

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,  
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA - PPGFCET

JULIO CESAR MUCHENSKI

**GÊNERO DE RACIOCÍNIO DE LABORATÓRIO NO ENSINO DE  
FÍSICA: ESPECULAÇÃO COMPLEXA DE TIPOS DA FÍSICA NO  
MANUSEIO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ARTESANAIS E  
TECNOLÓGICAS.**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2015

JULIO CESAR MUCHENSKI

**GÊNERO DE RACIOCÍNIO DE LABORATÓRIO NO ENSINO DE  
FÍSICA: ESPECULAÇÃO COMPLEXA DE TIPOS DA FÍSICA NO  
MANUSEIO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ARTESANAIS E  
TECNOLÓGICAS.**

Dissertação de mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente. Linha de Pesquisa: Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin

CURITIBA

2015

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**

---

M942g Muchenski, Julio Cesar

2015 Gênero de raciocínio de laboratório no ensino de física: especulação complexa de tipos da física no manuseio de atividades experimentais artesanais e tecnológicas / Julio Cesar Muchenski. -- 2015.

265 f.: il.; 30 cm + 1 suplemento

Acompanha: Racional e empírico: caderno pedagógico (76 f.). Texto em português, com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2015.

Bibliografia: f. 260-265.

1. Newton, Isaac - Sir, 1642-1727. 2. Leis da física. 3. Física - Estudo e ensino (Ensino fundamental). 4. Raciocínio. 5. Teoria do conhecimento. 6. Aprendizagem. 7. Prática de ensino. 8. Laboratórios de física. 9. Física experimental. 10. Ciência - Estudo e ensino - Dissertações. I. Miquelin, Awdry Feisser, orientador. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. III. Título.

CDD 22 -- 507.2

---

**Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Ponta Grossa

Nome da Diretoria  
Nome da Coordenação  
Nome do Curso



---

## TERMO DE APROVAÇÃO DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 02/2015

Gênero de raciocínio de laboratório no ensino de física: especulação complexa de tipos da física no manuseio de atividades experimentais artesanais e tecnológicas

Por

**Julio Cesar Muchenski**

Esta dissertação foi apresentada às 9h00 do dia 19 de março de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em ensino de ciências**, com área de concentração em *Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional* e linha de pesquisa *Formação de Professores de Ciências* do Mestrado Profissional do **Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica**. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin  
(UTFPR - ORIENTADOR)

Prof. Dr. Marcos Antonio Floczak  
(UTFPR)

Prof. Dr. Ronei Clecio Mocellin  
(UFPR)

- O Termo de Aprovação encontrar-se-á na Coordenação do Curso -

## 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.



À minha família, em especial ao meu saudoso e amado pai Guilherme, à minha sempre presente amada mãe Inês, minha compreensiva e amada esposa Narahiane, a minha querida filha amada Giulianna e para o meu querido irmão Fábio.

## **AGRADECIMENTOS**

Todo trabalho de pesquisa é dispendioso de tempo e este não foi diferente e, a família é quem acaba perdendo ao deixar de compartilhar desse tempo conosco. Por isso começo agradecendo a compreensão das minhas queridas e amadas esposa Narahiane e filha Giulianna, pelos intermináveis dias que emprestaram para a elaboração da minha pesquisa.

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.

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.

Aos Profs. Drs. Nestor Cortez Saavedra Filho e Mário Sérgio Teixeira de Freitas, pela possibilidade de lembrar os bancos da graduação e atenuar a saudades daqueles tempos da chamada física “dura”, nas longas discussões que promoveram nas tardes de quintas-feiras. E também meu agradecimento a tantos outros professores que contribuem de alguma forma para o programa FCET.

Por fim agradeço o enriquecimento para o meu mote de pesquisa, que minha banca qualificadora permitiu, dos “remédios” que o Prof. Dr. Ronei Clecio 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 do meu trabalho.

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).

## RESUMO

MUCHENSKI, Julio Cesar. Gênero de raciocínio de laboratório no ensino de física: especulação complexa de tipos da física no manuseio de atividades experimentais artesanais e tecnológicas. 2015. 272 p. Dissertação de Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica – PPGFCET, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2015.

Este trabalho trata de uma pesquisa qualitativa sobre a mediação de roteiros no ensino-aprendizagem do experimento da segunda lei de Newton. Iniciamos a pesquisa com uma análise documental sobre a demanda histórica, procurando diagnosticar a produção de roteiros da segunda lei nos últimos 50 anos, baseados nos arquivos históricos do Colégio Estadual do Paraná, os resultados da investigação bibliográfica mostraram que não existiu evolução didático-metodológica em relação as orientações para a execução das práticas experimentais em torno da segunda lei de Newton. Mesmo com a evolução tecnológica e instrumental dos laboratórios já interfaceados com *fotogates* e computadores, os roteiros ainda privilegiam uma concepção de ensino tradicional de ciência altamente reprodutivista. Concluímos que desde os projetos como o PSSC (MIT), o de Harvard e outros que tinham uma base tecnicista e que propunham o aprendizado de Física tornando os estudantes pequenos cientistas, e que proporcionou aos estudantes muita habilidade motora e uma aprendizagem automatizada e, acabou negligenciando a parte cognitiva presente no processo entre observações e fatos, ao nosso ver isso corrobora com uma concepção de ensino de divulgação de ciência no estilo panfleto. Para nos auxiliar neste problema buscamos principalmente os estudos de Gaston Bachelard, Paulo Freire, Thomas S. Kuhn, Ian Hacking, Neill Postman e Kim Vicente. Problema delimitado propomos uma possível modificação do roteiro da segunda lei de Newton com uma sequência de atividades experimentais com plano de fundo de uma lei ou teoria associado à ciência normal no sentido de Kuhn, no qual os estudantes são provocados em resolver quebra-cabeças, propostos na problematização do roteiro promovendo uma possibilidade de entrelaçamento entre teoria e a prática, valorizando aspectos racionais e empíricos, de forma de aproximação, de tensão conciliadora e de retroalimentação. No método experimental artesanal e tecnológico associado a contextos e problematizações, apostamos na especulação complexa do aparelho experimental e das entidades da física relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, com a intencionalidade da especialização na utilização dos aparelhos e do aumento do realismo científico das entidades manipuladas pelos estudantes. Como principais resultados que verificamos pela comparação de representações dos estudantes em questionários aplicados antes e depois da sequência de atividades, apontamos aspectos de uma evolução em maior ou menor grau do gênero de raciocínio associado à cultura do laboratório, com indícios de uma possível evolução do perfil epistemológico dos estudantes em relação as entidades da física manipuladas, através do aparelho experimental e dos elementos articuladores, entre eles o cálculo, no manuseio da linguagem físico matemática.

**Palavras-chave: Gênero. Raciocínio. Laboratório. Física. Racional. Empírico.**

## ABSTRACT

MUCHENSKI, Julio Cesar. Laboratory reasoning gender in physical teaching: the physical entities manipulated by the experimental apparatus and the joint by calculation with the handling of mathematical physical language. 2015. 272 p. Dissertation of Professional Master's in Scientific, Technological and Teaching - Graduate Program with Training in Science, Technology and Teaching - PPGFCET, Federal Technological University of Paraná - UTFPR. Curitiba, 2015.

This assignment is a qualitative research on mediation scripts in the teaching-learning experiment of Newton's second law. We started the research with documentary analysis of the historical demand, looking diagnose the production of script about second law on last fifty years, based on the historical archives of the Colégio Estadual do Paraná. The results of the literature search showed that there was not didactic-methodological, development in relation the guidelines for execution of experimental practices around Newton's second law. Even with the technological and instrumental development of laboratories already interfaced with photogates and computers, the scripts still prefer a traditional school design highly reproductivist science. We conclude from since the projects as the PSSC (MIT), of the Harvard and others, who had a technical basis and that the proposed Physical learning becoming the students in little scientists. And which provided students with a lot of motor skills and an automated learning and, finishes up neglecting the cognitive part of this process between observations and facts, in our view this confirms a science of dissemination of teaching design in the pamphlet style. To help us in this problem we sought studies of Gaston Bachelard, Paulo Freire, Thomas S. Kuhn, Ian Hacking, Neill Postman and Kim Vicente. With the delimited problem, we propose a possible modification of the script of Newton's second law, with a series of experimental activities with the background plan of a law or theory associated with normal science in Kuhn's sense, in which students are challenged to solve puzzles. Problematized in script with a chance of entanglement between theory and practice, valuing rational and empirical aspects, promoting his approach, tension and feedback. In experimental method associated with contexts and problematizations, handmade and with technology, we bet on complex speculation, of the experimental apparatus and of the physical entities related to the fundamental law of motion, with the intentionality of the specialization in the use of equipment and the increase of the realism scientific of the manipulated entities by students. The main results that we see by comparing representations of students in questionnaires before and after the sequence of activities. We point out aspects of an evolution to a greater or lesser degree, gender of reasoning associated with the laboratory culture, with indications of a possible evolution of the profile epistemological of students regarding the physical entities manipulated by the experimental apparatus and the joint by calculation with the handling of physical mathematical language.

**Keywords: Gender. Reasoning. Laboratory. Physics. Rational. Empirical.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: esquema da delimitação do problema de pesquisa, questão de pesquisa e hipóteses.....	24
Figura 2: contracapa do manual da Bender elaborados pelo Pe. Aloysio Vienken. ..	60
Figura 3: páginas retiradas do guia original, traduzidas do PSSC, com orientações sobre a segunda lei de Newton. ....	63
Figura 4: página que representa a montagem experimental da 2a lei de Newton, retirada da tradução do guia do PSSC.....	64
Figura 5: páginas do manual de roteiros de experimentação de estudante do ensino médio do antigo CEFET –PR. Fonte: apostila de experimentação para estudantes do ensino técnico do CEFET – PR/1980.....	65
Figura 6: página do guia de experimentação e de sugestões de roteiros do AZEHEB. ....	66
Figura 7: roteiro sobre a segunda Lei de Newton de 2009.....	67
Figura 8: afresco de Giuseppe Bezzuoli aqui reproduzido, tem a intenção de representar um dos supostos experimentos de Galileu, na presença de Giovani de Médici. Fonte: <a href="http://www.artinvest2000.com/bezzuoli_giuseppe-galileo-piano-inclinato.html">http://www.artinvest2000.com/bezzuoli_giuseppe-galileo-piano-inclinato.html</a> .....	79
Figura 9: esquema do indutivismo para previsão e explicação de novos fenômenos. ....	112
Figura 10: esquema representando teste experimental submetido aos parâmetros da lei ou teoria que o propôs. ....	112
Figura 11: situação problematizadora sobre conservação da quantidade de movimento.....	136
Figura 12: Maurício de Souza. Essa historinha é um resumo. O original completo encontra-se na revista Cascão número 98.....	137
Figura 13: situação problematizadora envolvendo relações de proporcionalidade. ....	139
Figura 14: contexto da importância da utilização do cinto de segurança. ....	145
Figura 15: imagem do programa Tracker representando o intervalo do filme escolhido para análise, 25/09/2014 às 14:48 h. ....	166
Figura 16: imagem do programa Tracker das ferramentas de especulação complexa, gráfico e aproximação do modelo que representa a curva, 25/09/2014 às 15:35 h. ....	167
Figura 17 - esquema adaptado para a nossa pesquisa do espiral auto reflexivo de Lewin (1946).....	170
Figura 18 - modelo simplificado de uma das fases do espiral auto reflexivo.....	170
Figura 19: representação que orienta a metodologia de pesquisa.....	180
Figura 20: espiral representando a primeira fase da nossa pesquisa-ação. ....	185
Figura 21: tela do INEP mostrando o IDEB observado e o projetado para o CEP. Fonte portal do INEP disponível: <a href="http://ideb.inep.gov.br/resultado/resultado/resultado.seam?cid=5381442">http://ideb.inep.gov.br/resultado/resultado/resultado.seam?cid=5381442</a> . 03/01/2015, às 18:01h.....	192

Figura 22: manipulação da lei fundamental dos movimentos para o carrinho de madeira. ....	228
Figura 23: manipulação do vídeo do carrinho de Fletcher, com as ferramentas disponíveis no Tracker. ....	229
Figura 24: tabelas de dados, gráfico e relação matemática, obtidos com as ferramentas do Tracker. ....	229
Figura 25: modelo de ilustração de evolução do perfil epistemológico de entidades. ....	239

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: disposição do laboratório de Física com a intenção de propiciar um ambiente colaborativo. Fonte: Muchenski, J. C. Em 15 de ago. de 2008.....	43
Fotografia 2: a montagem do quebra-cabeças. Fonte: Muchenski, J. C. Em 15 de ago. de 2008. ....	47
Fotografia 3: estudantes contestando a intuição por sensação térmica. Fonte: Muchenski, J. C. Em 15 de agosto de 2008. ....	50
Fotografia 4: material de laboratório para estudo de movimentos orientados pelo IBCEC. Fonte: Muchenski, J. C., 2013.....	59
Fotografia 5: armário da indústria Bender. Fonte: MUCHENSKI, J., C. 2013. ....	62
Fotografia 6: montagem integrando os elementos artesanais e tecnológicos. ....	134
Fotografia 7: carrinho do conjunto do IBCEC, alinhado com a proposta do PSSC, para realização da parte artesanal da experimentação da 2ª lei de Newton. Fonte: MUCHENSKI, J. C., 2013.....	142
Fotografia 8: 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. ....	148
Fotografia 9: para ilustrar a configuração do vídeo do carrinho de madeira, para manipulação no Tracker. Fonte: MUCHENSKI, J. C., 2014. ....	166

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: investigação de como os estudantes representam imagem da ciência e da experimentação.....	189
Gráfico 2: investigando possíveis origens da representação dos estudantes a respeito da experimentação em ciência .....	190
Gráfico 3: estudantes que representam as entidades de modo pré-científico .....	190
Gráfico 4: visão alinhada com o ensino tradicional de ciência .....	190
Gráfico 5: frequência dos estudantes em relação a categorização das questões de 05 a 09, para investigar no senso comum dos estudantes as entidades da lei fundamental dos movimentos .....	191
Gráfico 6: dados relativos as manipulações da quantidade de movimento e, conservação da quantidade de movimento e sistema isolado.....	207
Gráfico 7: Características do perfil de experimentador.....	213
Gráfico 8: estudantes participantes que a manipulação da entidade foi satisfatória.....	219
Gráfico 9: representa os estudantes que especularam de forma complexa a lei fundamental dos movimentos.....	225
Gráfico 10: registro do número de estudantes que representam, de forma provisória e incompleta, imagens das entidades manipuladas.....	237

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: o chamamento com a intenção de conectar a disciplina de ciência cm o laboratório de física. ....	47
Tabela 2: a problematização inicial conectando a disciplina de ciência cm o laboratório de física. ....	48
Tabela 3: experimento realizado pelos estudantes sobre sensação térmica. ....	49
Tabela 4: retomada do quadro inicial da problematização, mas agora com o instrumento objetivo de medida de temperatura. ....	51
Tabela 5: medida da temperatura dos materiais apresentados com termômetro.....	51
Tabela 6: problematização sobre concepção de ciência e experimentação. ....	92
Tabela 7: proposta para investigar prováveis origens da representação da ciência e experimentação pelos estudantes.....	95
Tabela 8: situação problema para sondar como os estudantes elaboram representações de entidades teóricas.....	96
Tabela 9: representa a situação problema sobre a confiabilidade da ciência .....	97
Tabela 10: contexto de problematização envolvendo o pêndulo de Newton.....	99
Tabela 11: situação problema com contexto do jogo de rugby e situações de transferência da quantidade de movimento.....	100
Tabela 12: variação da quantidade de movimento e a relação com a força e o tempo de aplicação da força. ....	101
Tabela 13: teste de colisão para estudo de deformação e amortecimento de impacto. ....	103
Tabela 14: colisão de um carro antigo mais rígido, e um carro moderno menos rígido. (Continua.....)	103
Tabela 15: tabela elaborada do original do GREF. ....	137
Tabela 16: atividade para manipulação da conservação da quantidade de movimento. (Continua.....)	137
Tabela 17: atividade da sequência didática de geometrização para manipular quantidade de movimento, massa e velocidade. (Continua.....)	140
Tabela 18: manipulação das relações de proporcionalidade da lei fundamental dos movimentos.....	146
Tabela 19: manipulação da lei fundamental dos movimentos, por articulação: do cálculo, de tabela e de gráfico.....	158
Tabela 20: resumo do tutorial utilizado na manipulação das entidades da 2ª Lei. (Continua.....)	166
Tabela 21 - elaborada conforme a matriz dialógica – problematizadora (Kemmis e McTaggart) .....	173
Tabela 22 - construída levando em conta os agentes professores e estudantes, o contexto e os eixos teóricos (continua) .....	173
Tabela 23: Categorização das concepções dos estudantes (continua.....)	187

