores pesquisadores.

Tabela 3: contexto de problematização envolvendo o pêndulo de newton. (Continua...)

5. SITUAÇÃO PROBLEMA: pêndulo de Newton
Os pêndulos de Newton são assim nomeados pela contribuição do célebre físico Isaac Newton, com a intenção de ilustrar diversos princípios (leis de Newton) da mecânica clássica, aqui também o utilizaremos para ilustrar algumas questões para refletirem e em seguida responder as questões a seguir:



Fonte: GREF mecânica volume 1, página

- a) Na Física, utilizamos o termo de interação entre os objetos uns com os outros, a interação pode ser um chute, uma explosão ou um toque. Na tirinha em cada toque de uma bolinha para a outra “algo” é transferido, tente explicar o funcionamento do pêndulo através do princípio físico e associado a este “algo” que é transferido de uma bolinha para outra:
- b) Uma vez o pêndulo iniciado o movimento ficará funcionando por tempo indeterminado? Que fatores podem provocar a parada do pêndulo?
- c) Que *conceitos* da Física interferem na interação entre as bolinhas na transferência do “algo” de uma bolinha para outra? Arrisque e dê um nome para o “algo” que é transferido?

Portanto o entendimento sobre as entidades envolvidas na lei fundamental dos movimentos, não se inicia na primeira aula de física com a abordagem sobre as entidades, mas muito antes de como os estudantes as utilizam para explicar o contexto apresentado alicerçados no seu senso comum. E como é importante conhecer as impressões dos estudantes, pois:

A ideia de partir do zero para fundamentar e aumentar o próprio acervo só pode vingar em culturas de simples justaposição, em que um fato conhecido é imediatamente uma riqueza. Mas, diante do mistério do real, a alma não pode, por decreto, tornar-se ingênua. É impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais. (Bachelard, 2013, p. 17-18).

Para sabermos que barreiras terão que ser superados e outras representações que deverão ser construídas, com a intenção sempre não de revolucionar uma maneira de pensar, mas sim de aperfeiçoá-lo. “Portanto, partiremos quase sempre das imagens, em geral muito pitorescas, da fenomenologia primeira, e com que dificuldades, essas imagens são substituídas pelas formas geométricas adequadas.” (Bachelard, 2013, p. 11).

Na sexta problematização continuamos a investigar como os estudantes interpretam através de uma fenomenologia primeira, situações de transferência da quantidade de movimento, agora diferente do pêndulo, com diferenciações de massa e velocidade entre os corpos que interagem, utilizando como contexto a prática esportiva do rugby:

Tabela 4: situação problema com contexto do jogo de rugby e situações de transferência da quantidade de movimento.

6. SITUAÇÃO PROBLEMA: TROMBADAS SEM VÍTIMAS	
<p>O rugby é um esporte coletivo (em equipe) praticado com as mãos e com uma bola. É um jogo muito parecido com o Futebol Americano. Uma partida tem duas partes de quarenta minutos. O objetivo é fazer maior número de pontos. Cada time no rugby tem 15 jogadores titulares e 6 reservas.</p> <p>Os equipamentos utilizados são: chuteira, shoulder pad (colete com partes amaciadas que protegem os ombros, o abdômen, o peitoral, as costas e o bíceps); boqueira (proteção para os dentes) e o scrum cap (capacete com partes amaciadas para proteger o crânio de impactos de pequena e média força). (Fonte disponível http://www.infoescola.com/esportes/rugby/, 25/08/2013 às 17:45 h).</p>	
<p>Fonte disponível: http://www.ahebrasil.com.br/noticias/2011/10</p>	
<p>Agora com a informação do contexto do jogo de rugby, serão apresentadas algumas possibilidades do choque entre os dois jogadores da foto, analise a possibilidade proposta e responda o que acontece com cada um dos jogadores em relação aos seus movimentos depois do choque:</p> <ol style="list-style-type: none"> Admitindo dois jogadores de massas bem diferentes, o de maior massa está parado e o outro jogador o de menor massa bate em movimento para direita se choca lateralmente com o outro jogador, e os dois ficam presos pelo shoulder pad o que acontece com a velocidade dos jogadores: Agora os dois jogadores de massas bem diferentes se movimentam na mesma direção, com velocidades iguais, porém em sentidos opostos: Por último os dois jogadores de massas bem diferentes se movimentam na mesma direção e no mesmo sentido, o de massa maior mais rápido colide nas costas do jogador da frente, o de maior massa acaba caindo e para, o que acontece com a velocidade do jogador da frente admitindo que ele continuou correndo depois do choque: 	

Vasculhando o espírito pré-científico dos estudantes do nono ano, sobre os tipos fenomenológicos que nos interessam, com a intenção de identificar qual a forma que utilizam para a sua representação e quais os possíveis obstáculos para a evolução do ajuizamento dos tipos.

E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é o âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas da estagnação e até de regressão, detectaremos causas da inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos. (Bachelard, 2013, p. 17).

Outros tipos interessam-nos em relação a relação entre força e tempo na modificação da quantidade de movimento, foi com este interesse que formulamos a problematização de número sete, abordando o cinto de segurança:

Tabela 5: variação da quantidade de movimento e a relação com a força e o tempo de aplicação da força.

7. SITUAÇÃO PROBLEMA: a importância do cinto de segurança	
	 <p>Movimento do corpo de um passageiro sem cinto de segurança no momento de uma colisão.</p>
<p>Fonte disponível: http://www.canalkids.com.br/cidadania/t</p>	<p>Fonte disponível: http://www.apatru.org.br/sites/institucional_002/interna1.asp?dados=1:1:3:2:1:69</p>
<p>Em 1953, devido ao elevado número de acidentes e de vítimas no trânsito nos estados unidos, foi realizada uma pesquisa visando identificar as causas dos acidentes, bem como das lesões graves ou fatais nos ocupantes de veículos automotores. principal causa da morte dos ocupantes: choque contra o volante e/ou painel; ejeção do veículo.</p> <p>Hipoteticamente o que pode minimizar os efeitos em uma batida para os ocupantes do veículo, considerando para uma mesma velocidade e para um veículo com a mesma massa:</p> <ol style="list-style-type: none"> Uma colisão rápida com um obstáculo parado ou uma colisão demorada com o mesmo objeto parado. (Justifique). Uma batida de maior duração, porém com uma força pequena, ou uma batida muito rápida porém com uma intensidade de força maior. (Justifique) 	

Para corroborar com a investigação das relações entre força, tempo de aplicação da força e variação da quantidade de movimento e, ainda relacionar com relações de ciência, tecnologia e sociedade, abordamos a construção de carros e sua evolução ao longo de décadas, com uma preocupação do aumento da segurança em colisões, em que as células de vida são pensadas de forma que o carro amortecia parte do impacto, aumentando o tempo de interação e diminuindo a força do impacto. Neste contexto de colisões e a preocupação com a segurança dos ocupantes apresentamos as problematizações oito e nove, que fecham a sondagem das entidades que podemos relacionar com a lei fundamental dos movimentos, a oitava situação problema:

Tabela 6: teste de colisão para estudo de deformação e amortecimento de impacto.

<p>a) 8. SITUAÇÃO PROBLEMA: deformação dos carros</p>
<p>O Latin NCAP realiza testes de colisão para assim oferecer aos consumidores informação precisa sobre o desempenho em segurança de seus carros. O Latin NCAP oferece aos consumidores a oportunidade de comparar o desempenho em segurança de carros de massa similar aos escolhidos por eles. Latin NCAP é uma iniciativa conjunta da Federação Internacional do Automóvel (FIA), a Fundação FIA, a Global New Car Assessment Programme (GNCAP), a Fundação Gonzalo Rodríguez, o Banco Interamericano de Desenvolvimento e a International Consumer Research & Testing (ICRT). E tem como objetivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - oferecer aos consumidores da América Latina e do Caribe avaliações independentes e imparciais de segurança dos carros novos; - estimular os fabricantes a melhorarem o desempenho em segurança de seus veículos à venda na região da América Latina e do Caribe; - incentivar os governos da América Latina e do Caribe a aplicarem as regulamentações exigidas pelas Nações Unidas quanto aos testes de colisão para os veículos de passageiros. <p>(Fonte disponível: http://www.latinncap.com/po/ultimos-resultados, 25/08/2013 às 18:22h)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="226 683 667 967" style="width: 45%;">  </div> <div data-bbox="769 683 1361 967" style="width: 45%;"> <p>Os carros antigos, preferimos a definição de clássicos, eram elaborados com muito aço e eram extremamente rígidos e quando comparados com um carro atual de igual massa e com a mesma velocidade em uma colisão com o mesmo anteparo parado, os carros atuais, muito mais elásticos, se deformam muito mais. Qual a intenção em termos de segurança esta mudança bem vinda na construção dos veículos?</p> </div> </div> <div data-bbox="172 981 742 1093" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Fonte disponível: http://carrosnovoslegais.com/colisao-de-chevy-1959/, 24/08/2013 às 19:31 h</p> </div>

E a nona situação problema:

Tabela 7: colisão de um carro antigo mais rígido, e um carro moderno menos rígido.