Tabela 24: conhecimento prévio dos estudantes sobre entidades e aspectos relacionados com a lei fundamental dos movimentos. (Continua...)	188
Tabela 25: registros das representações dos grupos de trabalho, uma compilação da produção de cada grupo das entidades manipuladas durante o rodízio experimental.	206
Tabela 26: Características do perfil do experimentador.	212
Tabela 27: Especulando a lei fundamental dos movimentos artesanalmente.	219
Tabela 28: registro da manipulação complexa da lei fundamental dos movimentos.	225
Tabela 29: reaplicação do questionário, das questões 05 à 09, após a sequência didática. (Continua...)	236

## LISTA DE ABREVIATURAS

Pe.	Padre
Pr	Paraná

## LISTA DE SIGLAS

E.C.	Especulação Complexa
E.I.	Especulação Ingênua
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
GTR	Grupo de Trabalho em Rede
N.S.F.	National Science Foudation
PDE	Programa de Desenvolvimento Educacional
PSSC	Physical Science Study Committee
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação

## LISTA DE ACRÔNIMOS

CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológico
CEP	Colégio Estadual do Paraná
FUNBEC	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 A EXPERIMENTAÇÃO COMO MEDIADOR NOS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....	17
1.2 O PROBLEMA DE PESQUISA .....	21
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	24
1.3.1 Objetivo Geral.....	24
1.3.2 Objetivos Específicos.....	25
1.3.3 Hipóteses.....	27
1.4 APRESENTANDO O CENÁRIO GERAL DA INVESTIGAÇÃO .....	29
<b>2 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>35</b>
2.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA PARA ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL II.....	35
2.1.1 O Racional e o Empírico Como Proposta de Trabalho no Laboratório de Física do CEP .....	38
2.1.2 Atividade Experimental Que Corroborar Com a Investigação do Perfil Epistemológico .....	41
2.1.2.1 Particularidades do laboratório de Física do CEP .....	42
2.1.2.2 A sequência didática intitulada: Está quente ou frio? .....	46
2.1.3 O Aperfeiçoamento do Perfil Epistemológico.....	52
2.2 A TRADIÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE EXPERIMENTAÇÃO: NA MANIPULAÇÃO DA SEGUNDA LEI DE NEWTON .....	54
2.2.1 A Influência do PSSC no Brasil.....	58
2.2.2 A Não Evolução do Roteiro Experimental Sobre a Segunda Lei de Newton ..	62
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>72</b>
3.1 DEMANDA HISTÓRICA, SOCIAL E ECONÔMICA: E O MUNDO MECÂNICO DE ISAAC NEWTON.....	72
3.1.1 O Livro do “Principia” e a Lei Fundamental dos Movimentos.....	76
3.1.2 Galileu Racional e/ou Empírico?.....	78
3.1.3 Pressupostos da Teologia e da Alquimia que Influenciaram as Representações de Newton a Respeito do Mundo .....	82
3.2 ESTUDANTES DO NONO ANO REPRESENTANDO A RESPEITO DO ENSINO DE CIÊNCIA E DE ENTIDADES CIENTÍFICAS.....	87
3.2.1 Elaboração de um Questionário Para Investigar as Representações.....	90
3.2.1.1 Questionando o senso comum dos estudantes em relação à ciência e entidades científicas.....	91
3.2.1.2 Questionando o senso comum dos estudantes em relação a entidades teóricas relacionadas com a lei fundamental dos movimentos.....	98
3.3 ENTRELACANDO O RACIONAL E O EMPÍRICO, NA MANIPULAÇÃO DA LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS .....	104

3.3.1 O Racional, o Empírico e a Especulação Como Elemento Articulador .....	106
3.3.1.1 Por que não estamos criticando o Positivismo de Comte? .....	108
3.3.1.2 Crítica a uma forma ingênua de empirismo .....	111
3.3.1.3 Equívocos da experimentação no ensino de física, que reforçam obstáculos a aprendizagem.....	115
3.3.1.4 Investigação de situações problema com a intencionalidade de entrelaçar o racionalismo e o empirismo.....	123
3.3.2 Modelando e Buscando Aproximações/Pressupostos Metodológicos da Sequência Didática Como Reforço da Cultura de Laboratório/Justificativa do Produto	132
3.3.2.1 Primeiro contexto: modelo para manipulação da entidade quantidade de movimento em um sistema isolado .....	135
3.3.2.2 Segundo contexto: manipulando a quantidade de movimento.....	139
3.3.2.3 Terceiro contexto: manipulação da lei fundamental dos movimentos .....	144
3.3.2.3.1 <i>Relações de proporcionalidade.....</i>	144
3.3.2.3.2 <i>Tecnologia como ferramenta de especulação complexa na experimentação</i>	149
3.3.2.3.3 <i>Elementos de articulação: cálculo, tabelas e gráficos.....</i>	157
3.3.2.4 Terceiro contexto: especulando com o Tracker .....	165
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>169</b>
4.1 PESQUISA-AÇÃO UMA PROPOSTA DE PRÁTICA EDUCACIONAL CRÍTICA E ESPECULATIVA COMPLEXA .....	169
4.1.1 Perguntas de Pesquisa.....	172
4.2 FORMANDO O CORPUS PARA A PESQUISA-AÇÃO .....	179
4.3 DOCUMENTAÇÃO .....	182
4.4 PESQUISA-AÇÃO NO LABORATÓRIO DO CEP .....	183
4.4.1 Identificando e Conhecendo os Interlocutores: Fase I da Nossa Sequência Didática da Lei Fundamental dos Movimentos.....	183
4.4.1.1 Recorte do corpus de dados do questionário.....	186
4.4.1.2 Análise dos dados da fase I: das representações dos estudantes a respeito da ciência e, das entidades associadas a lei fundamental dos movimentos.....	191
4.4.1.2.1 <i>Apontamentos em relação a representação dos estudantes a respeito da ciência e da experimentação.....</i>	193
4.4.1.2.2 <i>Conhecimentos prévios dos estudantes sobre quantidade de movimento e conservação da quantidade de movimento.....</i>	198
4.4.2 Perfil da Turma Definido: da Análise dos Dados Para Escolha da Primeira Atividade Experimental/Fase II da Espiral Auto Reflexiva .....	203
4.4.2.1 Manipulando as entidades quantidade de movimento, conservação da quantidade de movimento e conservação da quantidade de movimento .....	203
4.4.2.2 Análise dos dados da fase II do nosso espiral auto reflexivo .....	207
4.4.3 Desconstrução das Representações Equivocadas da Experimentação/Fase III do Nosso Espiral Auto Reflexivo .....	209
4.4.3.1 Manipulações da entidade quantidade de movimento, através das relações de proporcionalidade.....	209

4.4.3.2 Análise dos dados da fase III .....	213
4.4.4 Manipulando a Lei Fundamental dos Movimentos/Fase IV do Nosso Espiral Auto Reflexivo .....	216
4.4.4.1 Manipulação artesanal da lei fundamental dos movimentos/articulação através das relações de proporcionalidade .....	216
4.4.4.2 Manipulação tecnológica da lei fundamental dos movimentos/articulação através do cálculo, tabelas e diagramas .....	220
4.4.4.3 Manipulação com o Tracker da lei fundamental dos movimentos.....	226
4.4.4.4 Análise dos dados da fase IV do nosso espiral auto reflexivo .....	230
4.4.4.4.1 O primeiro momento: artesanal com o carrinho de madeira .....	230
4.4.4.4.2 O segundo momento: tecnológico com o carrinho de Fletcher.....	231
4.4.4.4.3 O terceiro momento: tecnológico com o programa Tracker .....	234
4.4.5 Reaplicação do Questionário: Verificação se Houve Inícios de Aperfeiçoamento do Perfil Epistemológico dos Estudantes .....	235
4.4.5.1 Analisando as representações dos estudantes nos questionários, antes e depois da manipulação da sequência didática .....	237
<b>5 CONSIDERAÇÕES .....</b>	<b>243</b>
5.1 O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL .....	243
5.2 INVESTIGAÇÃO DA DEMANDA HISTÓRIA SOBRE A ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	245
5.3 CONSIDERAÇÕES RELACIONADAS COM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	247
5.3.1 Investigação de Juízos Relacionados Com a Ciência e Entidades da Física no Senso Comum dos Estudantes .....	247
5.3.2 Da Atividade II e III.....	250
5.3.3 Atividade IV.....	251
5.3.4 Atividade V.....	252
5.4 CONCLUSÕES FINAIS .....	255
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>259</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>260</b>

# **CAPÍTULO 1**

## 1 INTRODUÇÃO

A delimitação da pesquisa em torno de uma tendência pedagógica de como ensinar ciência de forma tradicional e, a concepção da experimentação nesse ensino de ciência, surge do meu professor no laboratório de Física do Colégio Estadual do Paraná desde 2004, desde o início do meu professor o que me incomodava era o excesso de práticas demonstrativas do tipo realize segundo o manual de instruções, alinhados com uma concepção de ensino de ciência tradicional de cunho automatizado, de uma prática de ensinar pela reprodução e pela repetição de lições, proposta que exige muito da memorização dos estudantes em detrimento de uma exigência de aspectos da abstração.

Uma proposta pedagógica tradicional que se alicerça de forma fundamental em livros didáticos, de uma certa semelhança com panfletos ou guias turísticos, de muita informação catalogada de forma justaposta e sem uma proposta de racionalidade que exija uma escala de exigência da abstração dos estudantes ao longo do curso de física na escola básica.

Esse ensino tradicional influencia os roteiros que instruem as atividades experimentais construídos segundo o formato de reprodução e repetição de uma lição, com uma característica metodológica que coloca a experimentação no laboratório em um plano de comprovação científica e de demonstração de leis e teorias, que ao nosso ver subestima o papel da experimentação no ensino de física. Uma tentativa, portanto, equivocada de transposição didática de uma representação do laboro da ciência para um método pedagógico no ensino, crença de um modelo didático metodológico para a experimentação para o ensino de ciência, com manuais de instrução que instruem a descoberta de leis e teorias por dedução de proposições de observação experimental.

Inquietava-nos também a observação nas aulas no laboratório de física da pequena interação por parte dos estudantes na manipulação da experimentação. Esta apresentada como independente da teoria que era trabalhado pelos professores de sala, inclusive com uma clara diferenciação entre professor de teoria e professor de laboratório, com uma proposta de trabalho metodológico que separava a teoria da experimentação e, impondo a experimentação um status abaixo da teorização.

Da parceria com outros professores de Física e do diálogo estabelecido, encontramos uma alternativa ao problema de interação, apresentando aos estudantes o objeto experimental de uma forma mais dinâmica, no sentido de que em pequenos grupos pudessem manusear o aparato experimental, entretanto os roteiros continuavam extremamente fechados, com uma sequência estruturada, rígida reprodutiva e, definida pelo professor de laboratório, em uma perspectiva de guia, não provocativo, não problematizado e não investigativo.

Entretanto com a inserção do ensino fundamental fase II no CEP, a partir de 2008, haveria na disciplina de ciência para os estudantes nessa fase uma demanda de aulas no laboratório de física de forma regular, surgiu a oportunidade e o desafio de refletir sobre práticas experimentais de física e roteiros que as acompanhariam para esta faixa etária do ensino fundamental, inspirando uma representação de experimentação diferente daquele que era utilizado para o ensino médio.

Adotávamos como princípio na elaboração dos roteiros de apoio na experimentação, que fossem de situações problema e que os estudantes fossem provocados a investigar, nosso raciocínio pedagógico buscava uma metodologia diferenciada daquela reproduzida no laboratório de física do CEP ao longo de décadas. E com um desafio distante da nossa seara, ensinar física entrelaçando a teoria e a prática para uma faixa etária de estudantes, em que o ensino de física não possui uma tradição. Com uma linguagem físico matemática apropriada respeitando a capacidade de abstração daquela faixa etária.

Outro princípio adotado nas atividades com o ensino fundamental foi 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, estudante ou professor, funciona como “andaime”<sup>1</sup> (BRUNER, 1986, p. 86), auxiliando no entendimento e na forma como os estudantes representam esses conceitos.

---

<sup>1</sup> “Andaime” (BRUNER, 1986, p. 86) em uma perspectiva sociocultural em que o par estudantil ou professor mais experiente podem auxiliar aquele estudante com menor vivência.

Como professor participante e na condução da nossa pesquisa fica evidente a necessidade da concepção da pesquisa – ação como pesquisa educacional, estamos envolvidos na pesquisa e sentimo-nos necessários na caminhada em busca de uma metodologia de experimentação que provoque o desconforto nos estudantes quando apresentados a problemas instigantes, que exijam a reflexão e o posicionamento crítico para a busca de propostas de resolução dos problemas, estudantes que também utilizarão da colaboração com seus pares discentes e com os professores, através do diálogo estabelecido e liberto de qualquer hierarquia de conhecimentos. Em uma proposta de modificação de um raciocínio pedagógico de uma comunidade em que está inserido o laboratório de física, envolvendo professores de física, estudantes da escola básica e gestores.

Para delimitar e corroborar com nosso problema de pesquisa, a primeira ação foi o investimento na recuperação na demanda histórica sobre as práticas experimentais e os roteiros que as acompanham no laboratório de Física do CEP, em particular do roteiro que acompanha a prática sobre a segunda lei de Newton. A investigação revelou que nos últimos 50 anos a concepção de atividade experimental no ensino de física foi repetida sem modificações, apesar das inovações tecnológicas.

Optamos pela lei fundamental dos movimentos, primeiro pela graduação que possui em relação a mecânica de Newton e, segundo pela possibilidade como descreveremos no capítulo três de associar o racional e o empírico, na busca de soluções de problemas relacionados com contextos do cotidiano dos estudantes e, que poderemos criar fenômenos no espaço do laboratório e através de modelos aproximar com aqueles contextos problematizados, que desejamos investigar.

Com a delimitação do problema de pesquisa e com a intenção de construirmos uma alternativa metodológica para trabalhar a segunda lei de Newton, percebemos a necessidade de esclarecer como representamos a experimentação no ensino de física, assim dedicamos na sequência em esclarecer como entendemos um ensino de entidades da física, apostando na constante tensão entre a teorização e o empirismo.

## 1.1 A EXPERIMENTAÇÃO COMO MEDIADOR NOS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

O experimentar na metodologia que propomos é intencionalmente proporcionar aos estudantes a desconstrução do senso comum de base animista, que determina uma valorização à priori de uma qualidade imediata, que “percebida numa intuição direta pode entravar os futuros progressos do pensamento científico tanto quanto a afirmação de uma qualidade oculta ou íntima”, (Bachelard, 2013, p. 127). Tal substancialização das intuições primeiras e empirismos primeiros, adjetivam ideias vagas em demasia, dando um caráter subjetivo aos aspectos de entidades da física que são necessários objetivar. E 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).

De fato, para o espírito científico, todo fenômeno é um momento do pensamento teórico, um estágio do pensamento discursivo, um resultado preparado. É mais produzido do que induzido. O espírito científico não pode satisfazer-se apenas com ligar os elementos descritivos de um fenômeno à respectiva substância, sem nenhum esforço de hierarquia, sem determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos. (Bachelard, 2013, p. 127).

Naquela formação do senso comum que nos referimos o estudante traz a autoridade da tradição do realismo ingênuo e de um empirismo claro, que alicerça o entendimento dos fenômenos imediatos que constituem o seu mundo. Em outras palavras, os fenômenos imediatos serão tomados “como sinal de uma propriedade substancial: toda busca científica logo será interrompida; a resposta substancialista abafa todas as perguntas”. (Bachelard, 2013, p. 128). Portanto tal tradição não deve ser negligenciada, pois constituem os obstáculos epistemológicos do estudante.

O ensino tradicional de ciência na escola básica contribui muito com a formação do senso comum dos estudantes afastado do espírito científico, que promoveu uma certa fixação da razão pelo discurso erudito do ensino tradicional, “uma prova da sonolência do saber, prova da avareza do homem erudito que vive ruminando o mesmo conhecimento adquirido, a mesma cultura”, (Bachelard, 2013, p. 10). Fugindo da armadilha que o ensino erudito como estanque da razão proporciona, a metodologia para o ensino de física teórico entrelaçado com a experimentação, tomamos como princípio a epistemologia de Bachelard (2013):

Já que todo saber científico deve ser reconstruído a cada momento, nossas demonstrações epistemológicas só têm a ganhar se forem desenvolvidas no âmbito dos problemas particulares, sem preocupação com a ordem

histórica. Também não hesitaremos em multiplicar os exemplos, pois queremos mostrar que, sobre qualquer questão, sobre qualquer fenômeno, é preciso passar primeiro para a forma geométrica e, depois, da forma geométrica para a forma abstrata, ou seja, seguir a via normal do pensamento científico. (Bachelard, 2013, p. 10 – 11).

Nesse processo de desconstrução 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, mas 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 raciocínio físico – matemático.

Que caracteriza o cientista moderno “é a objetividade e não o universalismo; o pensamento deve ser objetivo, só será universal se puder, se a realidade lhe permitir”. Ora, a objetividade se determina pela exatidão e pela coerência dos atributos, e não pela reunião de objetos mais ou menos análogos. (Bachelard, 2013, p. 89). Desejamos que os estudantes se afastem dos aparelhos metafóricos de caráter subjetivos, muito utilizados para estender adjetivos a ideias não muito claras e que reforçam a subjetividade:

Não se pode confinar com tanta facilidade as metáforas no reino da expressão. Por mais que se faça, as metáforas seduzem a razão. São imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais. Uma psicanálise do conhecimento objetivo deve, pois, tentar diluir, senão apagar, essas imagens ingênuas. Quando a abstração se fizer presente, será a hora de ilustrar os esquemas racionais. (Bachelard, 2013, p. 97).

Nossa proposta equipara a teorização com a experimentação, esta constitui-se de particularidades que objetiva além do caráter usual de um instrumento como além de um órgão do sentido.

Existe, pois, pelo menos, uma rotura na objetividade e é por isso que temos razões para dizer que a experiência nas ciências físicas tem um além, uma transcendência, que ela não está fechada sobre si própria. Portanto o racionalismo que informa esta experiência deve aceitar uma abertura correlativa desta transcendência empírica. (Bachelard, 2009, p. 15).

O mote que escolhemos discutir do que é racional e empírico, não é o de valorizar um em detrimento do outro, ou de quem vem antes a teoria ou a experimentação? Ambos constituem armadilhas circulares, que polarizam discussões entre aqueles filósofos da ciência que defendem o conjunto teórico e aqueles que defendem o conjunto experimental.

Ou devemos dizer que, apesar de haver certa quantidade de teoria que precede certa prática de experimentação, existe determinada quantidade de

observação e de experimento que precede a teorização e possui vida própria? (Hacking, 2012, p. 247).

Preferimos escolher a intersecção entre a teorização e a observação bem-feita, pois “construímos (juntos) uma imagem da ciência cada vez mais robusta e “real”, que atende para os ditos valores e fatos de um modo equivalente e equilibrado”, (Hacking, 2012, p. 8). Intersecção possível pela articulação entre o racional e o empírico através dos modelos físicos e das estruturas matemáticas. Portanto o que intencionamos como transposição didática para nossa metodologia de ensino de física é orientada por Hacking (2012):

Diz-se que a ciência tem dois objetivos: teoria e experimento. As teorias tentam dizer como o mundo é. Os experimentos e a tecnologia subsequente mudam o mundo. Nós representamos e nós intervimos. Nós representamos de modo a intervir e intervimos de modo a representar. A maior parte do debate a respeito do realismo científico na atualidade se dá em termos de teoria, representação e verdade. As discussões são esclarecedoras, mas não são decisivas. Isso se deve principalmente ao fato de estarem infectadas com metafísica intratável. Suspeito que não possa haver argumento final a favor ou contra o realismo no nível da representação para a intervenção, quando bombardeamos gotas de nióbio com pósitrons, o antirrealismo esmorece. (Hacking, 2012, p. 93).

No contexto escolar de experimentação no ensino de física “não trata de confirmação, verificação, falsificação ou conjectura e refutação, mas sim de acumular construtivamente conceitos e um corpo de conhecimento”, (Hacking, 2012, p. 67). Significativamente relacionados com os tipos teóricos da lei fundamental dos movimentos. Estratégia que adotaremos na sequência didática em que os estudantes manipularão essas entidades, de tal forma que as imagens que o estudante constrói a respeito desses tipos teóricos incluam-se no seu sistema de crenças.

Intuímos que atividade experimental fornecerá evidências fortes do realismo científico das entidades manipuladas. Que podem ser regularmente manipuladas e relacionadas com outras entidades, na produção de fenômenos para investigar aspectos da natureza.

Queremos que os estudantes manipulem força, variação da quantidade de movimento e tempo de interação, que manipulados através do aparelho experimental deixam de ser hipotéticos quando os utilizo para investigar outras coisas, como de certa forma estivessem manipulando uma folha de papel. Tornando-se assim ferramentas, instrumentos da prática, e não do pensamento.

Objetivamos que os estudantes inseridos nessa cultura de laboratório adquiram uma postura de realismo científico, a respeito de certas entidades, estas como ferramentas manipuláveis, que podemos interferir com outras entidades de maneira causal, característica da lei fundamental dos movimentos. Acreditamos que com a manipulação experimental de tipos da física, ajudará os estudantes em crer em tais tipos, muito mais que longas explicações teóricas. Perceba o que Hacking (2012) nos ensina:

A ciência não é um esporte de espectador. É um jogo para ser jogado, e os jogadores de futebol (para usar um exemplo brasileiro) não inferem a existência da bola: eles a chutam, cabeceiam, têm um objetivo com ela, normalmente a perdem, mas às vezes marcam gols. (Hacking, 2012, p. 43).

Por exemplo com a manipulação da força em relação a um sistema, que pode conservar a quantidade de movimento no caso de resultante de forças externas nula, ou que pode não conservar a quantidade de movimento se a resultante de forças for diferente de zero. Em outras palavras não questionamos a validade da lei fundamental dos movimentos, mas sim a manipulamos em diferentes contextos de situações problemas que permitem a investigação dos tipos que a constitui. Enfim “o trabalho experimental fornece a evidência mais forte da realidade de uma entidade teórica que não pode ser observada.” (Hacking, 2012, p. 43).

O aparato experimental permitirá uma manufatura por parte dos estudantes, que não ficará na aparência mas irá além como forma de representação de imagens através da criação de fenômenos, que serão modelados com leis físicas e com estruturas matemáticas articulados com os fatos do empirismo do aparelho experimental. Contribuindo assim com um sistema de crença por partes dos estudantes que o aproximem do espírito científico.

## 1.2 O PROBLEMA DE PESQUISA

O mote da nossa pesquisa surgiu das minhas inquietações e da atividade de docência no ensino de física no Colégio Estadual do Paraná, onde há uma estrutura de laboratórios (Física, Química, Biologia, Matemática, Arte e Línguas), um planetário e um observatório astronômico, todos acompanhados de professores com a formação acadêmica adequada. Com tal combinação é possível estabelecer um ambiente enriquecedor para combinarmos de forma a aproximar o racionalismo ao empirismo para enriquecer as mediações nos processos de ensino aprendizagem

em uma espécie de constante tensão entre o teórico e o experimental, com a intencionalidade da alfabetização científica através do aumento do realismo científico de entidades da física contextualizadas com o mundo da ciência e das suas tecnologias.

Acreditamos que a escola básica, ensino fundamental fase I e II e ensino médio, deve ser compreendido por parte do estudante que não se trata de um instante, um momento escolar e, sim a escola é algo perene para a vida toda, tal característica fará parte do letramento científico que esse estudante adquirirá ao longo de uma vida. Porém a escola básica de hoje mostra sinais que não proporciona a formação da investigação racional científica, pelo contrário com um ensino tradicional de ciência, alicerçado em livros didáticos na sua maioria que se assemelham com guias turísticos, que valorizam a memorização, a reprodução e a automatização. Com conteúdo justaposto que não seguem uma racionalidade, não problematizados e não instigantes, assim não estimulando a reflexão e a criticidade.

O que desejamos para o ensino de ciência, deve alicerçar a promoção de um racionalismo permeado de abstração, com a intencionalidade de exorcizar intuições primeiras que constituem o senso comum dos estudantes, de forma dialetizadora entre o subjetivo e o objetivo, retroalimentando e retificando os erros e assim afastando os estudantes do seu raciocínio pré-científico para o raciocínio científico.

Os professores de Ciência e, entre eles estou incluído, no início de carreira tem a certeza de que o espírito científico dos seus estudantes começa com a sua aula, que são capazes de reconstruir uma cultura à exaustão das lições, de forma repetida e automática. Assim os professores Ignoram que seus estudantes adolescentes, entram na aula de física por exemplo, com muitas primeiras intuições de mundo baseados nos seus empirismos primeiros, assim com uma formação empírica bem definida e que funcionará como um “obstáculo epistemológico” (BACHELARD, 2013) para a mudança para uma nova cultura, deixando as noções pré-científicas alicerçadas no senso comum e no realismo ingênuo.

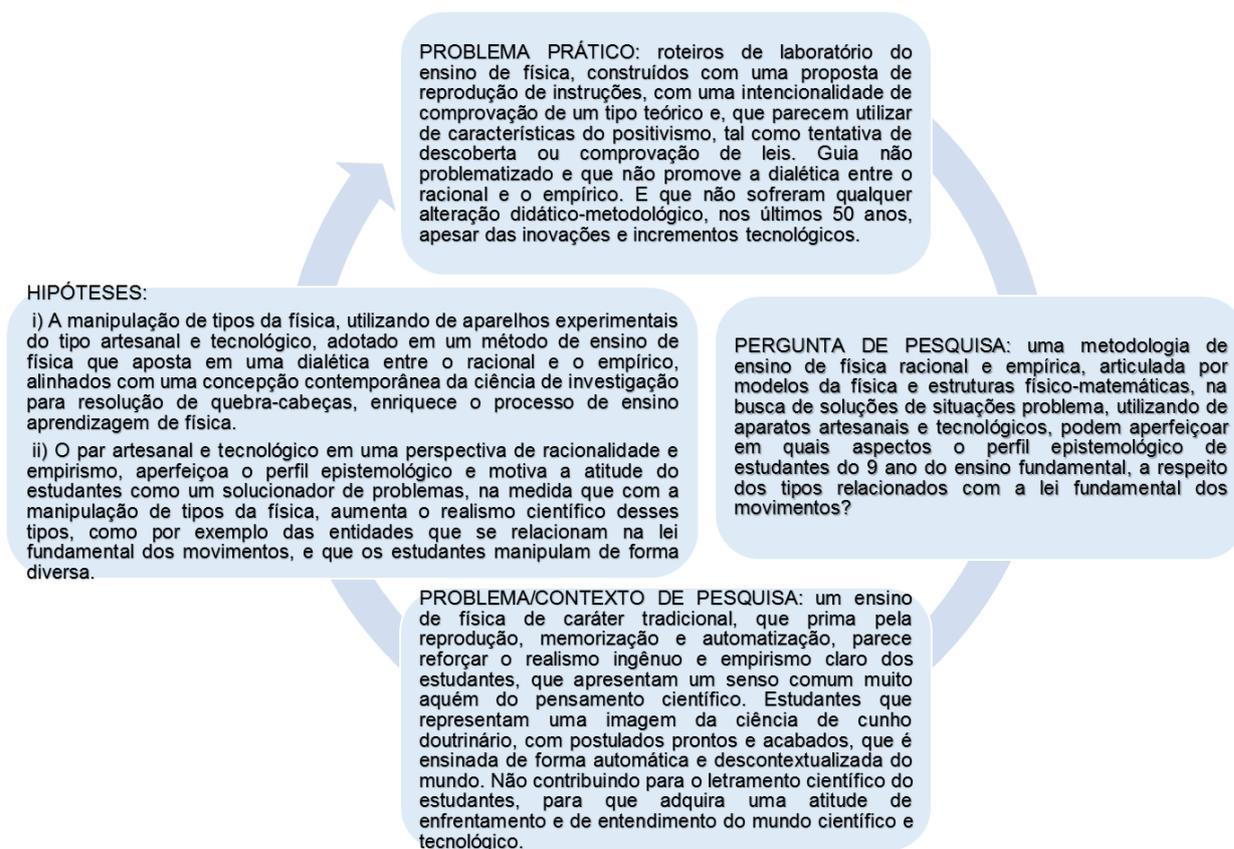
A atividade experimental ancorada na visão tradicional do ensino de física do CEP, de modo geral permeia o espírito conservativo por instinto, preferindo aquilo que o confirma em vez daquilo que o contradiz, apreciando muito mais as respostas do que as perguntas. Com tal conservadorismo cessa o “crescimento espiritual” (BACHELARD, 2013) e a proposta formativa que pretendemos terá muitas

dificuldades de ser implantada, começando pelos professores e sua inércia acadêmica e metodológica.

Perguntamo-nos quais as origens da atividade experimental alicerçada em um ensino tradicional de ciência, e da nossa pesquisa inicial percebemos que algumas empresas e profissionais que manufaturam materiais para experimentação em física, estão envolvidos por uma concepção de experimentação ancorado na visão tradicional do ensino da ciência, física em particular, tal evidência aparece nos manuais e roteiros que acompanham os materiais de experimentação, os quais não foram alterados quase absolutamente nada, nos últimos 50 anos, e que ainda seguem tendências e contribuições dos guias para o ensino de Física dos PSSC.

Portanto o problema a ser resolvido e que será a nossa contribuição encontra – se em propor uma troca de uma metodologia de experimentação de ensino de física, que aparentemente apresenta características de um realismo ingênuo e um empirismo claro quando trata do pensamento pedagógico de como ensinar física na escola básica. Para uma metodologia de experimentação que apostará na intersecção entre teoria e prática experimental, articulados através da especulação complexa com modelos físicos e estruturas de linguagem físico-matemáticas.

A experimentação como definimos acompanhada da utilização com propriedade da tecnologia como especulador complexo, convergente ao que esperamos de um sistema de crenças que os estudantes construirão uma imagem da ciência, de um construto humano que possui uma demanda histórica e filosófica que confirma tal construção. Apresentamos a seguir um fluxograma que ilustra o mote da nossa pesquisa:



**Figura 1: esquema da delimitação do problema de pesquisa, questão de pesquisa e hipóteses**

Tal encaminhamento é muito oneroso para uma proposta de enculturação científica que o ensino de ciências deve ter um comprometimento muito estreito, senão seu principal objetivo. Transformar este custo em benefício é o caminho, ou seja, propor uma mudança de percepção de experimentação que auxiliará para que os estudantes adquiram uma cultura de laboratório, com um gênero de raciocínio próprio de especulação complexa, diminuindo a subjetividade e aumentando a abstração, com a articulação através de uma linguagem físico-matemática. Passaremos a traçar, portanto nossos objetivos que corroboram com nosso mote de pesquisa.

### 1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Investigar no senso comum dos estudantes na série final da EFII, possíveis percepções de origem animista em relação como representam imagens a respeito

da ciência e da experimentação. Como o ensino tradicional de ciência parece ter reforçado seus obstáculos epistemológicos em relação a tipos da física, que continuam sendo entendidos conforme suas intuições primeiras que constituem no senso comum dos estudantes um realismo ingênuo. Um ensino de ciência que com algumas características da Escola Positivista não promove o aperfeiçoamento do perfil epistemológico dos estudantes. Adquirindo com a investigação subsídios para propor uma metodologia de par experimental artesanal e tecnológico, com uma metodologia que promova a articulação através de modelos físicos e de estruturas de linguagem físico – matemáticas da aproximação tensionada e conciliadora entre a teorização e a experimentação, com a intencionalidade de promover o enriquecimento no processo de ensino aprendizagem de ciências e contribuir para o aperfeiçoamento do raciocínio científico dos estudantes.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- 1) Investigar aspectos que permearam o alicerce pedagógico dos profissionais envolvidos com o laboratório do CEP, e como no seu sistema de crenças representaram e conceberam como manipular a prática experimental da 2ª lei de Newton, considerando a demanda histórica e a possível influência de uma metodologia de experimentação com características do behaviorismo<sup>2</sup> na construção de roteiros de experimentação da 2ª lei de Newton.
- 2) Investigar quais características influenciaram no ensino de ciência tradicional, utilizadas para elaboração do roteiro experimental da lei fundamental dos movimentos.
- 3) Investigar na representação de imagens dos estudantes a respeito do ensino de ciência, se o concebem no sentido tradicional com alguns aspectos ainda da escolástica ou com alguma representação de como a ciência é praticada

---

<sup>2</sup> O behaviorismo antigo preparou um terreno fértil para teorias comportamentalistas mais recentes como a de Skinner que influenciou profundamente o ensino das décadas de 60 e 70, e que ainda hoje é encontrado nas salas de aula, portanto não devem ser deixadas de lado e sim investigadas para ajudar para uma visão ampla dos processos de ensino aprendizagem.