<p>9. SITUAÇÃO PROBLEMA: efeitos diferentes em carros</p>	
<p>Admitindo por hipótese que as “duas beldades” abaixo, tenham aproximadamente a mesma massa, a diferença que um é um carro moderno e outro é um antigo clássico, e que infelizmente por imperícia dos seus condutores colidiram com um obstáculo similar, um poste de energia elétrica, presumindo que ambos no momento da batida estavam na mesma velocidade. Visualmente constatamos que o veículo moderno à esquerda sofreu uma maior deformação. Em qual dos carros o efeito da batida foi mais intenso, considerando que foi respeitado os mesmos dispositivos de segurança? Que fatores (conceitos da física), interferiram nesta maior intensidade sobre os ocupantes de ambos os veículos?</p>	
<div data-bbox="153 1518 683 1816" style="text-align: center;">  </div> <div data-bbox="172 1854 742 1951" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Fonte disponível: http://saobernardodocampo.zeebukbrasil</p> </div>	<div data-bbox="839 1518 1329 1816" style="text-align: center;">  </div> <div data-bbox="810 1854 1361 1951" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Fonte disponível: http://www.alagoas24horas.com.br/con</p> </div>

Nas duas últimas situações, foi nossa intenção perceber no estilo de pensamento dos estudantes, se este havia alguma abstração sobre as entidades força, tempo de aplicação da força e a variação da quantidade de movimento, relacionadas por proporcionalidade direta ou inversa. Para que sentíssemos se necessário fosse trabalhar na sequência didática problematizações envolvendo esse exercício de abstração, que ao nosso ver contribui muito para o entendimento e manipulação das entidades envolvidas com a lei fundamental dos movimentos. “É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiência para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto.” (Bachelard, 2013, p. 50):

As reformas do ensino secundário na França, nos últimos dez anos, ao diminuir a dificuldade dos problemas de física, ao implantar, em certos casos, até um ensino de física sem problemas, feito só de perguntas orais, desconhecem o real sentido do espírito científico. Mais vale a ignorância total do que um conhecimento esvaziado de seu princípio fundamental. (Bachelard, 2013, p. 50).

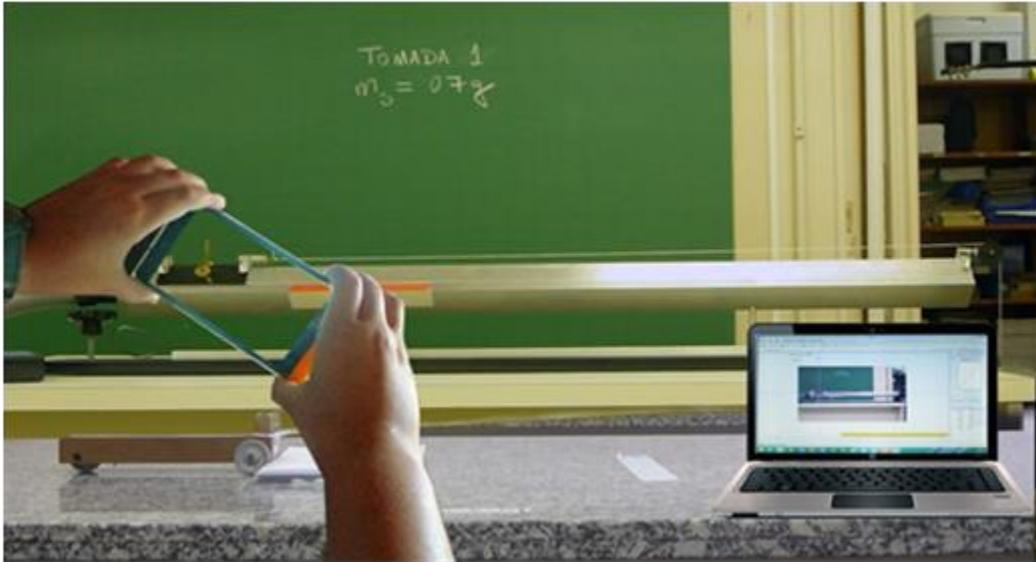
Portanto encontramos em Bachelard (2013), quando realiza uma crítica ao ensino de nível médio francês, a inspiração para defendermos a problematização no ensino de física.

4.2.2 ESPECULAÇÃO COMPLEXA DA LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS

Bacon já percebia o entrelaçamento entre as habilidades racionais e empíricas, como lembrado por Hacking ao transcrever de uma analogia que Bacon “extrai uma moral da vida dos insetos:” (Hacking, 2012, p. 350):

O homem que faz experimentos é como a formiga, que coleciona e manuseia; já o homem que especula é como a aranha, que constrói teias a partir de sua própria substância. Mas a abelha vai pelo caminho mediano: ela coleta material das flores do jardim e do campo, mas o transforma e digere por um poder que lhe é próprio. O verdadeiro trabalho da filosofia assemelha-se a esse procedimento, pois ele não depende inteiramente nem principalmente dos poderes da mente, nem tampouco toma a matéria que a história natural e os experimentos lhe ofereceram, armazenando-a simplesmente na memória como um todo; mas deposita-o no entendimento, uma vez alterada e digerida. (Hacking, 2012, p. 351).

Por isso o experimento “é a criação dos fenômenos; os fenômenos precisam ser regularidades discerníveis – logo, um experimento que não pode ser repetido não pode ter criado um fenômeno.” (Hacking, 2012, p. 329). A seguir procuramos ilustrar através de uma montagem, que inclui os elementos que em particular farão parte da sequência de atividades, que os estudantes especularão de forma complexa entidades da física nos fenômenos que criarão, no manuseio artesanal e tecnológico dos aparelhos que estarão disponíveis:



Fotografia 5: montagem integrando os elementos artesanais e tecnológicos. Fonte: MUCHENSKI, J. C., 2013.

Percebemos nos elementos ilustrados, a parte artesanal com o carrinho de madeira e, a parte tecnológica do carrinho de Fletcher e o filme do celular trabalhados no computador com o programa Tracker. O detalhamento das atividades descreveremos nas próximas subseções, para cada contexto que será trabalhado.

Percebemos nos elementos ilustrados, a parte artesanal com o carrinho de madeira e, a parte tecnológica do carrinho de Fletcher e o filme do celular trabalhados no computador com o programa Tracker. O detalhamento das atividades descreveremos nas próximas subseções, para cada contexto que será trabalhado.

4.2.2.1 *PRIMEIRO CONTEXTO: QUANTIDADE DE MOVIMENTO EM UM SISTEMA ISOLADO*

Apresentamos o tipo teórico sobre conservação de alguma “coisa”, com a problematização envolvendo o pêndulo de Newton, apresentamos dois vídeos em que o movimento das esferas se conservava, e propõem-se que força dissipativa como o atrito

com o ar será desconsiderado e que o movimento de observação será relativamente pequeno, considerando apenas algumas oscilações. “De fato a ciência contemporânea se instrui sobre sistemas isolados, sobre unidades parcelares”, (Bachelard, 2013, p. 112).

Na Física, utilizamos o termo de interação entre os objetos uns com os outros, a interação pode ser um chute, uma explosão ou um toque. No vídeo em cada toque de uma esfera para a outra “algo” é transferido, o que é transferido? Como explicar o funcionamento do pêndulo através de um princípio físico e associado a este “algo” que é transferido de uma bolinha para outra?

Escolhemos a questão sobre “algo que se conserva” no pêndulo:

1. SITUAÇÃO PROBLEMA: PÊNDULO DE NEWTON



Figura 6: situação problematizadora sobre conservação da quantidade de movimento.

Acompanhado da atividade I: de uma ilustração com um resumo de uma história de gibi do Maurício de Souza (1998), com um sistema de três garotos jogando “bafo”, dois a dois. E também apresentamos uma tabela com as figurinhas que cada um possui em cada rodada:

Tabela 8: tabela elaborada inspirada do original do GREF.

	Estudante 1	Estudante 2	Estudante 3	Total
Antes	10	5	15	30
Após primeira rodada (estudantes 1 e 2)				
Após segunda rodada (estudantes 2 e 3)				
Após terceira rodada (estudantes 1 e 3)				

Depois do jogo entre os três estudantes de cada bancada e a contabilidade e preenchimento da tabela 8, e a discussão em cada grupo a descrição entre as situações antes e após o final de cada rodada, é abordado no grande grupo o que aconteceu com o número de figurinhas de cada estudante, diminuiu ou aumentou ou ficou a mesma quantidade e, o número total da soma dos três jogadores. Depois da conclusão que individualmente o número de figurinhas varia, entretanto, o número total de figurinhas do sistema constituído pelos três estudantes manter-se-á constante, deverá passar para a ilustração com a história em quadrinhos:



Figura 7: Maurício de Souza. Essa historinha é um resumo. O original completo encontra-se na revista cascão número 98.

Depois de discutido o conceito de conservação de alguma “coisa” e ilustrado com a história em quadrinhos passamos para a atividade II:

Tabela 9: atividade para manipulação da conservação da quantidade de movimento. (Continua...).

OBJETIVO: Apresentação da Lei da conservação da quantidade de movimento e uma sequência de experimentos (com laboratório de baixo custo) com a intencionalidade de ressaltar a lei de conservação.

EXPERIMENTO I – COLISÃO ENTRE ESFERAS METÁLICAS.

MATERIAL UTILIZADO: KIT IBEC (canaleta metálica e esferas metálicas de massas iguais).

PROCEDIMENTO: posicione as esferas justapostas na parte central da canaleta. Desloque uma das esferas para até o alto da inclinação, ela deverá ser abandonada da parte mais elevada da canaleta com a intenção de uma colisão com as demais. Observe e anote o que acontece com as esferas após a colisão. Repita o procedimento abandonando duas esferas simultaneamente, uma junto da outra. Realize também uma colisão abandonando três esferas.

OBSERVAÇÃO: sistema consiste no conjunto de esferas, considerando a(s) esfera(s) abandonada(s) a partir do momento que corre(m) na canaleta horizontal.



Figura: representação da canaleta e esferas do material do IBEC

QUESTÕES:

- 1) Utilizando das suas proposições das observações e no juízo sobre conservação da quantidade de movimento, preencha a tabela indicando a quantidade de esferas abandonadas e as que são ejetadas após a colisão e na última coluna a velocidade das bolas ejetadas aumentou, diminuiu ou conservou a velocidade em relação as que desceram antes da colisão.

Número de esferas abandonadas (antes da colisão)	Número das esferas ejetadas (após a colisão)	Velocidade do conjunto de bolas ejetadas comparado com as esferas abandonadas

- 2) Com relação à velocidade com que a(s) esfera(s) é(são) ejetada(s), podemos afirmar que esta é _____ (muito maior/ aproximadamente a mesma/ muito menor) aquela observada antes da colisão.
- 3) Considerando suas respostas nas questões 1) e 2) e lembrando que a quantidade de movimento é dada por $Q = m \cdot v$, o que se pode dizer a respeito das quantidades de movimento antes e após cada uma das colisões?