- por exemplo em um laboratório de pesquisa avançada. Procurar as possíveis origens em que se fundamenta a confiabilidade extremada na ciência.
- 4) Averiguar se apresentado um material instrutivo potencialmente significativo, em um contexto problematizado e da vivência dos estudantes, valorizando o racional e o empírico de forma equilibrada e equivalente, se é possível a formação de juízo de caráter abstrato e de alto grau de generalidade sobre conservação da quantidade de movimento. Com a apresentação de situações problema e instigantes que na busca de soluções possíveis, o estudante possa articular com modelos físicos com o tipo teórico de pano de fundo. E com essa manipulação do tipo teórico aumente o realismo científico daquele tipo teórico.
  - 5) Manipular de ferramentas tecnológicas de forma especulativa complexa, para que estas não se tornem obstáculos epistemológicos. Ferramentas artesanais e tecnológicas do acervo do laboratório de física (carrinhos IBEC e de Fletcher) e outras que fazem parte do mundo do qual os estudantes são nativos, tais como o aparelho celular, que empregado nas funções de cronômetro ou filmagem, será de grande utilidade na parte experimental artesanal e tecnológica da investigação da lei fundamental dos movimentos. Tempos e filmagens que serão aproveitados quando os estudantes farão análise dos filmes no laboratório de informática, trabalhando com o software Tracker, e comparando resultados de cada método aplicado para coleta de dados. Usufruir do software Tracker para investigação da lei fundamental dos movimentos, 2ª lei de Newton, a partir dos filmes da parte experimental artesanal e da tecnológica registrados pelos estudantes em seus aparelhos celulares, depois comparar os resultados obtidos na parte experimental tecnológica com os obtidos com o carrinho de Fletcher.
  - 6) Contribuir para a acomodação da lei fundamental dos movimentos pelos estudantes com a manipulação dos tipos teóricos que se relacionam na lei fundamental dos movimentos em diferentes atividades experimentais. E a associação com contextos problematizados, tais como: perceber a utilização da importância dos cintos de segurança, ou na indústria automobilística na construção de automóveis mais deformáveis, para aumentar a segurança dos ocupantes do veículo posicionados na chamada célula de vida, em uma perspectiva de ciência, tecnologia, sociedade.

### 1.3.3 Hipóteses

O par experimental artesanal e tecnológico manipulado de forma especulativa complexa em uma perspectiva contemporânea de experimentação na ciência, entrelaçando o racional e o empírico articulados por modelos físicos e linguagem físico matemática, pode enriquecer o processo de ensino aprendizagem de ciências. Com a manipulação diversa de tipos teóricos da lei fundamental dos movimentos aumentando o realismo científico das entidades como força, variação da quantidade de movimento e tempo de interação.

Com essa nova percepção de experimentação, de entrelaçar o racional e o empírico, alinhada com a filosofia da ciência de Bachelard e Hacking, o estudante pode aperfeiçoar o seu perfil epistemológico das entidades da física manipuladas na experimentação, e se motivar como um solucionador de problemas, contribuindo para sua formação crítica e reflexiva diante da ciência e da tecnologia, que serão tratados e enfrentados pelo estudante como um especulador complexo na sua forma de representar a ciência e na sua forma de manipulação das tecnologias.

Os estudantes concluintes do ensino fundamental II, podem possuir uma formação em ciência de cunho de senso comum pré-científico, repleto de intuições animistas alicerçados em um realismo ingênuo e um empirismo claro. Sendo comum que pode constituir obstáculos epistemológicos, que levam a representar uma imagem da ciência como doutrinária, cultuando a ciência e a tecnologia como peremptória e podem atribuir uma confiabilidade superior às outras formas de conhecimento, supervalorizando tudo aquilo que utiliza do slogan cientificamente comprovado. Tal concepção dos estudantes parece advir de um ensino de ciência alicerçado no indutivismo ingênuo, com a crença de descobertas de leis e teorias por dedução lógica de proposições de observações de experimentos e, no princípio da verificabilidade e a comprovação de leis ou teorias através da experimentação.

Os estudantes do 9<sup>o</sup> ano com zonas de perfil conceitual sobre movimentos, que parecem representar segundo seu realismo ingênuo, podem conceber como senso comum de fundo animista que para qualquer tipo de movimento é necessária força motora resultante e não nula, incluindo o movimento retilíneo e uniforme.

Os estudantes como especuladores complexos na manipulação do aparelho experimental, são capazes de desconsiderar a presença do ar ou do atrito, na

criação de fenômenos no aparelho experimental, por considerarem irrelevantes na aproximação do modelo físico que escolheram.

Nas teorias de ensino aprendizagem é possível identificar uma metodologia de atividade experimental artesanal e tecnológico, que relacione de forma no intercâmbio entre o racional e o empírico, para ensinarmos física na faixa etária do ensino fundamental II em um espaço que promova constantemente uma espécie de tensão entre o teórico e o experimental, com a intencionalidade que o estudante aperfeiçoe o seu perfil epistemológico da segunda lei de Newton, e que também nesse perfil a entenda como a variação da quantidade de movimento no tempo, também chamada de lei fundamental dos movimentos. Com a utilização de articuladores que exijam o aumento da abstração ainda nessa faixa etária dos estudantes.

Quando apresentado entidades da física para formação de juízos em um material instrutivo potencialmente significativo e que serão manipulados de forma especulativa complexa aumentando o realismo dessas entidades, pode ocorrer a aprendizagem significativa do juízo em alto grau de abstração, generalidade e inclusividade da conservação da quantidade de movimento. O estudante pode reconhecer e encontrar soluções em situações problema com modelagem de certos aspectos do mundo que crie fenômenos que reproduza colisões e que esteja associado ao juízo da conservação da quantidade de movimento.

O estudante do nono ano do EFII, possui no seu senso comum a formação de juízos, mesmo que pouco elaborados, que podem constituir obstáculos epistemológicos para ancorar conceitos como quantidade de movimento e conservação da quantidade de movimento. Se aplicado um método de ensino de física com a teoria dialogando com o experimento, apresentados com material instrutivo potencialmente significativo, esse estudante é capaz de transpor esses obstáculos epistemológicos e aprender física significativamente.

Ocorre aprendizagem significativa, com o aperfeiçoamento do perfil conceitual, da compreensão da variação da quantidade de movimento quando sobre o objeto é aplicado uma força em certo intervalo de tempo, com a utilização de atividade experimental artesanal e tecnológico, com características de experimental de resolução de problemas e em uma abordagem de experimentação onde teoria e experimento se equivalem e se equiparam.

A atividade experimental artesanal e tecnológica, de caráter racional e empírico, em uma perspectiva sócio cultural, permite ao estudante do ensino fundamental a modificação das suas zonas de perfil conceitual, em situações que o par mais experiente auxilia o estudante na apropriação do conhecimento, através do diálogo.

No EFII, em particular para o estudante do 9º ano, há a possibilidade que entenda modelos físicos e utilize estruturas da linguagem físico – matemática, na investigação de situações problema cujas imagens representadas no aparelho experimental, e relacionadas de forma provocar no estudante um gênero de raciocinar com a lei fundamental dos movimentos como modelo. Que dessa forma apresente indícios de um raciocínio abstrato, caracterizando-o como um especulador complexo diante do mundo da ciência e das tecnologias.

O jovem estudante do nono ano, com um perfil especulador complexo na metodologia de ensino que propomos, será capaz de perceber a ciência e a tecnologia sem mistificação e de forma não doutrinária, portanto pode assim passar a manipular tipos da física e manipular o aparelho experimental com propriedade, deixando de ter uma postura passiva de simples receptor de uma transmissão de postulados prontos da ciência e de simples usuário leigo da tecnologia

#### 1.4 APRESENTANDO O CENÁRIO GERAL DA INVESTIGAÇÃO

Expondo a delimitação do nosso problema ao qual nos propusemos a contribuir com a nossa pesquisa, da possibilidade de apresentar uma metodologia de ensino de física, com a experimentação entrelaçada com a teoria, em uma concepção de ensino de ciência alinhado como Bachelard (2009 - 2013) e Hacking (2012), compreendem o equilíbrio e equivalência entre o teórico e prático na prática da ciência.

Com a intencionalidade de trazer aos estudantes uma visão mais crítica e não peremptória da ciência, proporcionando um entendimento de ciência como construção humana, assim valorizando o trabalho científico e não simplificando o método científico, o qual não pode ser simplesmente transferido para o ambiente escolar. Talvez sim transposta para o ambiente escolar no sentido de inspiração,

mas completamente adaptada para a realidade e intencionalidade escolar, no caráter didático – metodológico.

Valorizando assim aspectos do processo de construção da ciência e não simplesmente apresentada como pronta, e nas atividades experimentais simplificada em atividades que induzem a chamada “redescoberta” científica, com teorias e leis encontradas por indução a partir de premissas de observação experimental, ou então provas de leis ou teorias com parâmetros estabelecidos para observação experimental fundamentados nas próprias leis ou teorias.

Começamos o segundo capítulo destacando nossa inspiração de ensinar física ainda na fase do ensino fundamental, desde as séries iniciais, porém escolhemos descrever uma de nossas atividades didáticas com o sétimo ano do EFII, sobre sensação térmica e a utilização de um instrumento objetivo para medir temperatura. Embora não esteja a prática relacionada com a lei fundamental dos movimentos, pedimos licença em tratar dessa prática que desenvolvemos com o sétimo ano, por entendermos ser de fundamental importância para justificarmos o ensino da física mais cedo na escola básica.

Que seria na nossa visão a melhor forma de evitarmos que um ensino equivocado de ciência afastado da objetividade da física, possa constituir uma série de obstáculos epistemológicos, que mais tarde os estudantes alfabetizados nesse ensino equivocado, apresentarão em relação a tipos da física trabalhados no ensino médio. Depois desse destaque do porquê ensinar física desde o ensino fundamental, o exemplo que pedimos que acompanhem fica justificado, pois parece mostrar um caminho promissor para a formação do espírito científico na escola básica, promovendo um letramento científico adequado.

Passamos ao mote da nossa pesquisa pelo problema prático, a prática experimental do laboratório de Física do Colégio Estadual do Paraná, com indícios de atividades automatizadas e de reprodução, e que apresentaremos também no segundo capítulo, que trata de uma análise documental sobre os roteiros que instruíram as atividades experimentais da segunda lei de Newton nas últimas cinco décadas e um possível paralelo com as concepções de ensino de ciência tratadas para a escola básica no qual os roteiros foram elaborados.

Investigamos os manuais de instrução do PSSC e os manuais de instrução na sugestão de roteiros de laboratório das empresas que produzem equipamentos para o laboratório tradicional de física, e roteiros produzidos por professores de

laboratório das instituições públicas de ensino que tivemos acesso para realização da pesquisa.

Nossas inquietações apareceram em torno da alta gama de práticas demonstrativas e reprodutivas, onde se propagavam relações extremamente automatizadas e num tom de um tipo de guia turístico, com pouco ou nenhuma interação por parte dos estudantes no nível do ensino médio, ancoradas em uma concepção de ensino de ciência associada segundo o que nos parece alicerçada com características de um positivismo ingênuo, em particular com o princípio da verificabilidade e da descoberta de leis, ou seja, percepção popular ou tradicional do ensino da ciência, que nos parece um tanto de senso comum pré-científico em uma tentativa mal sucedida em transformar em um método para a educação, princípios de uma escola filosófica.

Estas propostas de não interação e a concepção de experimentação na qual os roteiros e guias de experimentação eram forjados, ancorados para nós como hipótese, não poderiam ser apenas uma coincidência. Por hipótese pretendemos constatar com a investigação a não evolução também dos roteiros experimentais em particular sobre a segunda lei de Newton, apesar de toda a evolução tecnológica acessível aos laboratórios aparelhados para o ensino de física.

No terceiro capítulo decidimos incluir os possíveis pressupostos epistemológicos que formaram a racionalidade do físico Isaac Newton e, quanto o mundo que Newton esteve inserido, em termos acadêmicos, sociais e econômicos. Possivelmente influenciaram na sua forma de representação da sua principal obra sobre mecânica, o livro “Principia”. E também trabalhamos as entidades da física relacionados com a lei fundamental dos movimentos e um pouco dos possíveis problemas práticos da sua época e, que Newton como um praticante da ciência normal de Khun teve que se preocupar.

No mesmo capítulo três trazemos argumentos para fundamentar nossa defesa de uma cultura de laboratório no ensino de física, como contraponto a um ensino de ciência tradicional, para o qual apontamos alguns dos equívocos praticados em termos de experimentação no ensino de física e, que consideramos necessário trazer para a discussão, pois sempre o contraditório nos ajudam a enriquecer a discussão.

Ainda no mesmo capítulo concentramos em referendar os pressupostos metodológicos da sequência de atividades que foram trabalhados com os

estudantes, desde o questionário inicial para o conhecimento das representações dos estudantes a respeito da ciência e das entidades da física relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, até a atividade final de manipulação das entidades no programa Tracker. Aproveitamos assim para justificar o produto que propomos como alternativa para o ensino de física na escola básica, desde o ensino fundamental, com uma metodologia que promove um equilíbrio entre o racional e o empírico, através de aparelhos artesanais e tecnológicos para especulação complexa de entidades da física.

Por acreditarmos que a enculturação científica pode acontecer em qualquer idade da vida acadêmica dos estudantes, colocamo-nos no quarto capítulo a investigar representações dos estudantes a respeito do ensino de ciência no nono ano do ensino fundamental II, nas representações dos estudantes identificamos uma formação em ciência nos moldes tradicionais e que foram reforçadas no espaço escolar. E que também lhes foi apresentada como peremptória, associado em alto grau de confiabilidade, com as corriqueiras divulgações midiáticas de exposição de produtos atestados cientificamente.

No mesmo capítulo quatro realizamos a pesquisa-ação com o apoio da matriz dialógica problematizadora e o espiral auto reflexivo, para a construção de uma sequência didática com uma proposta inovadora de atividade experimental associada com a formação de juízos, sempre em uma perspectiva alicerçada nos ensinamentos de Bachelard e Hacking, com uma defesa de equilíbrio e equivalência da teoria e da prática experimental.

Ainda no capítulo quatro descrevemos como a sequência didática de atividades, ditou um ritmo de constante provocação dos estudantes em pensar contra o seu senso comum, através de um exercício constante da razão contra a razão dos outros, com uma constante retificação dos erros. Estimulamos o aumento do realismo científico de entidades da física através da articulação com elementos da linguagem físico matemática, para que nesse exercício de constante abstração os estudantes afastassem-se de um subjetivismo para um objetivismo, de um senso comum com aspectos pré-científicos para um senso comum com aspectos mais científicos, enfim que os estudantes pudessem evoluir o perfil epistemológico das entidades que manipularam através da especulação complexa.

Especulação complexa também dos aparelhos artesanais e tecnológicos que puderam manipular, sempre com uma conotação de pensar o experimento, desde

como montar o experimento, até o registro das observações, passando pela decisão do que observar e do que medir. Também aqui a intenção da atividade de superar possíveis obstáculos epistemológicos que possivelmente os estudantes possuem de imagens de um laboratório que oculta algo de misterioso.

Consideramos no capítulo quatro um quadro que especula a possível evolução do perfil epistemológico dos estudantes, que se afastam da especulação ingênua para uma especulação complexa, a respeito das entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos. No mesmo quadro como ilustração representamos os chamados indicadores de especulação, que se orientam por uma interação forte com as atividades experimentais de estímulo do racional e do empírico, de forma de aproximação, de intercâmbio e de retroalimentação. Pedimos que o leitor se atente ao quadro que aqui chamamos a atenção, por acreditarmos que ele espelha a intenção do nosso trabalho em contribuir para o aperfeiçoamento epistemológico dos estudantes.

Nas considerações do quinto capítulo, com o progresso da nossa pesquisa apontaremos resultados da não evolução da experimentação em termos didáticos metodológicos da segunda Lei de Newton, apesar de toda a evolução do aparelho tecnológico. Também seremos contundentes em considerar a respeito da proposta de cultura de laboratório e o gênero de raciocínio associado como proposta para o ensino de física. Ensino de física que vamos considerar que deve acontecer desde o ensino fundamental, pois mostraremos tal possibilidade neste trabalho, um como relato de atividade professoral com os estudantes do sétimo ano e o outro no laboro do nosso produto com os estudantes do nono ano. E por fim consideraremos que o ensino de ciência pode propiciar que os estudantes avancem no aperfeiçoamento dos perfis epistemológicos de entidades, superando seus obstáculos epistemológicos.

## **CAPÍTULO 2**

## 2 JUSTIFICATIVA

Nossa inspiração para propormos uma nova metodologia para o ensino de física, iniciou com uma pesquisa qualitativa dos perfis epistemológicos dos 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 que alicerçados em um raciocínio pré-científico, caracterizado por um realismo ingênuo e um empirismo sensorial. Propomos a possibilidade através de uma sequência didática experimental o entrelaçamento do racionalismo e o empirismo para potencializar o perfil epistemológico dos estudantes distanciando-os da intuição com a sensação térmica por um instrumento objetivo de medir temperatura. Escolhemos descrever essa nossa primeira vivência de ensino de física ainda no ensino fundamental fase II, por reconhecermos o quanto é inovador em termos de ensino de física para essa faixa etária. E também por reconhecermos que os conhecimentos prévios dos estudantes nunca devem ser subestimados, pois constituem obstáculos a aprendizagem de entidades da física. Com o relato pretendemos argumentar em favor de um ensino de física que na investigação de situações problema, promova uma trama entre a teorização e a experimentação.