EXPERIMENTO 2: O BARQUINHO E O ESTILINGUE

MATERIAL UTILIZADO:

- bacia de base retangular com água;
- barquinho de brinquedo com estilingue adaptado;
- barbante, fósforo e pedaços de papel dobrado (projétil do estilingue).

PROCEDIMENTOS: o estilingue deverá ser preparado para dois disparos: um sem projétil e o outro carregado com papel (projétil). Coloque o barquinho, devidamente preparado, na bacia com água e mantenha-o em repouso. Para efetuar o disparo, utilize um palito de fósforo aceso e queime o barbante. Observe o que acontece. No segundo disparo, você irá carregar o estilingue com papel (projétil). Observe se ocorreu algo diferente ao observado no primeiro disparo.

OBSERVAÇÃO: o sistema é o conjunto formado pelo barquinho, o estilingue e o projétil de papel.



Figura: ilustração do barquinho e o lançamento de um projétil. Fonte http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_04.asp, retirado em 23/07/2014 às 20:15h

QUESTÕES:

- 4) Descreva as diferenças observadas em relação ao movimento do barquinho durante os dois disparos.
-
- 5) No sistema barquinho-estilingue-projétil as forças trocadas durante os disparos são internas, o que faz com que a quantidade de movimento se conserve. De que forma isso é evidenciado durante os disparos?

EXPERIMENTO III: COLISÕES ENTRE CARRINHOS

MATERIAL UTILIZADO:

- carrinhos de brinquedo de massas semelhantes;
- massas aferidas.

PROCEDIMENTO: deixe os carrinhos vazios e enfileirados, separados por uma distância de, aproximadamente, 30 cm. Lance o último carrinho contra os demais e observe o que acontece com cada um deles. Em seguida, carregue o primeiro com massa de 400 g e, lance novamente o último contra os demais. **OBSERVAÇÃO:** formado pelo conjunto de carrinhos, depois do instante que um deles foi colocado em movimento.



Figura: ilustração dos carrinhos enfileirados.

QUESTÕES:

- 1) Quando um carrinho é lançado contra os outros, ele possui quantidade de movimento proporcional à sua massa e velocidade. Ao ocorrer os sucessivos choques, o que acontece com essa quantidade de movimento?

- 2) Em qual das situações a velocidade do primeiro carrinho da fila, comparada a daquele que foi lançado foi menor? A que se deve tal diferença?

- 3) Para a situação da questão anterior, onde a velocidade após as colisões foi bem menor que a de lançamento, é correto dizer que a quantidade de movimento do carrinho também foi bem menor? Justifique.

QUESTÃO FINAL: PARA CADA EXPERIMENTAÇÃO HOUVE A ATUAÇÃO DE ALGUMA FORÇA EXTERNA AO SISTEMA DURANTE A INTERAÇÃO ENTRE OS ELEMENTOS QUE CONSTITUÍAM O SISTEMA?

Incluindo a atividade extra para fixação da entidade conservação da quantidade de movimento, em um sistema isolado, inspirado nas leituras de física do GREF:

Tabela 10: interações em um sistema isolado.

Interações em um sistema isolado/Retomada de conteúdos

Retomamos como a entidade da conservação que foi manipulada na experimentação, pode ser aplicada a uma situação de transferência de movimento em outros contextos.



Figura 8: Jim Davis (Folha de São Paulo)

Considerando o sistema isolado formado pelo cachorro e pelo gato, em que o cãozinho inicia seu movimento ao ser atingido pelo pé do Garfield que completa o sistema. Note que uma parte do movimento da pata do gato é transferida ao cachorro. Como exemplo, imagine que a quantidade de movimento do pé do gato seja igual a 30. Como o cachorro ainda está parado sua quantidade de movimento é igual a zero. Assim, a quantidade de movimento total antes do chute é trinta, pois $30 + 0 = 30$.

Durante o chute, uma parte da quantidade de movimento do pé do Garfield é transferida para o corpo do cachorro. Acompanhe o esquema:

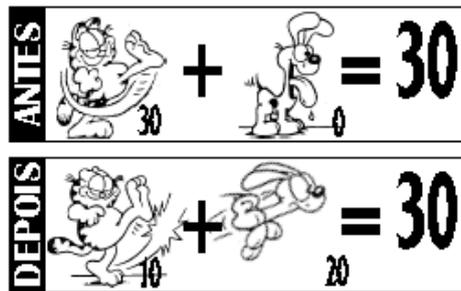


Figura 9: retirado das leituras de física do GREF. Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec1.pdf>

Dessa forma, a quantidade de movimento total, antes da interação e depois da interação, se conserva. Embora variem as quantidades de movimento do pé do Garfield e do cachorro.

Você acaba de retomar o tipo da física manipulado nos diferentes aparatos experimentais e, que se remete a uma das leis mais importantes de toda a Física: a lei da conservação da quantidade de movimento. Na ciência tratamos uma lei da Física, como uma espécie de regra que acreditamos que as coisas sempre obedecem. A lei que acabamos de apresentar pode ser escrita assim:

Lei da Conservação da quantidade de movimento:
“Em um sistema isolado a quantidade de movimento total se conserva”

"Sistema" significa um conjunto de coisas ou objetos. Portanto, um sistema isolado é um conjunto de objetos sem contato com outros. É como o exemplo do Cascão, do Tonhão e do menino: como só eles três participaram, podemos dizer que a quantidade total de figurinhas nesse conjunto se conserva. Se o Cebolinha também participasse, não poderíamos mais garantir que a soma de figurinhas Cascão + Tonhão + garotinho se conservasse: o sistema não está mais isolado. Isso poderia ser resolvido muito facilmente incluindo o Cebolinha no sistema. Na Física, para definir sistema isolado, temos que incluir todos os objetos que estão em interação uns com outros. Interação pode ser um chute, uma explosão, uma batida, um empurrão, um toque, ou seja, qualquer tipo de ação entre objetos.

Problema do pêndulo de Newton

1.

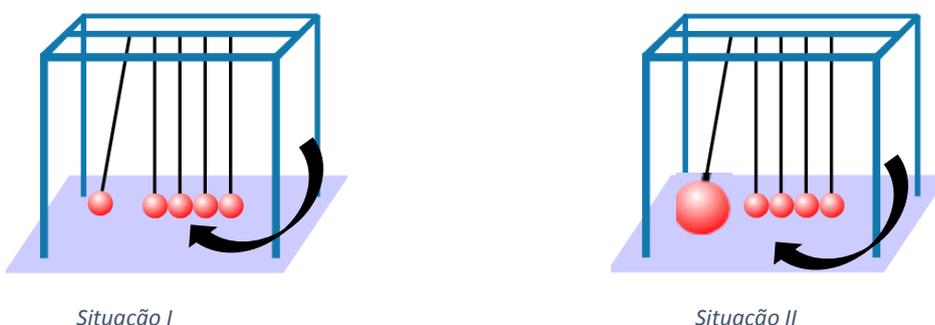
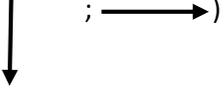


Figura: Pêndulo de Newton (<http://www.tarinha.net/posts/ciencia-educacion/7480886/El-Pendulo-de-Newton.html>)

Na figura da esquerda está representado um pêndulo de Newton convencional, no qual todas as esferas possuem as mesmas dimensões e as mesmas massas. Na figura da direita está representado uma variação

do pêndulo, em que a esfera deslocada possui um tamanho maior e uma massa maior que as demais esferas. O movimento acontece da direita para a esquerda conforme a representação das setas e para o nosso modelo (sistema) para uma variação tempo limitado, considere desprezível a resistência do ar, com essas informações responda os questionamentos:

- a) Existem forças atuando nos pêndulos? Quais os nomes das forças? Represente-as no desenho utilizando flechas: ()

(Lembre-se qual força que equilibra a força-peso impedindo que a esfera caia, descreva essa força)

- b) Entre as forças nomeadas quais são externas ao sistema e quais são internas?
 c) Somando as forças externas o resultado é zero? O sistema pode ser considerado isolado? Justifique as suas respostas.
 d) Por que a resistência do ar foi desprezada no modelo proposto como exercício? Ela seria uma força externa ou interna ao sistema?
 e) Para a situação I a esfera ejetada possui velocidade maior, igual ou menor do que aquela de igual massa que a empurrou? Justifique a sua resposta.
 f) Para a situação II a esfera ejetada possui velocidade maior, igual ou menor do que aquela de menor massa que a empurrou? Justifique a sua resposta.
 g) Na Física, utilizamos o termo de interação entre os objetos uns com os outros, a interação pode ser um chute, uma explosão ou um toque. No pêndulo de Newton em cada toque de uma esfera para a outra “algo” é transferido, considerando a associação da massa e velocidade das esferas qual é o nome deste algo que é transferido de uma esfera para a outra? E este algo que é transferido é conservado? Justifique as suas respostas.

4.2.2.2 SEGUNDO CONTEXTO: GEOMETRIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Para explorarmos as relações de proporcionalidade através de uma geometrização simples entre massa, velocidade e quantidade de movimento. Consideraremos para a problematização o jogo de rugby, o qual é um esporte de contato a maior parte do tempo, com constantes atropelamentos, mostraremos também um vídeo mostrando algumas dessas interações entre os jogadores:

2. SITUAÇÃO PROBLEMA: TROMBADAS SEM VÍTIMAS

- Os equipamentos utilizados são: chuteira, shoulder pad (colete com partes amaciadas que protegem os ombros, o abdômen, o peitoral, as costas e o bíceps); boqueira (proteção para os dentes) e o scrum cap (capacete com partes amaciadas para proteger o crânio de impactos de pequena e média força). (Fonte disponível <http://www.infoescola.com/esport/es/rugby/>, 25/08/2013 às 17:45 h).



Fonte disponível: <http://www.youtube.com/watch?v=Ed2T3pknD0Q>, em 21/09/2014 às 19:30 h.

Figura 10: situação problematizadora envolvendo relações de proporcionalidade.