### 2.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA PARA ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL II

Com a inserção do ensino fundamental fase II (EF II) no Colégio Estadual do Paraná (CEP), início de 2008, passou a existir a possibilidade para o ensino de ciências de uma proposta de trabalho com esses estudantes no laboratório de Física, surgindo a oportunidade e o desafio de refletirmos sobre práticas experimentais de Física para essa faixa etária. Tomamos como princípio a adaptação da linguagem físico matemática, porém mantendo o rigor do raciocínio científico sem utilizar de elementos facilitadores, como por exemplo, o uso de

metáforas visualizamos “O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras;” (Bachelard, 2013, p. 101) e, analogias que possam causar intuições que mais tarde na escola básica venham a constituir barreiras ao aprendizado de entidades físicas.

Elaboramos atividades experimentais para todos os anos do EFII e escolhemos para relatar neste trabalho, uma das atividades do sétimo ano envolvendo um dos sintomas da dengue (febre), escolhido por coincidir com o plano de ensino de Ciência do sétimo ano e, associado com a medida de temperatura em uma atividade experimental no laboratório de Física. Por hipótese especulamos que os estudantes utilizam do raciocínio pré-científico como alicerce do seu senso comum, como por exemplo, na indicação se uma superfície está quente ou fria.

Indicação de um empirismo sensorial, interpretado por 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 percepção 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 percepção, que para nós caracterizam o raciocínio 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, estudante ou professor, funciona como “andaime” (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.

Com a descrição do ambiente propício ao diálogo entre os participantes e, conforme estamos relatando os pormenores da atividade, esperamos que fique evidente a necessidade da concepção da pesquisa – ação como investigação educacional, pois como pesquisadores participantes estamos envolvidos e sentimos necessários na caminhada em busca de uma metodologia de experimentação que contribua com um gênero de raciocínio de laboratório. 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 CEP. A atividade 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 raciocínio científico em termos de abstração, característica que muitas vezes falta quando os estudantes chegam ao ensino médio.

### 2.1.1 O Racional e o Empírico Como Proposta de Trabalho no Laboratório de Física do CEP

Acreditamos que nessa importante questão de aperfeiçoamento de um raciocínio científico podemos contribuir com o laboratório de física. Com atividades experimentais em que os estudantes terão a possibilidade de manipulação de entidades teóricas, pois “para um cético como eu, resta apenas uma tímida conclusão: entidades teóricas de vida muito longa, e que acabam não sendo manipuladas, tendem comumente a ser descartadas como grandes enganos. ” (Hacking, 2012, p. 384). De tal forma que neste apoio de argumentos: trocas de vivências, criticidade e dúvidas tornam-se de suma importância o “investimento” em situações-problemas instigantes, que contribuam para a busca de respostas através da experimentação, pois:

Os melhores tipos de evidência para a realidade de uma entidade postulada ou inferida é nossa capacidade de entender algo a respeito de seus poderes causais, como, por exemplo, por meio da medição. Esse tipo de compreensão atesta-se, por sua vez, quando somos capazes de construir máquinas de funcionamento razoavelmente confiável, as quais se beneficiam deste ou daquele nexos causal, de forma que é a engenharia, e não a teorização, a melhor prova do realismo científico de entidades. (Hacking, 2012, p. 384).

Com a manipulação das entidades, elas “perderão seu estatuto hipotético para se tornarem objetos comuns da realidade...Quando começarmos a nos utilizarmos deles para investigar outras coisas. ” (Hacking, 2012, p. 381).

Com a intenção de promover a manipulação de entidades nas práticas de laboratório de Física, revimos ações pedagógicas para atender o ensino fundamental, com relação a formatação do tempo de laboratório. Pois a ideia principal é tornar o laboratório mais investigativo através da proposta de situações problemas em que os estudantes são provocados para sua resolução e manipulação das entidades teóricas e do aparelho experimental, procurando fugir do modelo de laboratório de mera demonstração ou de repetição de modelos.

Outro aspecto que cuidamos foi que o ambiente da experimentação possibilitasse a interação através do diálogo, promovendo espaços de questionamentos livres, como forma de não podar os porquês dos estudantes. Do contrário à escola poderá persistir na manutenção de processos educacionais puramente sistemáticos onde a troca de ideias torna-se descartável. O estudante do EF II mostra – se questionador, uma característica natural da idade, em um ambiente de criticidade geralmente tal característica é confundida com indisciplina, e

muitas vezes é punida. Em contraposição a tal atitude, é preciso criar uma educação despojada do medo e lado a lado com o prazer, como escreveu Paulo Freire (1985):

“... na tenra idade, começamos a negação autoritária da curiosidade com os mas que tanta pergunta menino, cale-se seu pai está ocupado, vá dormir, deixe a pergunta para amanhã... o educador autoritário tem mais medo da resposta do que da pergunta. Teme a pergunta pela resposta que deve dar” (FREIRE, 1985 p. 24-25).

“Não basta ao homem ter razão, ele precisa ter razão contra alguém. Sem o exercício social de sua convicção racional, a razão profunda mais parece um rancor;” (Bachelard, 2013, p. 300). O diálogo entre professor e estudantes deve ser uma premissa, uma relação horizontal entre educador e educando proposta pela pedagogia moderna que promoverá o desenvolvimento e a formação de estudantes críticos, curiosos e questionadores. Olhando para o mote da nossa investigação em relação ao obstáculo epistemológico que os estudantes do sétimo ano possuem em sentir se uma superfície está quente ou fria, sabendo que “lemos a temperatura num termômetro, não a sentimos.” (Bachelard, 2009, p. 14). Assim entendemos que “toda experiência objetiva correta deve implicar sempre a correção de um erro subjetivo. Mas não é fácil destruir os erros um a um.” (Bachelard, 2009, p. 13). Assim nesse processo de retificação discursiva dos erros, “a precisão discursiva e social destrói as insuficiências intuitivas e pessoais. Quanto mais apurada é a medida, mais indireta ela é. A ciência do solitário é qualitativa. A ciência socializada é quantitativa”, (Bachelard, 2013, p. 297).

O caminho escolhido para destruir os erros e proporcionar a evolução do raciocínio 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 raciocínio científico corresponderia a uma normalização, à transformação da 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, 2012, p. 23).

Desta forma admitindo que os estudantes em um processo de enculturação científica, quando estão no sétimo ano ainda apresentam um raciocínio pré-

científico, impregnado de um tipo de animismo<sup>3</sup> alicerçado no realismo ingênuo e um empirismo claro. Objetivamos através de uma sequência didática proposta na atividade experimental, um vasculhar de todos os lados as intuições dos estudantes, muitas vezes formadas em uma percepção 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 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

---

<sup>3</sup> As representações são construídas de uma primeira percepção que são consideradas exatas, imagens pitorescas de percepções 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 percepções imediatas, ou seja, alicerçada com a realidade primeira, substancialmente impura e equivocada pela subjetividade. Como exemplificado por Bachelard: “ao encostar dois eletrodos na ponta da língua, a pessoa sentiria o sabor dessa corrente elétrica material modificada pela passagem através de diferentes materiais, seria, portanto, muito ácida como a urina, ou doce como o leite, ou picante como o vinagre.” (Bachelard, 2013, p. 131).

da manipulação afirmaram com a utilização de um termômetro digital termopar<sup>4</sup>, que as superfícies verificadas por contato, estavam com a mesma temperatura do ambiente.

### 2.1.2 Atividade Experimental Que Corroborar Com a Investigação do Perfil Epistemológico

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 questionamos-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 entrar 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

---

<sup>4</sup> 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.

estudante 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 seqüência didática e na organização do nosso espaço de laboratório.

#### 2.1.2.1 Particularidades do laboratório de Física do CEP

Para o entendimento de como a seqüência 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 vivências, 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 1: 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 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 vivências 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 prática 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 raciocínio objetivo, característica do raciocínio científico.

#### 2.1.2.2 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, veja o chamamento:

**Tabela 1: o chamamento com a intenção de conectar a disciplina de ciência cm o laboratório de física.**

**ADIVINHAÇÃO: QUEBRA - CABEÇA**

a) 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:

b) Agora monte o quebra-cabeça e escreva o que está observando: \_\_\_\_\_.

c) Complete a tabela a seguir com relação as características do mosquito da dengue.

**Quadro sobre as 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		

d) Escreva alguns sintomas apresentados por uma pessoa que contraiu o vírus da dengue:

e) Qual a diferença de uma pessoa com febre de uma outra sem febre?

Agora mostramos uma fotografia da montagem do quebra-cabeças:



**Fotografia 2: 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 a provocar um

meio tensionado entre a teoria e o empírico, para a investigação racional de conceitos da física. 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:

**Tabela 2: a problematização inicial conectando a disciplina de ciência cm o laboratório de física.**

<b>Está quente ou frio?</b>		
1. Apresentado os materiais complete a tabela, de acordo com a sensação de quente ou frio:		
<b>Quadro que representa a tabela de indicação se um objeto está quente ou frio.</b>		
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 sensorial, de um empirismo ingênuo:

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. 17).

De forma subjetiva, apontaram diferenças de temperatura para objetos de igual temperatura, assim de forma subjetiva com uma percepção 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 destruir 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:

**Tabela 3: experimento realizado pelos estudantes sobre sensação térmica.**

**4. EXPERIMENTANDO A SENSACÃO 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 3: estudantes contestando a intuição por sensação térmica. Fonte: Muchenski, J. C. Em 15 de agosto 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:

**Tabela 4: retomada do quadro inicial da problematização, mas agora com o instrumento objetivo de medida de temperatura.**

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 5: 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 ...**

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.

No encerramento do roteiro ainda propusemos uma pesquisa 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 em sala de aula e que o estudante compreenda que o entrelaçamento entre o teórico e o empírico no ensino de ciência é uma premissa.

### 2.1.3 O Aperfeiçoamento do Perfil Epistemológico

O momento escolar e o ensino de Ciência da forma tradicional, reforça o realismo ingênuo e empirismo claro que os estudantes apresentam no seu espírito pré-científico. Este contaminado de subjetividade das percepções imediatas e de intuições que formam uma representação impura e equivocada dos fenômenos. Da forma como é trabalhada no ensino fundamental fase I e fase II, apresenta indícios de que não proporciona aos estudantes uma formação alinhada com o raciocínio científico, este sim com uma racionalização e experimentação articulados por uma linguagem físico matemática que assim proporcionariam uma evolução do perfil epistemológico dos estudantes, e que os mesmos apresentariam traços de racionalismo na representação de entidades.

Afirmamos tais indícios pois ao apresentarmos aos estudantes a situação problema, nenhum dos estudantes questionou a fragilidade de indicar a temperatura através da intuição do tato, a sensação térmica e, alguém poderia apontar que não podemos generalizar tal afirmação e que também estaríamos cometendo um equívoco, pois nossa amostra é de apenas uma turma de estudantes. Porém essa sequência didática foi trabalhada em outras três turmas em 2008 e, repetimos a sequência nos anos seguintes nas turmas de sétimo ano de 2009 e 2010. Onde os resultados na investigação do obstáculo epistemológico não foram diferentes.

Interessamo-nos tanto por esse momento escolar, que não aperfeiçoa o raciocínio científico dos estudantes durante a escola básica, que transformamos em problema de pesquisa de dissertação de mestrado. E temos ciência de que os obstáculos epistemológicos que marcam o perfil epistemológico do estudante são particulares dele e, para haver maior credibilidade nas nossas afirmações utilizamos do Gaston Bachelard, que nos ensina que a evolução do pensamento é estruturada por uma sequência do realismo ingênuo (primeiro), passando por um empirismo

claro e passando para um racionalismo, tal evolução para cada entidade em particular.

Portanto não sejamos ingênuos na afirmação que revolucionamos o perfil epistemológico dos estudantes, mas podemos assegurar pelas conjecturas que ouvimos de estudantes em particular, quando os filmamos, que alguns conseguiram transpor alguns obstáculos e puderam aperfeiçoar seu perfil epistemológico em particular. Por exemplo, em todos os grupos de estudantes que desconstruíram a representação da sensação térmica como indicador se uma superfície estava quente ou fria, foram categóricos em afirmar depois da experimentação com os recipientes com água, que a sensação térmica deve ser substituída por um termômetro.

Com o manuseio do termômetro termopar como dispositivo para medir a temperatura das superfícies tabeladas, outra discussão interessante que surgiu nos grupos e que fomos testemunhas, foi que os estudantes especularam que possivelmente o termômetro estava “quebrado” ou “com defeito”, expressões que se repetiram em todos os grupos de trabalho. Indagamo-los do motivo de tal conjectura e esses nos responderam que o aparelho não estava registrando a temperatura das superfícies tabeladas, pois marcava sempre a mesma temperatura. Imediatamente propusemos que testassem o aparelho segurando a ponteira destinado a medir a temperatura das superfícies.

Não demorou para que percebessem que o termômetro estava funcionando, pois este indicava a temperatura periférica das pontas dos dedos. Então retomamos a discussão e colocamos para o grande grupo, se o termômetro estava medindo corretamente as temperaturas das superfícies, porque a indicação para elas era a mesma. Um instante de hesitação e então pedimos que voltassem aos seus grupos para conjecturar e logo os estudantes “andaimos” começaram a sugerir que não era por acaso que a temperatura das superfícies era a mesma do ambiente.

Retomamos a discussão no grande grupo e logo escutamos o que queríamos das representações dos estudantes “andaimos”, surge uma nova entidade relacionada com a temperatura, o chamado equilíbrio térmico. Expressão que escutamos em todos os grupos. É claro que nem todos os estudantes evoluem de forma igual o perfil epistemológico, pois este é particular e envolve tantas outras representações particulares. Porém existe indícios que todos evoluem em algum grau sua coerência racional. Os estudantes chegam a tal coerência com a manipulação da entidade e com a sua relação com outros domínios, como por

exemplo, na extensão do sentido tato pela substituição de um termômetro, que fornece um dado objetivo relacionado a entidade, ou então com a associação com outra entidade, o equilíbrio térmico.

Das especulações logo surgiu um outro questionamento honesto dos estudantes e, que evidencia um entendimento do processo experimental e, que apresenta um indício de um pensar característico do experimentador. O questionamento de que se as superfícies se encontravam na mesma temperatura e em equilíbrio com a temperatura ambiente do laboratório, como explicar o motivo de sentirmos as superfícies com temperaturas diferentes, ou seja, através do tato indicarmos se elas estão quentes ou frias?

Tal questionamento serviu-nos para pensarmos em uma outra sequência didática com uma problematização da condução térmica, portanto os estudantes estavam relacionando a entidade temperatura em outros domínios e com outras entidades, que eles ainda não possuíam uma representação, mas que quando as fossem apresentadas e experimentadas já teriam onde ancorar os novos juízos. É com este pensamento que apostamos em uma experimentação, na qual valorizamos o caminho processual, em que não há uma resposta final, mas momentos de especulações que são discutidas e experimentadas, valorizando o racional e o empírico, como elementos de aperfeiçoamento do raciocínio, pois acreditamos que o letramento científico adquirido na escola deve ser levado para toda a vida.

## 2.2 A TRADIÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE EXPERIMENTAÇÃO: NA MANIPULAÇÃO DA SEGUNDA LEI DE NEWTON

Charles Percy Snow ao escrever em 1956 o livro intitulado “As Duas Culturas” apontava um suposto crescimento da China e que este estaria associado ao processo de industrialização chinês e o investimento na revolução científica. Tal iniciativa chinesa teria proporcionado a autossuficiência em engenheiros e cientistas, o que estaria relacionado a sustentabilidade do seu crescimento econômico, embora Snow quando no outro livro *As Duas Culturas e Uma Segunda Leitura* tenha admitido uma análise superestimada do crescimento chinês, os fatos e a história no mínimo chamam a atenção para a sua previsão em termos polêmicos.

“Se deixarmos de lado a cultura científica, então o resto dos intelectuais ocidentais nunca tentou, quis ou conseguiu compreender a Revolução Industrial, muito menos aceitá-la. Os intelectuais, particularmente os literatos, são luditas

naturais. (...) [E]m todo o Ocidente, a primeira onda da Revolução Industrial rebentou sem que ninguém percebesse o que estava acontecendo. Claro que era (...) de longe a maior transformação na sociedade desde a descoberta da agricultura. De fato, essas duas revoluções, a agrícola e a científico-industrial, são as únicas mudanças qualitativas na vida social que o homem jamais conheceu. Mas a cultura tradicional não a notou, ou quando a notou, não gostou do que viu.” (SNOW, 1995, p. 41-42)

Nesta perspectiva apontou-se a possibilidade que ao proporcionar a revolução industrial e científica de uma comunidade, foi permitido que cada geração superasse a anterior, proporcionando melhores condições de instrução, de expectativa de vida e de bem-estar social e econômico<sup>5</sup>. Ainda para este mesmo campo de possibilidades a revolução industrial teria permitido a uma civilização que ainda “pisava” nos resquícios de uma sociedade agrícola, herança de uma sociedade feudal, na qual o indivíduo não tinha nenhuma perspectiva de crescimento, para um outro mundo cheio de novas possibilidades de crescimento pessoal e social. Escolhemos um exemplo reportado por Hacking (2012):

Ernst Abbe nos fornece o mais feliz exemplo de uma história do tipo “dos trapos à riqueza”. Filho de um trabalhador da indústria têxtil, ele aprendeu matemática e acabou recebendo uma bolsa para fazer o ginásio. Tornou-se professor acadêmico de matemática, física e astronomia. Seus conhecimentos de ótica o levaram a trabalhar para a pequena firma de Carl Zeiss, em Jena, e, quando Zeiss morreu, ele se tornou um dos donos, apresentando-se para levar uma vida de filantropia. Inúmeras invenções matemáticas e práticas de autoria de Abbe transformaram a firma de Carl Zeiss em uma das maiores do ramo da ótica. (Hacking, 2012, p. 289).

Diante do cenário como o chinês de revolução industrial e científica, países como os Estados Unidos investigando seus jovens estudantes através dos membros da N.S.F. (National Science Foundation) perceberam que em sua formação inicial demonstravam pouco ou nenhum conhecimento específico em matemática, física, química e biologia, constatado tais deficiências na formação acadêmica da escola básica propuseram uma renovação ao ensino de ciências e que depois influenciou movimentos similares nos países europeus e também para o Brasil através do IBCEC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura) e – UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura).

---

<sup>5</sup> É claro que não queremos neste trabalho propagar uma concepção ingênua sobre o desenvolvimento científico. Percebemos que além dos avanços relativos à industrialização e a revolução científica tivemos muitos retrocessos e entre eles, talvez o mais gritante: a questão ambiental. A própria China revela em loco estes contrastes, porém não é objetivo nosso aqui realizar uma discussão voltada a isso.

Então é através de uma força tarefa em 1956, formado por professores de nível médio e de professores universitários do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), foi formado o Physical Science Study Committee (PSSC), propondo a reformulação do ensino de Física, com uma proposta de rompimento com um modelo baseado na utilização do livro didático e na automatização do ensino de Física, para um modelo de ensino de Física associado à experimentação, como complementação do corpo teórico e com uma característica instrucional ingênua de um suposto laboro científico. Seguindo instruções bem definidas dos manuais, interpretado aqui por Kuhn (2013).

Embora raramente na sua forma original, hoje em dia essas realizações são relatadas pelos manuais científicos elementares e avançados. Tais livros expõem o corpo da teoria aceita, ilustram muitas ou (ou todas) das suas aplicações bem-sucedidas e comparam essas aplicações com observações e experiências exemplares. (KUHN, 2013, p. 71).

Na proposta outras estratégias seriam combinadas à experimentação, como a construção de material didático e produção de vídeo aulas para que melhorassem a enculturação científica. Para tanto houve esforços mútuos de cientistas, professores, técnicos em filmagem, fotógrafos, escritores, psicólogos e outros. E o foco do PSSC era a escola norte americano de nível médio.

Seguindo a tendência, um pouco depois surgiram outros grandes projetos curriculares para o ensino médio como o da Fundação Nuffield na Inglaterra, o Havard Physics Project, nos Estados Unidos e Projeto de Ensino de Física da Universidade de São Paulo, no Brasil. Este último foi patrocinado pela UNESCO e dava ênfase à elaboração de materiais e atividades experimentais.

O apontamento da influência um tanto exótica dos PSSC no ensino de física no Brasil, surgiram do contexto de investigação que apresentaremos, credenciado pelas minhas práticas profissionais com experimentação nos laboratórios de ensino de física do Colégio Estadual do Paraná (CEP) desde 2004. Nossas inquietações surgiram em torno da alta gama de práticas demonstrativas onde se propagavam relações de reprodução de roteiros de forma automática e de cunho similar com guias turísticos, com pouco ou nenhuma interação por parte dos estudantes, onde se perdia o papel de interação que um espaço destinado a um laboratório deveria possuir. Estas propostas de não interação e a concepção de experimentação na qual os roteiros e guias de experimentação eram forjados, ancorados para nós como hipótese, não poderia ser apenas uma coincidência.

Escolhemos para análise documental a demanda histórica dos arquivos do laboratório do CEP, a 2ª lei de Newton como uma fonte generosa de dados qualitativos, publicações de diferentes fontes ricas de dados para a nossa investigação. Conforme Phillips (1974) entende documentos: “Quaisquer materiais escritos que possam ser usados como fonte de informação sobre o comportamento humano” (PHILLIPS, 1974, p. 187).

Dentre os quais incluem – se os manuais de instrução do PSSC e os manuais de instrução na sugestão de roteiros de laboratório das empresas que produzem equipamentos para o laboratório tradicional de física<sup>6</sup>, e roteiros produzidos por professores de laboratório das instituições públicas de ensino que tivemos acesso para realização da pesquisa.

Uma vez delimitado o problema de investigação e da hipótese da não evolução dos roteiros da experimentação da 2ª lei de Newton, apesar de todo o avanço tecnológico e que está disponível em nosso laboratório, a escolha da análise documental pareceu vantajoso, vantagens entre as quais destaca – se uma fonte estável e rica, que perdura ao longo do tempo e que podem ser consultados várias vezes e com diferentes enfoques de interesse de pesquisa; além de apresentar como uma fonte contextualizada de informações e que utilizaremos para evidenciar e sustentar as afirmações que produziremos. Segundo Holsti (1969):

Quando duas ou mais abordagens do mesmo problema produzem resultados similares, nossa confiança em que os resultados reflitam mais o fenômeno em que estamos interessados de que os métodos que usamos aumenta. (HOLSTI, 1969 p. 17).

Portanto fazendo uma análise documental nos arquivos históricos do CEP, em particular a respeito da prática sobre a segunda lei de Newton, procuramos investigar e entender como foi o comportamento da experimentação nos últimos 50 anos. Portanto nosso problema de investigação se limitou a: Como se apresenta a

---

<sup>6</sup> Para Pinho (2000) trata-se da modalidade de laboratório didático mais difundido. Tal laboratório tem a característica de valorizar a participação dos estudantes, que são divididos em pequenos grupos. Entretanto apesar desta característica interessante de participação ativa por parte dos estudantes, a proposta é bastante “engessada”, por motivos óbvios da limitação do tempo destinado a experimentação e também pela restrição do roteiro experimental que deve ser rigorosamente seguido pelos estudantes. Tal roteiro é extremamente rígido na sua organização, em um formato de “guia de roteiro turístico”, o qual o estudante deve seguir e que na maioria das vezes é submetido à avaliação.

evolução dos roteiros de práticas experimentais da segunda lei de Newton para a educação básica nos últimos 50 anos?

Para tanto partimos dos processos históricos de orientações ou influências do ensino de física no Brasil partindo do PSSC e, a análise de seus desdobramentos nos roteiros até os dias atuais. Diante do denso material disponível focamos na experimentação associada à segunda lei de Newton, para identificar como características de como se faz ciência acabam permeando também nas concepções de como ensinar ciência? E como essas transposições didáticas de cada época interfere na sistemática e organização dos roteiros de instrução, que permeiam a atividade experimental no “chão” de salas de aula de física que promovem atividades experimentais afins com seus roteiros<sup>7</sup> de experimentação?

### 2.2.1 A Influência do PSSC no Brasil

O Brasil em processo de desenvolvimento nacional e seguindo uma tendência de que o caminho era a industrialização e a revolução científica, cria através do decreto federal n.º 9.355 em junho de 1946, o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), cuja proposta era de aperfeiçoar a formação científica dos estudantes da escola de nível médio, com a disciplina de Física fazendo parte do currículo, para o futuro ingresso nas universidades. Para tanto passou a elaborar livros didáticos e paradidáticos, e material para laboratório conforme a foto de um kit que faz parte do acervo histórico do laboratório do CEP.

---

<sup>7</sup> Que caracteriza – se pela valorização do relatório experimental. Guiado por descrição do aparato experimental, coleta de dados, construção de gráficos, determinação de constantes, análise de resultados e claro a seção dedicada aos “erros experimentais”.



**Fotografia 4: material de laboratório para estudo de movimentos orientados pelo IBECC.**  
**Fonte: Muchenski, J. C., 2013.**

O IBECC associado a UNESCO acompanhando o PSSC nos Estados Unidos, propuseram um curso de capacitação de professores na década de 60, e com a intenção que os professores cursistas se tornassem multiplicadores e difundissem a proposta do PSSC por todo o país, da demanda histórica que investigamos apontou que os professores do CEP foram influenciados pelo otimismo de um novo modo de ensinar ciências, em particular o ensino de Física. Em nosso acervo encontramos as caixas de experimentação e os manuais que as acompanhavam.

Os manuais do PSSC foram traduzidos para o português por uma equipe do IBECC na Universidade de São Paulo (USP) e o material experimental foi produzido através da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), fundada em 1966. Portanto tínhamos uma proposta de mudança para o ensino de Física, com proposta curricular, com novo material didático e uma proposta experimental.

Paralelo a produção de materiais através da FUNBEC, empresas privadas também passaram a elaborar material de laboratório, com manuais que convergiam

para a proposta do PSSC, como por exemplo Indústria – Comércio Bender Ltda.<sup>8</sup> E tais manuais deixavam claro o encaminhamento metodológico seguindo as tendências norte americanas, a seguir a imagem do manual com recomendações didáticas que acompanhava o material de laboratório e o manual de experimentos:



**Figura 2: contracapa do manual da Bender elaborados pelo Pe. Aloysio Vienken.**  
**Fonte : manual de experimentação da indústria e comércio Bender**

Agora um trecho na íntegra do autor dos manuais Bender Pe. Aloysio Vienken (1966):

---

<sup>8</sup> A empresa Otto Bender LTDA acompanhando a tendência norte americana, começa na década de 60, a fabricação dos chamados kits de experimentação para as disciplinas de Ciências e Física. Os aparatos experimentais eram acondicionados em caixas, que ficaram populares entre os professores que se engajaram de alguma forma nesta empreitada como “as caixas Bender” de experimentação. As caixas eram compostas duas de Mecânica, uma de Hidrostática, duas de Termologia, duas de ótica e duas de Eletricidade. E quanto aos manuais de instrução o Pe. Aloysio Vienken foi convidado para elaborá-los e também para ministrar cursos para utilização do material, para os cursos a empresa mantinha uma espécie de laboratório móvel montado em um ônibus. Na década de 70 “as caixas da Bender” ficaram bem conhecidas e foram adquiridas por inúmeras secretarias de educação de todo o país, entre elas inclui-se a secretaria de educação do estado do Paraná, que as distribuíram por várias escolas, entre elas o Colégio Estadual do Paraná.

“No ensino de Física, ao qual nos limitamos neste trabalho, a falta de meios e principalmente de tempo, não permite que o aluno adquira, nem em linhas gerais, o conhecimento amplo e sistemático por atividade própria, redescobrimo tudo aquilo que durante séculos foi descoberto pelos cientistas. Também neste caso o professor apresenta os resultados obtidos e, os prova. É claro e indispensável, não por afirmações ou deduções lógicas e sim por exemplos que ele mesmo dará em exposições demonstrativas. Estas não devem ser somente qualitativas, exposições de ilustração, mas devem ser também quantitativas, não ficando em nada aquém das experiências efetuadas pelo próprio aluno. Pelo contrário, as experiências demonstrativas são muitas vezes superiores por serem mais difíceis e inacessíveis à experimentação do aluno. ” (VIENKEN,1966, p. 4)

Outro trecho:

“O resultado deste esforço gigantesco foi esplêndido como era de se esperar. O entusiasmo pelo novo método foi tão grande que o PSSC organizou cursos até na América Latina, para que nós também participássemos dos benefícios do novo método.

Entre nós, foram feitos já diversos cursos e atualmente estes são organizados pelo IBECC, que fabrica e vende o material do curso. ” (VIENKEN,1966, p. 7)

Neste pequeno trecho do Pe. Aloysio Vienken, que é baseado na proposta do PSSC, um profissional que trabalhou com formação científica estava mergulhado em uma percepção de ensino de Física com a experimentação, que atualmente denominamos de visão popular ou tradicional da experimentação, a qual se fundamenta em características da tradição das “ciências indutivas”, (Hacking, 2012):

Originalmente, essa expressão significava que o investigador devia fazer observações precisas, conduzir com cuidado os experimentos e honestamente anotar os resultados, prosseguindo então no estabelecimento de generalizações e analogias e gradualmente elaborando hipóteses e teorias sempre desenvolvendo conceitos novos que lhe permitissem dar sentido aos fatos e organizá-los. No caso de as teorias sobreviverem a uma testagem subsequente, teremos aprendido algo sobre o mundo; poderemos até mesmo ser levados às próprias leis subjacentes da natureza. (Hacking, 2012, p. 62).

Nesta perspectiva no ensino de ciência, a experimentação ancorada em uma forma empirista um tanto ingênua, que apregoa ser possível gerar princípios indutivamente a partir da observação, ou seja leis e teorias a partir da experiência, foi produzido material de laboratório pela indústria Bender, e que a seguir apresentamos a imagem de um dos armários:



**Fotografia 5: armário da indústria Bender. Fonte: MUCHENSKI, J., C. 2013.**

E os guias de experimentação redigidos pelo Pe. Aloysio Vienken, convergente à proposta do PSSC que acompanhavam os armários com os kits de experimentação.

### 2.2.2 A Não Evolução do Roteiro Experimental Sobre a Segunda Lei de Newton

No laboratório do CEP inserido neste otimismo de mudança do ensino de Física, no contexto da década de 70, encontramos no acervo histórico materiais de laboratório do IBEC e da Bender, com os devidos manuais de recomendação para utilização dos materiais nas experimentações sugeridas, e escolhemos a experimentação da 2ª lei de Newton para acompanharmos a evolução ou não evolução da prática ao longo dos últimos 50 anos. E como tal experimentação vêm sendo sugerida pelos manuais que acompanham os materiais de laboratório e elaborados pelas empresas envolvidas na produção de tais materiais. Em um trecho do material traduzido do PSSC e que reproduzido na próxima imagem:

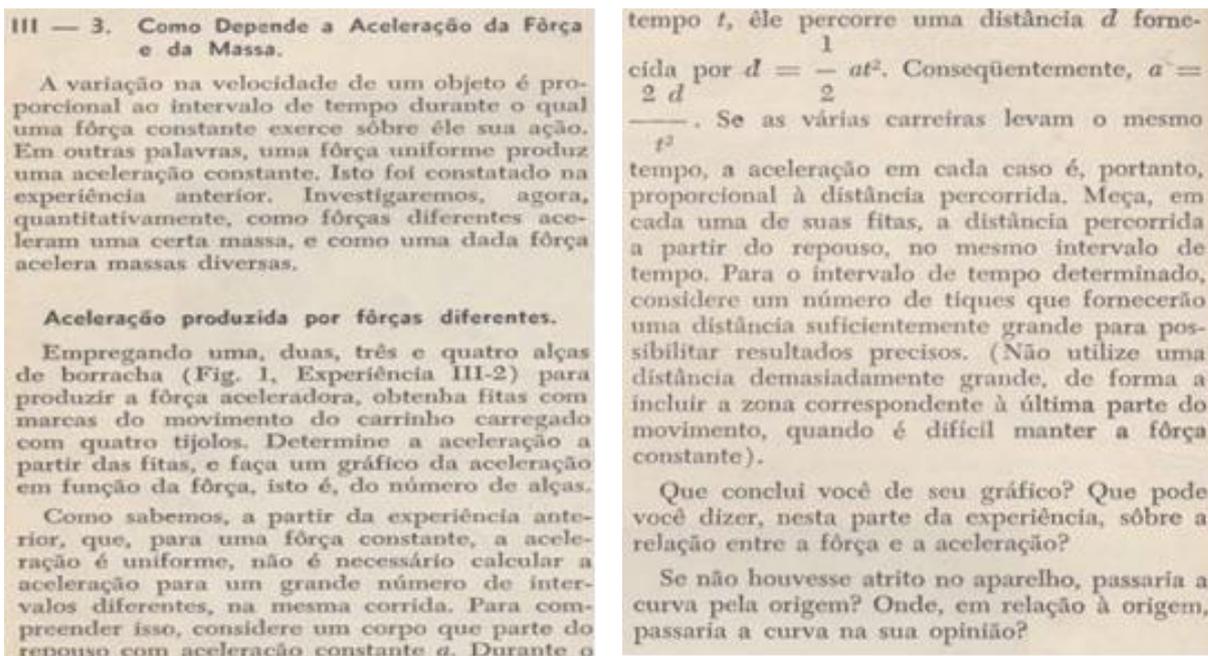


Figura 3: páginas retiradas do guia original, traduzidas do PSSC, com orientações sobre a segunda lei de Newton.