Depois da problematização inicial, com a geometrização queremos que os estudantes comecem a racionalizar as entidades teóricas de forma a aumentar a abstração, pois é do nosso interesse à medida que a sequência didática avança também aumente a exigência da racionalidade dos estudantes, para o aperfeiçoamento do perfil epistemológico em relação aos tipos tratados. Pois:

Sem o equacionamento racional da experiência determinado pela formulação de um problema, sem o constante recurso a uma construção racional bem explícita, pode acabar surgindo uma espécie de inconsciente do espírito científico que, mais tarde, vai exigir uma lenta e difícil psicanálise para ser exorcizado. (Bachelard, 2013, p. 51).

Não somos ingênuos que a racionalização discursiva e complexa não sofra resistência pelas “convicções primeiras, a necessidade de certeza imediata, a necessidade de partir do certo e a doce crença na recíproca, que pretende que o conhecimento do qual se partiu era certo”, (Bachelard, 2013, p. 51). Portanto os obstáculos epistemológicos dos estudantes serão constantemente bombardeados com a provocação a abstração. Para provocar a abstração utilizamos da atividade experimental III, para que os estudantes especulem entorno de uma série de atropelamentos de livros:

Tabela 11: atividade da sequência didática de geometrização para manipular quantidade de movimento, massa e velocidade. (Continua...).

ATROPELANDO LIVROS DE FÍSICA!

FERRAMENTA TEÓRICA: em Física trabalha-se com grandezas físicas que se conservam, por exemplo o que trataremos nesta atividade experimental, René Descartes, filósofo do século XVII, foi quem primeiro a empregou. Para ele, Deus teria criado no Universo uma quantidade determinada de repouso e movimento que permaneceriam eternamente imutáveis. Atualmente a Física não utiliza ideias religiosas para corroborar teorias, a noção de conservação dos movimentos presentes na concepção de Descartes ainda permanece válida. **Lei da conservação da quantidade de movimento, ou seja, em um sistema isolado se um corpo perde seu movimento, um outro corpo**

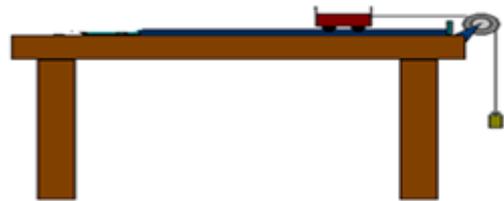
deve receber esse movimento, de modo que a quantidade de movimento total se mantém sempre a mesma.

OBJETIVO: Em grupo desenvolveremos uma prática com a intencionalidade de investigar “coisas” da Física que estão relacionados em um atropelamento controlado, dentro de um laboratório de física e que ninguém sairá machucado, a experimentação servirá para enriquecer e ressaltar discussões em torno desses conceitos da Física.

c) **MATERIAL:** Carrinho de madeira com rolamentos, moedas de massas conhecidas, barbante, suporte, roldana e sua bancada de trabalho.

PRIMEIRO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

coloque uma massa no suporte que está amarrado no barbante e também no carrinho, pendure-o passando pela roldana e então deixe o carrinho correr, a figura a seguir ajudará na montagem experimental:



DANDO NOME AOS ELEMENTOS ENVOLVIDOS: agora discuta com seu grupo sobre os elementos observados durante esse primeiro procedimento experimental e represente – os por uma letra e nomeie-os:

MOMENTO DO GRANDE GRUPO¹: exponha ao grande grupo professores e estudantes os elementos envolvidos no experimento para encontrarmos um consenso para prosseguirmos a experimentação.

SEGUNDO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL: agora que escolhemos no grande grupo o que observar, proporemos três atropelamentos:

I – Respeitando as posições do carrinho² e do livro conforme as marcas que são apresentadas na bancada de trabalho, produzam o atropelamento com apenas uma massa no suporte e escolham no grupo uma forma de guardar a informação do deslocamento do livro atropelado.

¹ Neste momento o par mais experiente auxiliará no consenso da nomeação e dos elementos que estarão envolvidos no atropelamento e que nos interessam durante a observação experimental:

- Variação da velocidade do carrinho $> \Delta V$
- Força motora $>$ que no experimento será a força – gravitacional que atua na massa pendurada no suporte.
- massa do carrinho $> m$

² Chamamos de carrinho ao conjunto de carrinho, barbante, suporte e massa no suporte.

II - Neste segundo atropelamento é solicitado que o grupo decida como atropelar novamente o livro que retornou a sua marca original, mas agora sem alterar a posição e a massa do carrinho e a massa no suporte, o grupo deve decidir como deixar o carrinho menos rápido antes de chegar no livro para atropelá-lo. No grupo decidam uma forma de guardar a informação do deslocamento do livro atropelado.

III - Agora no último atropelamento o grupo deve encontrar uma maneira de aumentar a massa do carrinho, entretanto promovendo a mesma rapidez do experimento realizado no item I. No grupo decidam uma forma de guardar a informação do deslocamento do livro atropelado.

Abaixo anote as decisões do grupo em relação aos pedidos dos procedimentos II e III:

MOMENTO DO GRANDE GRUPO: exponha ao grande grupo professores e estudantes as decisões tomadas para realização dos procedimentos experimentais II e III para encontrarmos um consenso para prosseguirmos a experimentação. Anote as decisões por consenso do grande grupo abaixo:

QUESTIONAMENTOS:

- Comparando o atropelamento do item I em relação ao Item II onde o livro foi empurrado por um deslocamento maior, o que produziu este resultado diferente?
- Neste momento comparando o atropelamento do item I e do Item III onde o livro foi impulsionado por um deslocamento maior, o que produziu este resultado diferente?
- Podemos afirmar então que o atropelamento, representado aqui pelo deslocamento do livro, depende destes elementos citados em suas respostas do item “a” e “b”? Em caso afirmativo escreva quais são esses elementos:

MOMENTO DO GRANDE GRUPO: vamos escolher agora um nome para a combinação dos dois elementos que influenciaram em um atropelamento mais intenso ou menos intenso, também escrever a relação matemática e em que unidade mediremos esta nova grandeza:

E a montagem do aparelho experimental faz parte das características que desejamos do estudante experimentador, o carrinho utilizado é do kit da IBEC:



Fotografia 6: carrinho do conjunto do IBEC, alinhado com a proposta do PSSC, para realização da parte artesanal da experimentação da 2ª lei de Newton. Fonte: MUCHENSKI, J. C., 2013.

A experimentação no ensino de física acompanhado de um aparato tecnológico, não deve comprometer as relações de aprendizagem como barreira por apresentar um aparato que dificulte sua utilização, mudando o foco do estudante para o aparelho técnico e assim tomando a maior parte do tempo da atividade, em detrimento dos momentos de reflexão sobre a problematização da abordagem experimental. Portanto

fará parte da desmistificação para o estudante em relação ao aparelho experimental, a solicitação da sua montagem.

Como professores de ciência devemos proporcionar em nosso chão de sala de aula a possibilidade de interação da experimentação pelos estudantes, em um aspecto que os estudantes não tenham receio de mexer no aparato tecnológico. Neste sentido na apresentação aos estudantes de um aparelho tecnológico durante uma experimentação, este não pode ser de extrema complexidade e que exija a maior parte da aula focada na utilização do aparelho, ficando em segundo plano a atenção da problematização da atividade envolvendo algum juízo que a prática propõe a ser trabalhado.

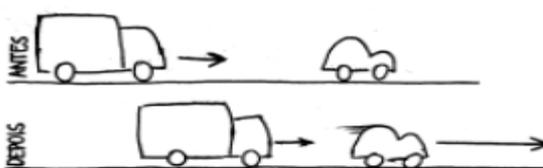
Caso seja necessário a utilização de um aparelho tecnológico de grande complexidade, uma atividade de apropriação do manuseio deste aparelho deverá ser realizada à parte, em uma outra aula que preceda a atividade que envolverá a problematização do juízo, tornando familiar aos estudantes o manuseio com propriedade daquela tecnologia.

Com o objetivo de avançarmos no processo de evolução da abstração, sem perder o foco, de que desejamos que os estudantes aperfeiçoem seu perfil epistemológico em relação as entidades teóricas que escolhemos para manipulação na atividade experimental, na próxima atividade IV aumentaremos a exigência da matematização, para que os estudantes pensem contra o cérebro e contra suas intuições primeiras, pois “é fácil de mostrar que a matematização da experiência é impedida, e não ajudada, por imagens usuais. Essas imagens vagas e grosseiras fornecem um esboço sobre o qual a geometria não tem vez”. (Bachelard, 2013, p. 278).

Com esta intenção como exercício de fixação deve ser apresentado aos estudantes uma nova atividade extraclasse, com a intenção do aperfeiçoamento da geometrização em relação à quantidade de movimento, apresentada a seguir:

Tabela 12: exercícios de manipulação da quantidade de movimento.

Considere o sistema caminhão e carro, nesta colisão o carro sai a uma velocidade superior à que o caminhão antes da colisão. E o caminhão parece diminui pouco movimento. Parece que não houve conservação?



Espera aí! Antes de sair somando os valores das velocidades, lembre-se: nesta batida os carrinhos não são iguais! Isso não influi em nada? As massas fazem alguma diferença?

	Caminhão	Carro
Antes	20 km/h	0 km/h
Depois	10 km/h	25 km/h

Admitindo que o caminhão possui uma massa maior. Por hipótese vamos admitir que o caminhão tenha 50 gramas e o carro apenas 20 gramas. Esta condição modifica totalmente a situação, pois o caminhão agrega uma quantidade de movimento associada a sua velocidade e a sua massa. E que depois da colisão a parte transferida ao carro também será representada pela combinação entre a massa e a velocidade do carro. Portanto não sejamos ingênuos em acreditar que a quantidade de movimento depende apenas da velocidade, mas também da massa, basta recordar do experimento do lançamento do projétil do barquinho realizado no laboratório. Assim esclarecido vamos aos cálculos:

	JAMANTA	CARRO	
ANTES:	20 km/h	0 km/h	
	$\times 50 \text{ g}$	$\times 20 \text{ g}$	
	$\frac{1000 \text{ gkm/h}}$	$\frac{0 \text{ gkm/h}}$	$= 1000 \text{ gkm/h}$
DEPOIS:	10 km/h	25 km/h	
	$\times 50 \text{ g}$	$\times 20 \text{ g}$	
	$\frac{500 \text{ gkm/h}}$	$\frac{500 \text{ gkm/h}}$	$= 1000 \text{ gkm/h}$

Figura: retirado da página 22 das leituras de física do GREF.
 Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec1.pdf>

Como se explica isso?