Fonte: tradução dos guias de laboratório para mecânica do PSSC, p. 164.

O encaminhamento da experiência objetiva medir tempos para deslocamentos de uma determinada distância, em que o carrinho é submetido às diferentes forças motoras, então com os dados de tempo calcula – se as respectivas acelerações e então é abordado sobre as relações entre força e aceleração, da qual deduz-se a segunda lei de Newton. Para melhor ilustrar a experimentação utilizaremos de uma figura do guia do PSSC que foi traduzido para o português e que apoiou os cursos de capacitação de professores brasileiros.

A marcação do tempo é realizada por um faiscador, os quais ainda existem no acervo histórico do CEP, além destes encontramos cronômetros de areia que também eram distribuídos pelo IBCEC, para experimentação de corpos em movimento em uma única dimensão.

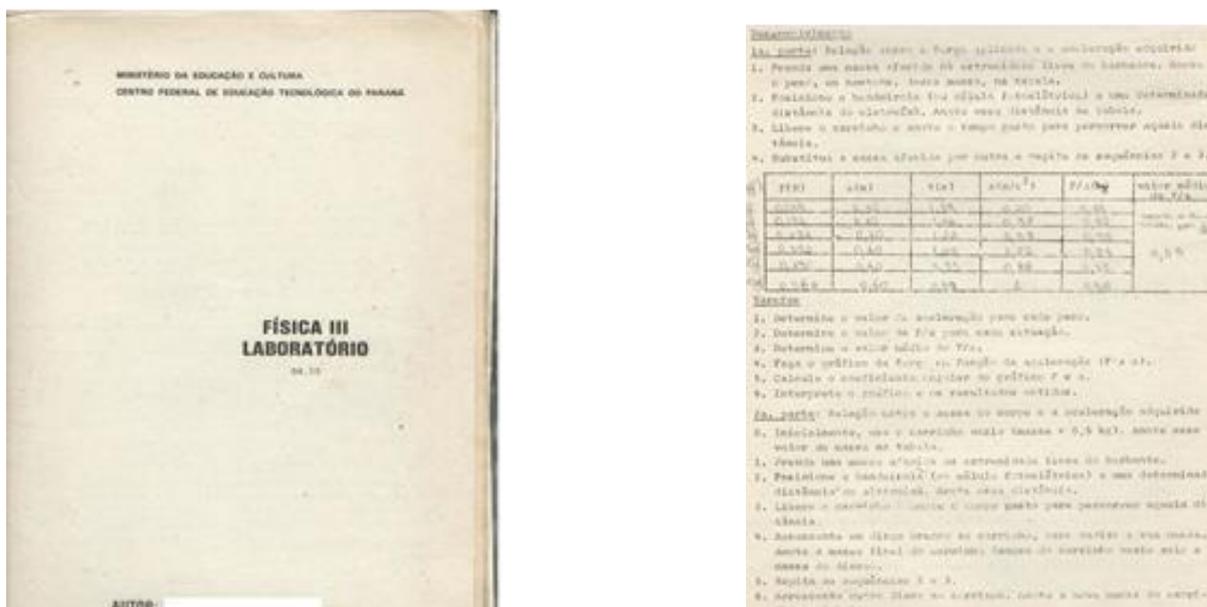


**Figura 4: página que representa a montagem experimental da 2ª lei de Newton, retirada da tradução do guia do PSSC.**

**Fonte: tradução dos guias de laboratório para mecânica do PSSC, p. 162.**

Este mesmo encaminhamento metodológico experimental de cunho que nos parece com características de um indutivismo ingênuo, foi desenvolvido no laboratório de Física do CEP, com roteiro adaptado de manual que acompanhava o artefato experimental e que era convergente com a orientação do guia do PSSC. Este mesmo encaminhamento experimental foi realizado em diferentes instituições de ensino, tal como o antigo CEFET – PR.

O roteiro de experimentação ilustrado foi utilizado até pelo menos o final da década de 80 para a documentação que tivemos acesso, subtraindo a organização do roteiro e o aparelho tecnológico utilizado para determinação dos tempos, a essência do roteiro é a mesma apresentada no guia do PSSC, ancorada também na percepção de experimentação tradicional no ensino de comprovação científica. Conforme o roteiro apresentado a seguir:



**Figura 5: páginas do manual de roteiros de experimentação de estudante do ensino médio do antigo CEFET –PR. Fonte: apostila de experimentação para estudantes do ensino técnico do CEFET – PR/1980**

A empresa que forneceu o aparelho experimental para o CEP e para o antigo CEFET - PR é a AZEHEB, empresa estabelecida em Curitiba há algumas décadas, e que seus fundadores estavam pela produção que aparece em suas sugestões de roteiros, inseridos no movimento de mudança do ensino de Física acompanhado da experimentação aparentemente na tendência do projeto PSSC.

Tal prática que procura demonstrar a segunda lei de Newton, parece-nos que seria muito mais rica se fosse manipulada pela experimentação em um caráter mais investigativo, entretanto não foi feito tal abordagem ao longo de décadas no CEP e também em algumas empresas que produzem e fornecem o artefato tecnológico para o CEP. E nos manuais instrutivos fornecidos por essas empresas como sugestão e que serão apresentados para corroborar nossos argumentos.

Agora já na primeira década deste século, debruçando-nos sobre os manuais e guias que acompanham os aparelhos tecnológicos que auxiliam a experimentação para o estudo dos movimentos, surpresa alguma em não encontrarmos nenhuma alteração em relação ao roteiro de experimentação que aborda a segunda lei de Newton, apresentaremos parte de um catálogo de uma das empresas que fornecem aparatos tecnológicos para nossa escola, a empresa AZEHEB, elaborado por H. P. A. Bukta (2009):



**Figura 6: página do guia de experimentação e de sugestões de roteiros do AZEHEB.**  
**Fonte: manual da AZEHEB com orientações de roteiros de experimentação, não paginado.**

Chama-nos a atenção que em todos estes anos, desde a tradução dos guias dos PSSC para o português na década de 60, e a influência em termos exóticos que repercutiu no ensino de física do País e nas empresas que passaram a produzir material para a experimentação em física, até os anos mais recentes como visto nos manuais do AZEHEB, não houve muitas mudanças, perpetuou – se a prática da experimentação de comprovação científica.

Interessante que não somente no Brasil, mas também encontramos essa tendência, em pelo menos uma parte do ensino norte-americano, que utilizam ainda das orientações contidos nos manuais dos PSSC. Na busca de informações sobre o projeto PSSC, acabamos pesquisando sites norte americanos e fica claro o quanto o projeto influenciou e influencia parcialmente o modo de ensinar física naquele país.

Chamamos a atenção que somente interessou uma sondagem rápida em relação a influência dos PSSC naquele País, pois não é o mote da nossa pesquisa o sistema de ensino norte americano, mas foi do nosso interesse em ilustrar a pesquisa, se ao menos parcialmente havia uma continuidade do projeto original que

iniciou naquele país. Mas não podemos deixar de colocar aqui a nossa impressão a respeito.

Investigando o site disponível em <http://www.physicsclassroom.com/lab/newtlaws/NL4tg.pdf>, com acesso em 18 de ago. 2013. Site que reúne informações para professores e estudantes, a respeito de material didático para a Física e também de experimentação para a Física, ater-nos-emos com foco na segunda lei de Newton, para corroborar com o nosso discurso utilizar-nos-emos de um trecho do site relativo a orientação de experimentação para professores, em seguida teceremos comentários que amarram com a trama proposta.

#### The Laboratory

### F-m-a Lab Teacher's Guide

#### Topic:

Newton's Laws of Motion

#### The following information is provided to the student:

##### Question:

What effect does varying force and varying mass have upon the acceleration?

##### Purpose:

To use experimental data to determine the mathematical equation which relates force, mass and acceleration.

A complete lab write-up includes a Title, a Purpose, a Data section, a Conclusion, and a Discussion of Results. The Data section should include two acceleration-force graphs (one for each mass) with a sketch of the plotted points, the best estimate on the slope of the line, and an indication of the mass of the cart. Class data should be included for the other lab groups. The Conclusion should respond to the question raised in the Purpose of the lab (as always). The Discussion of Results section should reference the Data section and thoroughly discuss the supporting evidence for the conclusion. The effect of mass and the meaning of the slope of the line should be clearly discussed.

Figura 7: roteiro sobre a segunda Lei de Newton de 2009.

Fonte: do site associado ao PSSC/ <http://www.physicsclassroom.com>

Permitimo-nos o recorte integral pela relevância em comparar com os guias do PSSC, que foram traduzidos na década de 60 e que influenciaram profissionais brasileiros que trabalhavam com experimentação de Física, seja como docentes e/ou como produtores de material didático para experimentação de Física, evidência que aparece nos roteiros e manuais para experimentação que acompanhavam os materiais didáticos e que eram trabalhados nos laboratórios para experimentação de

Física. Para facilitar as analogias ainda permitir-nos-emos colocar a tradução do trecho relativo à descrição dos procedimentos do original em inglês:

Tradução: com pequeno atrito o carrinho é colocado sobre a pista que o acompanha. A força probe, é montado no carrinho e conectado na interface com o computador. Um detector de movimento é colocado perto do final da pista. O software, programa que acompanha a interface, equipado para manipular para construção do gráfico com dados de aceleração (eixo vertical) como uma função da força (eixo horizontal). Dados são coletados com a força probe, O equipamento detecta a força e o correspondente movimento em parcelas de tempos reais. A reta correspondente ao gráfico é obtida. A seção relevante do gráfico é destacada e por regressão linear é determinado a inclinação da reta. A equação da reta é determinada considerando a inclinação da reta. A massa e a força (combinado) é determinada. O procedimento é repetido adicionando massas no carrinho.

Aqui qualquer semelhança da proposta do [http://www.physicsclassroom.com/\(2009\)](http://www.physicsclassroom.com/(2009)) e com os guias traduzidos do PSSC pelo Pe. Vienken, não é mera coincidência, descartando alguns encaminhamentos a proposta é muito similar, com a mesma ideia de construção do gráfico a partir da coleta de dados, gráfico de força e aceleração, e da inclinação da reta retirar a relação entre força e aceleração, portanto a segunda lei de Newton.

O método ignora o conhecimento prévio dos estudantes que passado as primeiras instruções, “já não resta lugar para o senso comum, nem se ouvem as perguntas do leitor. Amigo leitor será substituído pela severa advertência: preste atenção aluno! ” (Bachelard, 2013, p. 31). O roteiro de experimentação é que comanda de uma forma que transparece a atividade como natural; “mas não é natural. Já não é ciência da rua e do campo. É uma ciência elaborada num mau laboratório, ” (Bachelard, 2013, p. 30). Que de certa forma é desligado das observações primeiras dos estudantes.

Do mesmo modo, a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotonamente verdadeira, sem discussão, para que serve? A experiência científica é, portanto, uma experiência que contradiz a experiência comum. Aliás, a experiência imediata e usual sempre guarda uma espécie de caráter tautológico, desenvolve-se no reino das palavras e das definições; falta-lhes precisamente esta perspectiva de erros retificados que caracteriza ao nosso ver, o pensamento científico. (Bachelard, 2013, p. 14).

O roteiro não se problematiza e passa a impressão de uma lei geral provada naturalmente, bloqueia as ideias e que constituirá um obstáculo à aprendizagem. A

falta da problematização e o roteiro que responde “de modo global, ou melhor responde sem que haja pergunta”, (Bachelard, 2013, p. 71).

De fato, no ensino elementar, essa lei é o estágio no qual estancam os espíritos de pouco fôlego. A lei é tão clara, tão completa, tão fechada, que não se sente necessidade de estudar mais de perto o fenômeno.... Com satisfação do pensamento generalizante, a experiência perdeu o estímulo. (Bachelard, 2013, p. 71-72).

Acaba restando apenas um avanço com a tecnologia que está sendo utilizada com toda a sua praticidade na coleta de dados, e com a facilidade da construção gráfica através da interface com o computador. Para reforçar a argumentação citamos Pinho (2000):

“As conclusões são, muitas vezes, tiradas em casa, longe dos aparelhos e do fenômeno. A conclusão torna-se difícil, assim como a análise detalhada dos dados obtidos, porque o fenômeno fica reduzido a um conjunto de números”. Continua a crítica ao colocar que “Para um físico treinado, o qual viveu o fenômeno durante meses, estes números são excelentes representações do próprio fenômeno e ... para o estudante meros esquemas, com pouca ou nenhuma representatividade do fenômeno real.” (PINHO, 2000 p. 65-66)

Desta forma ao tratarmos do laboratório, e não tratado no sentido mais tradicional de manipulação de aparelhos experimentais, mas em um sentido mais amplo incluindo a concepção de ensino de ciência na qual o laboratório está inserido. Ou seja, o importante como não se resume a manipulação de objetos e artefatos concretos, e sim o envolvimento comprometido com respostas/soluções bem articuladas para situações problematizadas colocadas, em atividades que podem com o aparelho concreto de experimentação, ou ser puramente de pensamento.

Como abordamos em particular na exploração experimental da segunda lei de Newton, que cumpre o seu papel em termos de metodologia do uso do aparelho experimental, atendendo aspectos de motricidade e de aperfeiçoamento de habilidades mecânicas no uso do aparelho conforme apontado por Pinho (2000):

Mesmo com críticas, existe um consenso entre os professores em geral, que assumem a validade do laboratório tradicional frente a objetivos como (a) possibilitar que o aluno interaja com o equipamento; (b) verificar (comprovar) leis e princípios físicos; (c) habilitar os estudantes no manuseio de instrumentos de medidas; (d) oferecer suporte às aulas e/ou cursos teóricos. Dois dos objetivos estão relacionados com manipulação ou com algum tipo de habilidade motora, e podem, portanto, ser atingidos de outra forma que não a do laboratório. Um objetivo está ligado à comprovação, e não oferece novidade de conteúdo, limitando-se a verificar a validade da lei ou princípio físico. (PINHO, 2000, p. 66).

Mas que com sua sistemática e organização deixa a desejar em termos de aprendizagem, pois torna rígido o trabalho do professor e dos estudantes, o professor por priorizar determinados aspectos do conteúdo e pelo tempo que tem

disponível para trabalhar o experimento, e os estudantes preocupados e focados na parte mais técnica, que a utilização do aparelho como obstáculo exige.

No próximo capítulo apresentaremos uma alternativa para o ensino de física para o CEP, com uma metodologia de ensino experimental e teórico, não deixando a experimentação em segundo plano, equiparando-a com o corpo teórico, pois consideramos que a experimentação possui particularidades que pode contribuir com uma cultura de laboratório, no letramento científico dos estudantes.

Ainda limitar-nos-emos entorno da lei fundamental dos movimentos, e consideramos necessário escrever com um outro olhar para a mecânica de Newton, considerando aspectos do mundo cultural, social, econômico que constituía o mundo em que o “Principia” de Newton foi escrito, com a intencionalidade de apontar possíveis fatores que influenciaram a maneira como o Newton pensava sobre o seu mundo e sua mecânica. Obviamente não é nossa intenção e nem nosso propósito neste trabalho superar os historiadores e filósofos da ciência, entretanto sentimos a necessidade de conectar com o mote da pesquisa, em termos da segunda lei de Newton, experimentação e perfil epistemológico, portanto peço que compreendam essa pequena inserção a respeito de Newton e sua mecânica.

## **CAPÍTULO 3**

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 DEMANDA HISTÓRICA, SOCIAL E ECONÔMICA: E O MUNDO MECÂNICO DE ISAAC NEWTON

Podemos apontar indícios para reflexão de como provavelmente foi influenciado o perfil epistemológico de Newton, influências sociais e econômicas, que o artigo de Boris Hessen apontou, intitulado “As raízes sociais e econômicas do Principia de Newton”, que foi um marco de uma nova avaliação da história da ciência, um importante ramo da ciência que se utiliza de forma explícita uma metodologia marxista.

Nossa tarefa consistirá em aplicar o método do materialismo dialético e a concepção do processo histórico criada por Marx, para uma análise da gênese e desenvolvimento do trabalho de Newton em conexão com o período no qual ele viveu e trabalhou. (Hessen, 1984, p. 38).

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 gênero 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. Conseqüentemente, 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”<sup>9</sup>? 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 sentido kuhiano e que buscava soluções para esses problemas. E que no exercício do seu ofício, ajudou o aperfeiçoamento do seu estilo de raciocinar. 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

---

<sup>9</sup> 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).

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.