Caso simplesmente somássemos as velocidades, é percebido que não obteríamos qualquer conservação. Pois de forma equivocada teríamos ignorado a grande diferença de massas entre o caminhão e o carro.

Portanto quando tratamos de quantidade de movimento, estamos falando de “quanto movimento há”. No exemplo trabalhado no caminhão, há mais movimento do que em um carro com a mesma velocidade, simplesmente porque há mais matéria em movimento. Por isso, a quantidade de movimento é massa multiplicada pela velocidade.

Quantidade de movimento = Massa. Velocidade

Problematização: Considerando um sistema isolado (soma das forças externas igual a zero), pondere sobre as transferências da quantidade de movimento e, responda os questionamentos:

1. O grande chute:



Jim Davis, Folha de São Paulo.

Figuras: retiradas das leituras de física do GREF. Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec1.pdf>

Complete a tabela a seguir:

	Quantidade de movimento do Garfield	Quantidade de movimento do Cachorro	Quantidade de movimento total
Tirinha: Garfield antes de acertar o cachorro	$Q_{\text{Garfield, antes}} =$	$Q_{\text{cachorro, antes}} =$	$Q_{\text{Garfield + cachorro}} =$
Tirinha: Garfield depois de acertar o cachorro	$Q_{\text{Garfield, depois}} =$	$Q_{\text{cachorro, depois}} =$	$Q_{\text{Garfield + cachorro}} =$

- Considerando a quantidade de movimento total antes e depois da interação (chute do Garfield no cachorro). O sistema é isolado? Foi conservado a quantidade de movimento? Qual a soma das forças externas sobre o sistema?
- Apresentando $Q = \text{massa} \cdot \text{velocidade}$, dado que a massa de Garfield é de 10 kg e do cachorro é de 5 kg, qual a velocidade de Garfield antes de acertar o cachorro? E qual a velocidade do cachorro depois de ser chutado?
- Por que a velocidade do cachorro é maior acaba sendo maior do que a que o Garfield tinha antes do chute?
- Quando o cachorro recebe a quantidade de movimento, como a sua massa é menor que a do gato, sua velocidade aumenta. Quando uma grandeza aumenta e a outra diminui, estas grandezas são chamadas diretamente ou inversamente proporcionais?
- O taco ao atingir a bolinha ocorre uma transferência da quantidade de movimento, porém o taco continua em movimento. Faça um esquema semelhante a tirinha do chute do Garfield, escolhendo valores para a quantidade de movimento para o taco e a bola antes e depois da tacada, e indique a quantidade total do sistema taco e bola:



Figura: retirado das leituras de física do GREF. Fonte: [Http://www.if.usp.br/gref/mec/mec1.pdf](http://www.if.usp.br/gref/mec/mec1.pdf)

4.2.2.3 TERCEIRO CONTEXTO: ESPECULAÇÃO COMPLEXA DA LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS.

Escolhemos para manipulação da entidade teórica, uma atividade experimental que dividimos em duas partes: uma de articulação com a análise das relações de proporcionalidade entre força, variação da quantidade de movimento e intervalo de tempo da aplicação da força, e de cunho mais artesanal com o carrinho de madeira do que fazem parte do acervo histórico do laboratório do CEP desde a época do projeto IBECC–UNESCO. E outra de articulação entre a lei fundamental dos movimentos (força, variação da quantidade de movimento e o intervalo de tempo da interação) e a experimentação com articulação através do cálculo, tabelas e diagramas, e com um aparato mais tecnológico com o carrinho de Fletcher.

a) Relações de proporcionalidade

Na primeira parte da atividade V, escolhemos como problematização a importância da utilização do cinto de segurança, conforme a apresentamos acompanhada de um vídeo como ilustração:

3. SITUAÇÃO PROBLEMA: A IMPORTÂNCIA DO CINTO DE SEGURANÇA

Fonte:
<http://www.youtube.com/watch?v=DPypb4Mf110>, em 21/09/2014 às 20:01 h.



3. SITUAÇÃO PROBLEMA: A IMPORTÂNCIA DO CINTO DE SEGURANÇA

- Em 1953, devido ao elevado número de acidentes e de vítimas no trânsito nos Estados Unidos, foi realizada uma pesquisa visando identificar as causas dos acidentes, bem como das lesões graves ou fatais nos ocupantes de veículos automotores. Principal causa da morte dos ocupantes: choque contra o volante e/ou painel; ejeção do veículo.

Figura 11: contexto da importância da utilização do cinto de segurança.

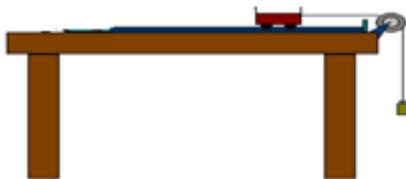
Acompanhado dos seguintes questionamentos:

Hipoteticamente o que pode minimizar os efeitos em uma batida para os ocupantes do veículo, considerando para uma mesma velocidade e para um veículo com a mesma massa:

1. uma colisão rápida com um obstáculo parado ou uma colisão demorada com o mesmo objeto parado? (Justifique).
2. uma batida de maior duração, porém com uma força pequena, ou uma batida muito rápida, porém com uma intensidade de força maior? (Justifique)

A montagem do aparato experimental será de responsabilidade dos estudantes para familiarização com o aparelho experimental e um roteiro para a manipulação das entidades teóricas, para a especulação de como esses tipos teóricos relacionam-se em questões de proporcionalidade:

Tabela 13: manipulação das relações de proporcionalidade da lei fundamental dos movimentos. (Continua...).

<p>RECORDANDO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Em um sistema isolado, com resultante de forças externas nula, a quantidade de movimento do sistema é conservada. 2) Definição da quantidade de movimento: $Q = m \cdot V$ (módulo). <p style="text-align: center;">ATIVIDADE V - LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS</p> <p style="text-align: center;">(Segunda lei de Newton)</p> <p>PRIMEIRA PARTE: Explorando relações de proporcionalidade com aspecto qualitativo.</p>	
<p>Material: Carrinho de brinquedo, barbante, roldana, massas aferidas, suporte com roldana em uma disposição conforme a representação a seguir na bancada:</p>	
<p>Tarefa: filme conforme as instruções do professor, posicionando uma régua que servirá de escala em outra atividade e, envie o vídeo do movimento do carrinho de madeira para o endereço de e-mail: juliomuchenski@gmail.com.</p>	
<p>1) coloque uma massa de 200g no suporte e deixe o carrinho correr a partir do repouso (quantidade de movimento nula), em seguida faça o mesmo com uma massa de 400 g.</p> <p>a) Observando e comparando os dois procedimentos qual é a relação de proporcionalidade entre a força aplicada e a quantidade de movimento, houve variação da quantidade de movimento ($Q = m \cdot V$)? Explique:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>b) Ainda em comparação aos dois procedimentos, houve diferença entre os tempos do primeiro e do segundo procedimentos? E qual a relação de proporcionalidade entre a força aplicada e o tempo de cada procedimento? Explique suas respostas:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>2) Se tudo correu bem em suas observações você chegou nas seguintes relações:</p> <p>2.1) Que a Força é proporcional variação da quantidade de movimento ($F \propto \Delta Q$) e que Força é proporcional ao inverso da duração do movimento ($F \propto 1/\Delta t$), portanto é possível escrever que "$F = \Delta Q/\Delta t$"? Ou seja, a força é diretamente proporcional à variação da quantidade de movimento e inversamente proporcional a duração do movimento? Discuta com seus colegas de grupo e responda:</p>	

2.2) A razão $\Delta Q/\Delta t$ possui qual unidade de medida da grandeza no sistema internacional de unidades (MKS).

Observação: De forma qualitativa, porém eficiente você e seu grupo encontrou que a força é equivalente a $\Delta Q/\Delta t$ (força externa aplicada ao sistema durante um certo intervalo de tempo produz uma variação da quantidade de movimento); ou seja, que a força provoca uma variação da quantidade de movimento no tempo. Agora vamos avançar na experimentação, pois o objetivo é confrontar o juízo ($F = \Delta Q/\Delta t$) com a realidade que ele propõe a explicar, através de um aparelho experimental e um método quantitativo de coleta de dados numéricos. Para validar parcialmente e melhorar a sustentabilidade do juízo formado ($F = \Delta Q/\Delta t$), também conhecido como lei fundamental dos movimentos ou segunda lei de Newton.

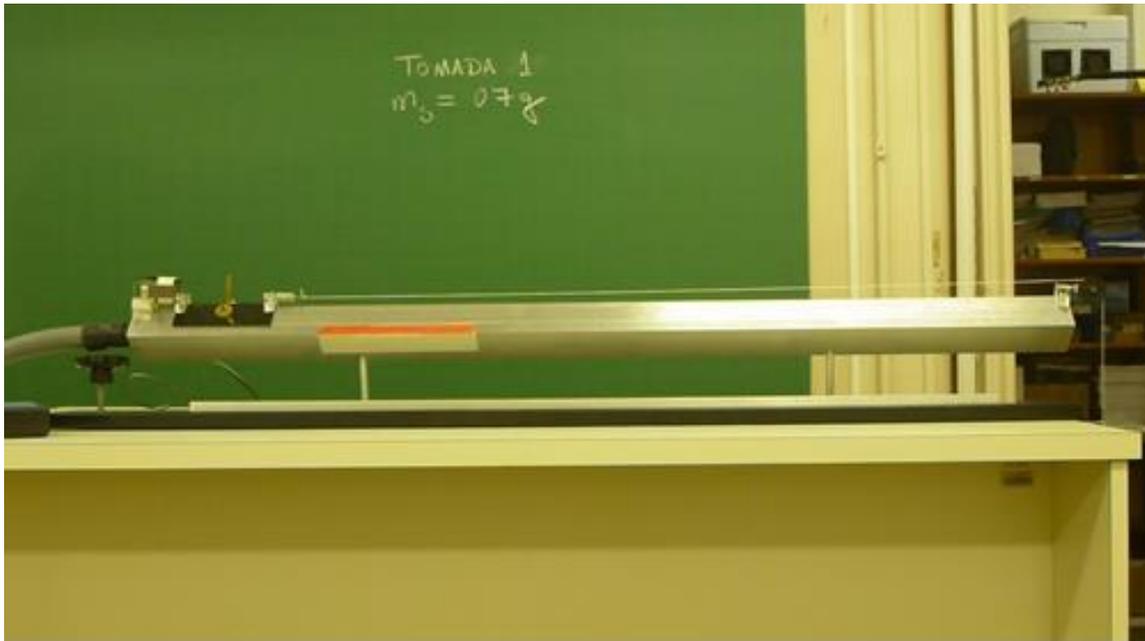
A intenção desta primeira etapa da experimentação é provocar o estudante para que identifique as relações entre força, variação da quantidade de movimento e variação do tempo, representando-as apropriadamente através de relações de proporcionalidade, e que os estudantes percebam a relação da lei fundamental dos movimentos $F = \Delta Q/\Delta t$, com a manipulação artesanal da experimentação e de simples observação sem instrumentação precisa de medida.

Que será ressaltada parcialmente através da articulação com o cálculo com a segunda parte da experimentação com a inserção do carrinho de Fletcher. Também vale a pena destacar que nas instruções iniciais é enfatizado que a massa do sistema: carrinho, massas aferidas, suporte e barbante não se altera. Ou seja, quando as massas não estão no suporte estarão sobre o carrinho, informação de relevância na análise dos dados obtidos na segunda parte da experimentação de caráter quantitativo.

Portanto diante da equação que envolve a lei fundamental dos movimentos e com a necessidade para ressaltá-la parcialmente, com a intenção de melhorar a sua sustentabilidade como entidade teórica manipulada pelos estudantes aumentando assim a crença dos estudantes em relação ao tipo teórico. Vale apenas destacar também do que desejamos do estudante como experimentador:

O experimentador não é o “observador” da filosofia da ciência tradicional, mas sim uma pessoa alerta e observadora. Apenas quando conseguimos colocar nosso equipamento para funcionar direito podemos nos colocar em uma posição de redigir relatórios acerca das observações. E essa parte é como um piquenique. (Hacking, 2012, p. 331).

É apresentado agora o artefato tecnológico, carrinho de Fletcher, que o estudante manipulará com a intencionalidade quantitativa, e com medidas precisas de tempo e de velocidade, conforme a imagem reproduzida a seguir:



Fotografia 7: carrinho de Fletcher utilizado para medidas de velocidade e tempo de interação, com fotogates. Para manipulação da relação entre força, variação da quantidade de movimento e tempo de interação. Fonte: MUCHENSKI, J. C., 2014.

Para os estudantes como experimentadores “muitas vezes, a atividade experimental diz menos respeito a observar e relatar do que a fazer um instrumento apresentar os fenômenos de forma confiável”, (Hacking, 2012, p. 255). E quando tratamos da observação experimental, preferimos tratar a observação no sentido que Hacking (2012) orienta-nos:

A observação, no sentido filosófico da produção e registro de dados, é apenas um aspecto do trabalho experimental. É em outro sentido que o experimentador precisa ser observador e alerta. Apenas os observadores desse tipo podem fazer um experimento ir adiante, atentos para os problemas que o estão impedindo de prosseguir, resolvendo-os e observando os pequenos detalhes inesperados que podem revelar-se ora idiossincrasias do aparato, ora pistas a respeito da natureza. (Hacking, 2012, p. 276).

Com a clareza do que queremos do estudante experimentador, a manipulação do aparelho tecnológico como o carrinho de Fletcher, exige do estudante uma habilidade e um conhecimento da tecnologia envolvida, para que esta não bloqueie sua observação e estado de alerta para investigar e especular sobre o fenômeno que escolhemos manipular através do experimento. Aqui novamente a montagem do aparelho deve ser realizada com os estudantes, para que conheçam suas particularidades e potencialidades.

E que os estudantes tenham a clareza do que será desconsiderado em prol do isolamento do fenômeno que investigamos, de tal forma que “é preciso considerar, por exemplo, como é possível fazer um experimento funcionar bem o suficiente de forma a sabermos que os dados fornecidos por ele possuem realmente algum significado”, (Hacking, 2012, p. 272).

Outro aspecto é mostrar aos estudantes que a ciência é um processo de construção humana. E este momento da sequência didática é um bom momento para associar ao trabalho experimental desenvolvido na escola, com o trabalho realizado além do momento escolar. Orientamos a proposta da atividade extraclasse com a utilização do blog Racional&empírico, que mostraremos a seguir:

Páginas

- Apresentação
- **Artigo de Boris Hessen**
- Artigo sobre termômetros
- Experimento de Oersted
- A ciência e as idas e voltas do senso comum, de Michel Paty (físico e filósofo).
- Questionário de investigação de representações 

Artigo de Boris Hessen

Iniciamos por desconsiderar aspectos de endeuamento da figura pictórica de um Newton gênio, cujo trabalho alavancou o desenvolvimento da ciência e tecnologia, provavelmente associada com uma visão animista e de valorização à priori, característicos de uma formação escolástica, em que “o fenômeno Newton é visto como devido a uma espécie de bondade da divina providência”, (Hessen, 1984, p. 38). “Ele que nasceu no dia de Natal e que não conheceu o pai, acabou tornando-se o arquétipo do “grande sábio”, uma espécie de Deus Pai da Física”, (Thuillier, 1994, p. 149).

Pois tal representação somente atrapalha uma análise mais objetiva da produção do acadêmico, matemático e cientista e não valoriza todo o mérito que há na certeza do esforço que Newton desempenhou para aperfeiçoar seu perfil epistemológico, em relação as várias entidades teóricas que aborda no “Principia”.

O ápice das atividades de Newton coincide com o período da guerra civil inglesa e todos os problemas práticos associados com tal período, a análise marxista das atividades “consistirá antes de tudo num entendimento de Newton, seu trabalho e sua visão de mundo. Como o produto desse período”, (Hessen, 1931, p. 38). Em outras palavras não temos como exorcizar a mentalidade de Newton, porém podemos procurar possíveis inspirações que impressionaram o espírito científico de Newton, pois temos pistas do mundo em que ele estava inserido

Os problemas técnicos que coincidem com o período da produção newtoniana, estavam relacionados com os meios de comunicação e a indústria, em especial a indústria da guerra. Para o nosso mote de investigação e que está relacionado com a lei fundamental dos movimentos e a indústria da guerra, Hessen (1984) contribui apontando-os no artigo que indicamos no link abaixo:

Artigo: As raízes sociais e econômicas do “Principia” de Newton

Também como ilustração para ajudar na representação do homem da ciência, que foi Isaac Newton, assista o vídeo de forma orientada pela mesmas questões norteadoras. A seguir o Link do filme:



Documentário sobre Isaac Newton

Atividade proposta:

- 1) Realize a leitura do artigo de Boris Hessen que indicamos, de forma alerta com a ideia de uma representação do Newton como um solucionador de problemas;
- 2) Depois da leitura orientada poste os principais problemas técnicos que Newton teve que se preocupar na época do seu exercício como físico e, indique com que área da mecânica cada problema foi relacionado;
- 3) Comente a postagem de pelo menos dois outros colegas cursistas, em relação aos problemas apontados e o seu grau de importância para a época que Newton viveu.
- 4) Não esqueça de identificar-se para a atividade ser considerada como completa, exemplo de identificação nome_9 ano_CEP.

Figura 12: artigo científico e documentário como suporte da história da mecânica newtoniana. fonte- <http://racionaleempirico.blogspot.com.br/p/segundo-guia-de-fevereiro.html>

Na próxima subseção abordamos a tecnologia de como queremos que os estudantes a manipulem na sequência didática, como ferramenta de auxílio na especulação das entidades que escolhemos manipular.

b) Elementos de articulação: cálculo, tabelas e gráficos

Agora com uma exigência matemática maior, pois acreditamos “pessoalmente que o pensamento matemático forma a base da explicação física e que as condições do pensamento abstrato são doravante inseparáveis das condições da experiência científica”, (Bachelard, 2013, p. 285). Passamos para a segunda parte do roteiro experimental do terceiro contexto, de caráter mais quantitativo.

Tabela 14: manipulação da lei fundamental dos movimentos, por articulação: do cálculo, de tabela e de gráfico.

SEGUNDA PARTE: Agora utilizando do aparelho experimental apresentado pelo professor vamos a uma etapa quantitativa. (Aparelho do trilho de ar).

01. Varie a massa suspensa, e complete a tabela abaixo:

Tarefa: filme conforme as instruções do professor, no filme além do carrinho deve aparecer a régua guia do aparelho que servirá de escala em outra atividade e, envie o vídeo do movimento do

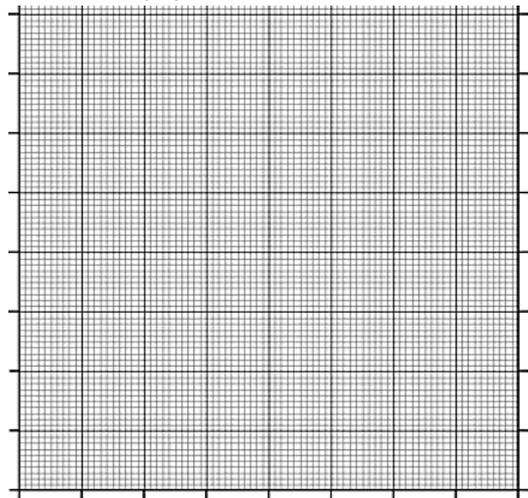
m_{total} (kg)	$m_{suspensa}$ (kg)	F_r (N)	$V_{inicial}$ (m/s)	$Q_{inicial}$ (kg.m/s) ($Q_i=m.v_i$)	V_{final} (m/s)	Q_{final} (kg.m/s) ($Q_f=m.v_f$)	ΔQ (kg.m/s) $\Delta Q=Q_f-Q_i$	Δt (s)	$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$

02. Qual a função da massa suspensa no fio?

03. Na última coluna da tabela você fez a razão (divisão) do módulo da variação da quantidade de movimento pelo intervalo de tempo de aplicação da força. Compare com a terceira coluna da tabela. O que você conclui, portanto com relação ao juízo que foi formado na parte qualitativa, de que $F = \Delta Q/\Delta t$? Foi possível aumentar a sustentabilidade da lei fundamental dos movimentos (segunda lei de Newton) com a experimentação?

04. a) Calcule a tabela dos eixos Y e X e, construa o gráfico Y versus X papel milimétrico:

Y = F	X = $m_{total} . (\Delta V/\Delta t)$



b). Pelo aspecto do gráfico, o que você conclui com relação à proporcionalidade entre “Y” e “X” **grandezas** direta ou inversamente proporcionais)?

c. Já ajuizamos que $F = \Delta Q/\Delta t$ e, agora compare o valor obtido de Y com a última coluna da tabela do exercício 1, são numericamente iguais? E conceitualmente qual é o significado?

d. A razão $\Delta V/\Delta t$ é ajuizado como uma grandeza denominada aceleração (a), da discussão do item “c” escreva uma outra relação para a segunda lei de Newton, fazendo $F = Y$ e substituindo a razão $\Delta V/\Delta t$ pela aceleração “a”:

Em particular na construção de uma tabela envolvendo os dados de força, variação da quantidade de movimento e tempo de duração da interação. Pois é com a manipulação desses tipos que exercitamos a linguagem físico matemático, que “é digno de nota que uma “mecânica” que recusa as características do número costume

circunstanciar os fenômenos mecânicos por meio de adjetivos. ” (Bachelard, 2013, p. 280). E já sabemos onde que assim aumenta-se a subjetividade com a diminuição da objetividade. Esperamos dos estudantes alguma dificuldade na manipulação numérica, não por falta da maturação do seu pensamento lógico, mas por tratarem-se estudantes do EFII, fase do ensino que se esvaziou da exigência da abstração matemática.

A nós que nos colocamos do ponto de vista psicanalítico, cabe perguntar se a confusão de que acusam Newton não é uma prova da confusão do seu leitor, diante das dificuldades matemáticas do livro. A hostilidade à matemática é mau sinal quando se junta à pretensão de captar diretamente os fenômenos científicos. (Bachelard, 2013, p. 281).

Justificado a importância da análise físico matemático do experimento que exploramos no roteiro e o surgimento da dificuldade ou facilidade durante o roteiro experimental é proposital, pois “a dificuldade de um pensamento é um aspecto primordial, ..., é essa mesma dificuldade que, por uma ambivalência característica, atrai os espíritos fortes”, (Bachelard, 2013, p. 281). Com a intenção de que com a manipulação matemática o perfil epistemológico dos tipos trabalhados seja aperfeiçoado.

Ainda tratando do elemento articulador que consiste no cálculo de entidades que relacionam entre si como a grandeza causal força, variação da quantidade de movimento e intervalo de tempo de interação, aumentam para os estudantes o realismo dessas entidades e como os estudantes formam imagens no sistema de crenças que escolhem para essas representações, e pretendemos que apareçam na forma das especulações complexas que farão a respeito desses tipos que escolhemos para manipulação na atividade experimental. Esta que ajudará os estudantes a acreditar nelas, muito mais que postulados associados às longas explanações teóricas. Na ciência física é alicerçada “pelo exercício máximo dos três interesses humanos fundamentais, a especulação, o cálculo e o experimento. ” (Hacking, 2012, p. 352).

Depois da elaboração da tabela, e também da construção de um gráfico como especulação complexa da lei fundamental dos movimentos, com a intenção preparar o espírito dos estudantes de uma forma artesanal em relação as tarefas da tabela e do gráfico. Pois queremos na próxima atividade propor com o programa Tracker, a manipulação de vídeos que os estudantes realizam ainda nessa atividade dos movimentos do carrinho de madeira do IBEC, inspirado no projeto PSSC, e do carrinho no trilho de ar guia do Fletcher. Acreditamos que conhecendo a parte artesanal de elaboração de tabelas e gráficos, compreenderão a real extensão do que o programa Tracker poderá propiciar, especulando-o assim de uma forma mais complexa, fugindo da utilização prática dos usuários leigos da tecnologia.

E percebendo que o programa pode fornecer resultados aproximados do carrinho de Fletcher e todo o seu arsenal de fotogates, eletroímãs, colchões de ar. Com a manipulação do vídeo do carrinho de inspiração no PSSC, construído em madeira e carrinhos de rolimã, associado com a ferramenta de vídeo que o celular dispõe. E em qualquer computador poder investigar aspectos na natureza sem necessariamente estar em um ambiente de laboratório didático de ensino de física.

A exploração de gráficos é interessante para nossa atividade de ensino de física, pois acostuma os estudantes com um estilo de raciocínio que somente o experimentador possui, em perceber a aproximação da curva experimental com o modelo que explica o fenômeno criado e isolado. Apontando possíveis fontes de erro e anomalias, quando o estudante encontra na sua investigação pontos que se afastam de forma grosseira da curva média obtida durante a manipulação do experimento e a construção do gráfico das entidades manipuladas, seja artesanalmente ou pelo programa do Tracker. Sem falar do reforço ao realismo que os estudantes adquirirão na manipulação gráfica das entidades e evidências da sua especulação complexa, pois manipula mais uma forma abstrata que constitui a representação através do gráfico.

4.2.2.4 TERCEIRO CONTEXTO: AGORA INVESTIGADO PELO TRACKER

Acreditamos que com a manipulação das entidades como descrevemos na seção anterior, em particular com o cálculo, tabulação e construção gráfica, todos feitos de forma artesanal, exigiram dos estudantes uma especulação complexa entorno da lei fundamental dos movimentos. É o momento de apresentar uma outra ferramenta tecnológica, que auxilie os estudantes em extrair de um programa as informações de caráter mais abstrato, do que haviam conseguido manipulando o carrinho do PSSC, e investigando relações de proporcionalidade e acreditando na observação direta.

Agora poderão realizar uma análise matemática, com a obtenção das tabelas que lhe interessam, os gráficos que desejarem de um contexto de problematização que foi colocado no início da atividade V, e ganhar tempo para pensar o experimento e nos resultados, pois o programa permite reduzir significativamente a parte artesanal, pois suas ferramentas adequadamente utilizadas pelo manipulador do programa exprimem informações que deixarão a maior parte para a reflexão do fenômeno criado e isolado, a respeito da segunda lei de Newton.

Temos a consciência que antes da investigação do vídeo do carrinho, do PSSC ou de Fletcher, os estudantes devem ser apresentados as ferramentas básicas do programa, como: delimitação do tempo de vídeo, escalas, orientação de eixos, representação vetorial, escolha das grandezas que deseja incluir para avaliar. Enfim deve ser trabalhado em primeiro lugar um tutorial de utilização para o Tracker, neste sentido apoiamos-nos em um tutorial que o IF – UFRGS, para orientar nossa atividade VI de investigação. Os vídeos que usaremos na atividade serão solicitados seus envios por e-mail para o professor de laboratório pesquisador participante, na configuração que apresentamos a seguir:



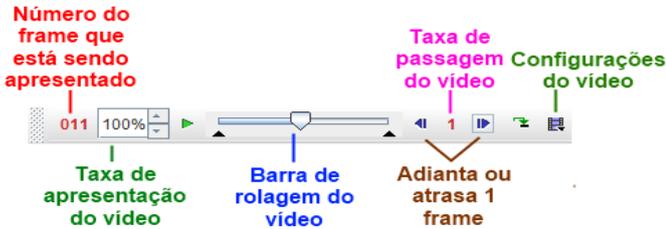
Figura 13: para ilustrar a configuração do vídeo do carrinho de madeira, para manipulação no Tracker. Fonte: MUCHENSKI, J. C., 2014.

A seguir parte do tutorial, parte do início com o item 1 e parte do final com o item 6, que conforme relatamos inspiramo-nos naquele apresentado na UTFPR encontrado o programa Tracker no link <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/fhmatsunaga/arquivos-para-download>, e o manual traduzido e outras dicas: Manual para Usuários Iniciantes no Software Tracker (BEZERRA, 2011). E a questão relacionada em particular com os vídeos que desejamos que os estudantes manipulem os tipos relacionados na lei fundamental dos movimentos. A seguir apresentamos parte do tutorial trabalhado pelos estudantes tratando o Tracker como projeto:

Tabela 15: tutorial para a especulação do Tracker.

APRENDENDO A UTILIZAR O TRACKER

1. Neste tutorial, usaremos como exemplo o vídeo Carrinho de Fletcher. Primeiramente, é necessário que se abra o vídeo (ou imagem). Para isso, clique em "Arquivo" e em "Abrir". O vídeo é aberto no seu primeiro frame. Abaixo do vídeo é apresentada uma barra de ferramentas.



....(continua 2,3,4,5 e)

6. Análise dos gráficos: o programa permite ... (continua)

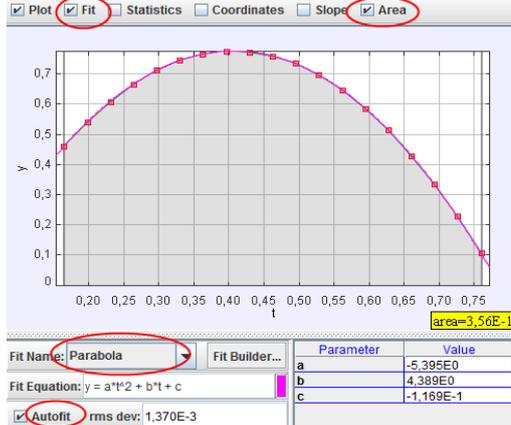


Figura 14: imagem do programa Tracker representando o intervalo do filme escolhido para análise.

Figura 15: imagem do programa Tracker das ferramentas de especulação complexa, gráfico e aproximação do modelo que representa a curva.

Com isso é possível identificar a função que representa a curva, analise e procure relações entre o tempo e a quantidade de movimento (variação) e anote a constante “A”, em seguida as anote no quadro abaixo: (Também faça um PrtScn e salve na pasta ESTUDANTES como estudante_N):

A representação das entidades que iniciam na parte artesanal que fornece a geometrização através das relações de proporcionalidade o modelo, é enriquecida na articulação da parte tecnológica, ao aumentar o realismo das entidades ao calculá-las e relacioná-las com outras entidades, na busca de aproximações com o modelo obtido na geometrização. Somente realiza esses procedimentos o perfil de experimentador que chamamos de observador alerta, que sabe buscar equivalências no emaranhado de

números tabelados e, que reconhece nesse emaranhado as aproximações com o modelo e, que alerta reconhece anomalias e investiga as fontes de erro para poder retificá-los.

Para esse especulador complexo é que aparecem os insights, presentes no exercício da abstração e que exemplificamos na medida que os estudantes representam por associação ao entendimento que a lei fundamental dos movimentos “ $F = \Delta Q/\Delta t$ ”, trata-se da mesma segunda lei de Newton, “ $F = m \cdot a$ ”, trabalhada de forma convencional nas aulas do professor de ciência e da forma usual como aparece nos livros didáticos da escola básica.

O cotidiano da cultura de laboratório disponibiliza particularidades, que uma lição expositiva de forma tradicional não é capaz de proporcionar. Situações que surgem não esperadas, que desafiam o modo de pensar e o caracterizam de forma única para o ensino de ciência, pensando nas diferentes funções e nos problemas que surgem de execução durante o manuseio de um aparelho experimental, parecendo-nos adequado para o letramento científico de especulação complexa de entidades da ciência.

Deixamos portanto como sugestão o prolongamento da nossa sequência didática, pois sentimos que ela não deve se esgotar na manipulação da lei fundamental dos movimentos no programa Tracker, pelo contrário mostra-se promissora na medida que os estudantes instrumentalizaram-se nos diferentes aparatos e, que assim poderíamos explorar as virtudes e defeitos de cada um, principalmente na investigação dos erros experimentais, que se torna positivo na medida que os estudantes pensam cada aparato de forma especulativa complexa e que buscam as possíveis fontes dos erros que afastam as aproximações com os modelos que investigaram, claro que não classificamos como uma investigação de erros de um laboratório de ciência de ponta, mas que mesmo no ensino de física essa característica de especulação complexa pode ser adquirida dentro de uma cultura de laboratório que defendemos. Não exploramos esse aspecto de comparação do método pela limitação do tempo, pois havíamos chegado ao final do ano letivo, mas que continuaremos nossa pesquisa independente deste trabalho.

CONSIDERAÇÕES

Apontamos fortes evidências que é possível o ensino de física teórico e empírico na fase II do ensino fundamental, neste trabalho evidenciamos essa possibilidade em dois momentos. No primeiro com um relato de atividade com o sétimo ano do EFII, onde apresentamos uma atividade sobre a manipulação da entidade temperatura, em que os

estudantes durante a atividade apresentam sinais da evolução e como representam a entidade. De uma imagem alicerçada na intuição animista através da sensação térmica, para uma representação com aspectos de um senso mais científico, na medida que se instrumentalizando com o termômetro termopar, passa para uma imagem mais objetiva de medida de temperatura. Relatamos essa experiência no trabalho, com a intenção de corroborar com o que defendemos para o ensino de física, com uma cultura de laboratório permeado por um estilo de pensamento entrelaçado com a experimentação e, que conforme mostramos pode ser trabalhado para faixa etária do EFII.

Para o segundo apresentamos toda uma sequência didática racional e empírica para manipular a lei fundamental dos movimentos. Para a sequência didática apostamos na constante tensão entre a teoria e a experimentação com contexto 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. Especulação complexa que defendemos como uma característica que os estudantes de ciência para todas as faixas etárias devem adquirir na medida que são envolvidos na cultura de laboratório que defendemos.

AGRADECIMENTOS

Parceria e amizade, as considero em alto grau de valorização, encontrei ambas na minha empreitada da pesquisa, parceria em ter aceitado o desafio de orientar minha investigação e, amizade daquele que sempre soube incentivar quando havia algum pretexto que chamava atenção em nosso mote de pesquisa, por tanto o meu muito obrigado ao Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin.

Por fim agradeço o enriquecimento para o meu mote de pesquisa, que minha banca qualificadora permitiu, dos “remédios” que o Prof. Dr. Ronei Mocelin como filósofo soube indicar ao que ecoava a minha pesquisa e, ao Prof. Dr. Marcos Antonio Florczak pelos chamamentos pontuais e objetivos. Ambas as contribuições permitiram uma maior afinação deste caderno pedagógico.

Aos Profs. Drs. Nestor Cortez Saavedra Filho, ao seu orientando Ricardo Dalke Meucci e ao Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Jr. e ao Prof. Fausto Matsunaga, como fonte de consulta ao programa Tracker, seu embasamento e ao tutorial de como utilizá-lo.

Também faço referência a todo o colegiado do Programa FCET, professores que me inspiraram durante suas palestras nas aulas que fizeram parte dessa minha formação como mestrando, entre eles a Prof. Dra. Noemi Sutil pelo chamamento de como elaborar a escrita de um projeto de dissertação, o Prof. Dr. Charlie Antoni Miquelin em conhecer um pouco mais dos meandros em termos de hardware, dos Profs. Drs. João Amadeus Pereira Alves e Awdry Feisser Miquelin em aprimorar o entendimento das teorias de aprendizagem, da possibilidade de conhecermos um pouco sobre os trabalhos dos nossos colegas cursistas nas aulas de interdisciplinaridade do Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Jr.

E também agradeço aos amigos e colaboradores que fazem parte da coordenação de física e, que participam da produção do laboratório de física do CEP, entre eles o professor Márcio José Cabrera e nossas longas conversas e escritas a respeito de se ensinar física ainda no ensino fundamental, ao auxiliar de laboratório Beto Lunardon que nos acompanha no desafio de atender toda a espontaneidade dos estudantes do ensino fundamental. O professor Hideraldo Guedes que me acompanhou na empreitada durante as disciplinas do mestrado e que produzimos inúmeros seminários, ao professor Albano Sampaio que também é partícipe na crença da cultura de laboratório, e a professora Vivian Suckow que representa toda a tradição do laboratório de física do CEP.

Todos de alguma forma colaboraram academicamente com este caderno pedagógico.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. A formação do espírito científico. Tradução de Estela dos Santos Abreu, 10ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2013.

BACHELARD, G. A filosofia do não. Tradução Joaquim José Moura Ramos, 6ed. Lisboa: Múltiplo, 2009.

BEN – DOV, Y. Convite à Física. Tradução Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1996.

BEZERRA, A. G. et al. Manual para Usuários Iniciantes no Software Tracker. Curitiba, 2011.

BEZERRA, A. G. et al. Vídeo-análise com o software livre Tracker no laboratório didático de física: Movimento parabólico e segunda lei de Newton. Caderno Brasileiro Ensino de Física, v. 29, n. Especial 1, p. 469 – 490, setembro 2012.

BRUNER, J. Actual minds, possible worlds. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press, 1986.

FREIRE, P.; FAUNDEZ, A. Por uma Pedagogia da Pergunta. Rio de Janeiro: Paz e Terra Educação, 1986.

GRAF. Leituras de Física – GRAF – Mecânica – 1 a 10. São Paulo: Instituto de Física da USP, 1998. 42 p.

GRAF. Leituras de Física – GRAF – Mecânica – 21 a 26. São Paulo: Instituto de Física da USP, 1998. 26 p.

GRAF. Física 1 – Mecânica – GRAF. 5 ed. São Paulo: Edusp, 1999.

HESSEN, B. As raízes sociais e econômicas do “Principia” de Newton. In Revista de Ensino de Física. Vol. 6 N. 1 – Abril de 1984. p. 37 – 55.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. Ciência e Educação, capítulo 6, p. 53–60, 1998.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. Tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 12 ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

MUCHENSKI, J. C.; MIQUELIN, A. F. Experimentação no ensino de física como método de aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos estudantes do sétimo ano do ensino fundamental. Experiências em Ensino de Ciências (UFRGS), v. 10, p. 23–40, 2015.

MUCHENSKI, J. C.; MIQUELIN, A. F. Um Caso de não Evolução Da Experimentação na Escola: exemplo da 2ª lei de Newton. In: ICSE 2014 – 2d International Congress of Science Education, 2014, Foz do Iguaçu. Proceedings of the 2d INTERNATIONAL CONGRESS OF SCIENCE EDUCATION, 15 YEARS OF THE JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION, 2014. v. 15.

NEWTON, I. S. Principia: Princípios matemáticos de Filosofia Natural – Livro I / Isaac, Sir Newton. – 2. Ed. 1. Reimpressão. Vários tradutores. São Paulo: Edusp, 2008.

OPEN SOURCE PHYSICS. About OSP. 05 2014. Disponível em:
<<http://www.compadre.org/osp/webdocs/about.cfm>>.

PSSC. Física – Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV, tradução autorizada com direitos reservados para o Brasil pelo IBEC-UNESCO. Brasília: Universidade de Brasília, 1963.

THUILLIER, P. De Arquimedes a Einstein. Tradução Maria Inês Duque – Estrada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1994.

TRACKER. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/fhmatsunaga/arquivos-para-download>. Acesso em 20/03/2013.

ZIMMERMANN, E. Pedagogos e o ensino de física nas séries iniciais do ensino fundamental. In Caderno Brasileiro do Ensino de Física. Vol. 24 N. 2– Agosto de 2007. p. 261 – 280.

ZIMMERMANN, E. BERTANI, J. A. Um novo olhar sobre os cursos de formação de professores. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v.20, n.1: p. 43–62.