### 3.1.1 O Livro do “Principia” e a Lei Fundamental dos Movimentos

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 modo de raciocinar newtoniano, 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”.

### 3.1.2 Galileu Racional e/ou Empírico?

Reconhecemos na produção de Newton e não poderia ser diferente, aqueles que o ajudaram a fundamentar o “Principia”, com os tipos teóricos que Newton engendrou com o seu gênero de raciocínio e uma abstração especializada, mas que tinham inspiração naqueles que apontaram as primeiras impressões, muitas vezes trabalhadas à exaustão.

Em relação a Galileu encontramos muito dessa influência, porém o que nos interessa a princípio é em relação com o que acreditamos, é a soma do racional e o empírico, embora exista uma controversa em relação ao Galileu teórico e o Galileu empírico, para iniciar nossas reflexões a respeito da influência racional e experimental que chamaram a atenção de Newton para a figura de Galileu, citarei Pierre Thuillier (1994):

Galileu Galilei (1564 – 1642) é uma das principais figuras do panteão científico do Ocidente. Não só deu importantes contribuições à astronomia e à física, como é considerado um dos fundadores do método experimental. Esta ideia é muito difundida e tem fundamento; de fato, o próprio Galileu descreve as experiências que teria realizado. Alguns historiadores das ciências, contudo, lhe fazem restrições. Segundo dizem, as experiências de Galileu desempenharam um papel secundário em suas pesquisas. Eles chegam mesmo a sugerir que era impossível, com os recursos técnicos da época, fazer experiências eficazes. Outros historiadores, ao contrário, estimam que a reputação de Galileu nesse domínio tem todo o mérito. Para prová-lo, repetiram suas experiências e estudaram seus manuscritos

inéditos. Terá Galileu verdadeiramente recorrido ao método experimental? (Thuillier, 1994, 115).

Arriscamo-nos em chamar para mote da nossa pesquisa um assunto controverso, entre partidários do Galileu Experimentador que “afirmam que suas ideias lhe ocorreram ao manipular bolas e planos inclinados, animado pela constante preocupação de dialogar com os fatos”, (Thuillier, 1994, p. 117).



Figura 8: afresco de Giuseppe Bezzuoli aqui reproduzido, tem a intenção de representar um dos supostos experimentos de Galileu, na presença de Giovanni de Médici.  
Fonte: [http://www.artinvest2000.com/bezzuoli\\_giuseppe-galileo-piano-inclinato.html](http://www.artinvest2000.com/bezzuoli_giuseppe-galileo-piano-inclinato.html)

E dos partidários do Galileu teórico que se “Galileu formulou corretamente uma teoria do movimento, é porque foi antes de tudo um teórico, capaz de fazer especulações ousadas sobre os fenômenos”, (Thuillier, 1994, p. 117).

Pensamos que vale o risco, pois Galileu mostra nuances de um teórico e experimentador, que estabelece um movimento de representação de um Galileu teórico e/ou um Galileu Experimentador, que sim é do nosso interesse como intercâmbio e retroalimentação. Com exemplos de um preciosismo inerentes do perfil de um experimentador quando descreve experimentos com o plano inclinado, que tenha ele realizado de fato ou descrito de forma a enfeitar o seu corpo teórico ou melhor enfeitar uma experiência imaginária, atingiu seu objetivo inspirando-nos a defender um ensino de física racional e empírico e que acreditamos ter também influenciado o pensamento de Newton.

Escolhemos refletir sobre o experimento do plano inclinado, que para os dias de hoje é considerado pela física, um dos problemas mais fáceis, porém para a

época de Galileu e conforme destacaremos não foi. Galileu com a sua ciência teve que aperfeiçoar seu perfil epistemológico. “Pois, no final do século XVI e início do século XVII, várias teorias que hoje nos parecem muito estranhas eram ensinadas na universidade”, (Thuillier, 1994, p. 118):

Não é possível resumi-las aqui (a teoria dos “lugares naturais”, de Aristóteles, ou a teoria do “impetus”, mas tardia). Mas uma coisa é certa: Galileu, para criar sua “ciência nova” da mecânica, deve ter encontrado muitos obstáculos e precisou inventar esquemas muito diferentes dos que aprendera com seus estudos. Para falar a verdade, a ideia de estudar “matematicamente” os diversos movimentos já existia. Mas faltava vencer uma etapa decisiva e operar, essencialmente, uma “geometrização” eficaz da mecânica elementar. (Thuillier, 1994, p. 118).

Não há como ignorar como Galileu deve ter contribuído na formação do pensamento de Newton, pois admitindo que Newton passou pela fase de intuições e empirismos primeiros e da influência ainda da Escola Peripatética na formação do seu senso comum, a “ciência nova” de Galileu deve ter ajudado a vencer seus próprios obstáculos em relação aos tipos teóricos que eram do seu interesse.

Agora queremos voltar ao possível perfil de experimentador de Galileu e escolhemos relatar auxiliado por Thuillier (1994), algumas descrições e decisões, que apontam indícios de um experimentador, solucionando e indicando acertos, característicos daquele que manipula o aparelho experimental, e que decide ajustes para criar o fenômeno em um sistema fechado, modelando livre de influências externas, com a intenção de observar o comportamento de uma porção delimitada da natureza. Que a princípio:

O objetivo de nosso autor (quer dizer, de Galileu) era “*somente nos fazer compreender que ele quis descobrir e demonstrar algumas propriedades de um movimento acelerado (qualquer que fosse a causa de sua aceleração), no qual a grandeza da velocidade cresça o mais simplesmente possível, na proporção mesma do tempo e no qual (o que vem a dar no mesmo) em tempos iguais verificam-se adições iguais de velocidade*”. (Thuillier, 1994, p. 119).

Este trecho referente a obra de Galileu *Discursos sobre duas novas ciências*, reflete um pouco a representação de mundo que Galileu influenciou, em que as pessoas com suas crenças deslumbravam esse mundo. E embora os historiadores da ciência não tenham chegado a um consenso, sobre Galileu tenha realizado concretamente experimentos ou apenas de pensamento, a crença dele experimentador influenciou aqueles que o sucederam, entre eles o Newton.

Para evidenciar os motivos que as pessoas creem em um perfil de Galileu experimentador, crença alicerçada na forma como ele descreve detalhes do experimento que forma uma imagem concreta dele manipulando o aparelho

experimental, tendo ele estado lá ou não. Permita-nos reproduzir um trecho da obra *Discursos sobre as duas novas ciências*, que retiramos do livro de Thuillier (1994):

*“Em uma régua, ou mais exatamente uma viga de madeira, medindo cerca de seis metros de comprimento e com a espessura de três dedos, cavamos um pequeno canal com pouco mais de um dedo, perfeitamente retilíneo; em seguida o guarnecemos com uma folha de pergaminho bem lustrosa, para torna-lo o mais escorregadio possível, e deixamos correr sobre ele uma bola de bronze bem duro, perfeitamente redonda e polida. Colocando então o aparelho numa posição inclinada e elevando uma das suas extremidades a 50 cm ou um metro acima do horizonte, nós deixamos, como já disse, a bola rolar sobre o canal, anotando (...) o tempo necessário para uma descida completa; a experiência foi repetida várias vezes, a fim de determinarmos exatamente a duração do tempo, mas sem que nunca descobríssemos uma diferença superior à décima fração de um batimento de pulso. Depois de colocar a bola no lugar e tomar essa primeira medida, fazíamos com que ela descesse somente a quarta parte do canal: o tempo medido era sempre e rigorosamente igual à metade do tempo precedente. Em seguida, variamos a experiência, comparando o tempo necessário para percorrer a metade e dois terços, ou três quartos, ou uma outra fração; repetindo essas experiências mais de cem vezes, verificamos sempre que os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos, fosse qual fosse a inclinação do plano, ou seja, do canal pelo qual se fazia descer a bola. (Thuillier, 1994, p. 120 - 121).*

Na rica descrição de Galileu reconhecemos o habilidoso experimentador, tenha ele realizado a experiência ou apenas a idealizado, iniciamos apontando como ele solucionou a dificuldade de trabalhar com um corpo em queda, devido à dificuldade de tomadas de tempo, que hoje a cronometramos com fotogates. Mas que na época não havia ao mínimo um cronômetro manual e que ele resolveu estudando o movimento em um plano inclinado com pequena inclinação, e utilizando de um suposto grande balde de água. “A água escoava por um orifício feito no fundo e era em seguida pesada, com a ajuda de uma balança muito sensível”, (Thuillier, 1994, p. 121). Com o conhecimento as quantidades de água coletadas, “era possível determinar as diferenças e proporções entre os tempos”, (Thuillier, 1994, p. 121).

Outro aspecto que nos chama a atenção para a criação do fenômeno descrito por Galileu, foi o cuidado em isolar o sistema, “é preciso ainda que o canal seja perfeitamente retilíneo... É preciso, além disso, estar seguro de que deslizamentos “parasitas” não irão perturbar a trajetória da bola”, (Thuillier, 1994, p. 134). E ainda com a intenção de aprimorar o experimento trabalhava com um forro de pergaminho bem polido que cobria o canal, e para a configuração do plano inclinado ele conseguia variar a altura inicial que soltava a esfera de cobre esférica e bem polida. Agora cabe a seguinte pergunta, para que Galileu dava-se a todo esse trabalho minucioso real ou imaginário com o plano inclinado?

“Segundo Stillman Drake, ele queria testar a ideia de que o móvel prossegue uniformemente seu movimento horizontal se não encontrar nenhuma resistência”, (Thuillier, 1994, p. 134). Tal especulação possivelmente verossímil devido ao depoimento de Galileu, que depois Newton elaborou como o princípio da inércia, em uma das especificidades de movimento retilíneo uniforme. E que Galileu sem utilizar dessa denominação inércia, observava ou imaginava observar, nas esferas que caíam no “chão duro e bem nivelado (lajes de mármore polido, por exemplo)”, (Thuillier, 1994, p. 134). Discutirmos da experimentação concreta ou de pensamento de Galileu não é da nossa seara, o que nos interessa é quanto essa imagem influenciou na representação que Newton formou em relação à experimentação e quanto ela pode ser um caminho de troca e de aproximação com a teoria, uma retroalimentando a outra.

Em outras palavras, os físicos não têm a faculdade de encontrar os “princípios”, as “teorias” e as “leis” à luz de uma razão absoluta e transcendente. Como todo mundo, eles podem se enganar em suas especulações, e nenhum critério superior lhes garante evitar o erro ... Isto quer dizer que “a experiência”, às vezes sob modalidades muito complexas e indiretas, tem seu papel, Galileu, como seus sucessores, elaborou uma dialética que tinha a razão num dos polos e no outro a prática experimental (sob a forma de experimentações propriamente ditas ou de observações bem formuladas). ... Como diz Maurice Clavelin, não há motivos para crer que Galileu considerava os “princípios” de sua ciência como conhecimentos inatos: “Esses princípios não são nem impostos à força à realidade, nem simplesmente induzidos pela observação: trata-se de construções racionais, solidárias com uma experiência analisada em minúcia, e que o físico pode converter, em seguida, em linhas mestras para uma compreensão efetiva dos fenômenos naturais.” (Thuillier, 1994, p. 129).

Convencidos o suficiente da ascendência de Galileu sobre Newton em termos de uma nova ciência e uma nova metodologia de investigação racional e empírica, avançaremos no que influenciou o pensamento newtoniano, e não poderíamos deixar de mencionar a contemporaneidade teológica e alquímica de pano de fundo da produção acadêmica de Newton, e que abordaremos na próxima subseção.

### 3.1.3 Pressupostos da Teologia e da Alquimia que Influenciaram as Representações de Newton a Respeito do Mundo

Na produção acadêmica de Newton não é incomum encontrarmos referências teológicas, mesmo no “Principia” estão lá. E tantos outros textos encontramos referências sobre alquimia, claro que não intencionamos levantar

hipóteses que deponham contra a contribuição de Newton para a física, mas quanto desse envolvimento com uma metafísica pode ter colaborado com o Newton especulador, modelando certos aspectos da natureza, e provocando um diálogo entre o racional e o empírico, e de como Newton elaborou sua filosofia experimental?

Certamente foi observando, experimentando e calculando. Mas também recorrendo a múltiplas especulações. Já há muito tempo os historiadores da ciência assinalaram o papel das ideias religiosas no pensamento de Newton. Por diversas vezes, ele afirmou que o espaço era *sensorium Dei*: em outras palavras, Deus está presente em toda parte na natureza e pode agir sobre ela à sua vontade. Mas Newton não foi apenas um cristão. Como Lord Keynes escreveu em 1947, é bem possível que tenha sido também “o último dos magos”. Ele deixou, de fato, um número considerável de manuscritos sobre alquimia, e foi como um adepto que fez experiências. Embora alguns historiadores sejam reticentes, pesquisas empreendidas nos últimos vinte anos sugerem fortemente que Newton deve muito aos autores herméticos e até mesmo os utilizou em benefício da sua ciência. (Thuillier, 1994, p. 147).

Interessa-nos apenas do pensamento teológico ou alquimista, como pressupostos que podem ter contribuído na ciência de Newton, portanto descartaremos aspectos negativos que poderiam representar de forma pictórica um Newton que não aparece na sua produção no campo da Física. “Concretamente, isso significa que existem armadilhas a serem evitadas: seria lastimável substituir um mito “racionalista” por um mito “alquimista”, (Thuillier, 1994, p. 151). Mas tais pressupostos epistemológicos não podem ser negados, e não sejamos ingênuos que Newton alienava-se ao mundo que o cercava, este que se alicerçava na escolástica da Escola Peripatética e nas intuições animistas destacados pela alquimia e sua crença na força vital. “Ele escreveu 1.200.000 palavras sobre esta pseudociência! É muito. Mesmo sobre temas religiosos que o apaixonavam, foi menos copioso”, (Thuillier, 1994, p. 151).

Inclusive tal abordagem reforça o quanto Newton foi virtuoso no seu esforço de exorcizar suas intuições primeiras e seus primeiros empirismos, normalmente equivocados e aperfeiçoar seu perfil epistemológico, de uma quantidade considerável de tipos teóricos no campo da Física. O próprio Newton parecia ter consciência dos obstáculos que teve que superar e o cuidado de não voltar a cometê-los por tentação animista, de origem teológica ou alquímica, Thuillier chama-nos a atenção para essa clareza do pensamento newtoniano:

No “Scholium generale” do livro III dos Principia, ele escreveu com efeito esta fórmula que se tornou célebre: “Hypotheses non fingo” (“Eu não finjo hipóteses”). Significa que, de um ponto de vista científico escrito, só contam

as relações descobertas matematicamente graças a observação rigorosa dos fenômenos. Sobre isso, Newton foi bastante claro: *“tudo que não é deduzido dos fenômenos deve ser chamado de hipótese; e as hipóteses, seja, metafísicas ou físicas, digam respeito às qualidades ocultas ou às mecânicas, não têm lugar na filosofia experimental.”* Abstenhamo-nos, portanto, de especular arbitrariamente sobre as causas ...; contentemo-nos em descobrir as leis matemáticas que exprimem o funcionamento da natureza e permitem fazer previsões exatas. (Thuillier, 1994, p. 169).

Delimitado nosso interesse em investigar os pressupostos que contribuíram para o racionalismo de Newton, vamos apontar possíveis indícios desses na sua ciência, e lembrando que estamos especulando a fim de ilustrar que a formação do espírito científico é um processo de aperfeiçoamento de perfis epistemológicos de vários tipos teóricos e em diferentes graus de aperfeiçoamento:

Não estamos aqui perante um caso geral; inquéritos psicológicos precisos, levados a cabo ao nível de noções particulares, provariam a existência de curiosas desarmonias mesmo entre os espíritos mais bem formados. Não é certo que todas as noções logicamente claras sejam, do ponto de vista psicológico, igualmente claras. O estudo sistemático dos perfis epistemológicos evidenciaria muitas oscilações. (Bachelard, 2009, p. 43).

E como o entendimento desse processo, ajudar-nos-á na elaboração de uma metodologia de ensino de física que considere e admita o conhecimento prévio dos estudantes e o quanto é difícil aperfeiçoar o perfil epistemológico desses estudantes. Consideramos importante citar algumas realizações de Newton que podem corroborar da representação de uma imagem de Newton, diferente daquela de endeusamento de um Newton gênio, que ao nosso ver não contribui para o chamamento dos estudantes para o campo físico-matemático da ciência que nos interessa, vamos mais longe diria que tal imagem de Newton genial cria um obstáculo aos estudantes para estudar a mecânica.

Vamos iniciar por um tipo teórico do nosso interesse, a força que Newton esmiuçou no “Principia”, em particular a força de interação à distância entre massas, cujo valor das leis matemáticas engendradas por Newton, apesar da resistência foi reconhecido. “Mas Leibniz, para citar um caso típico, censurou-o por ter reintroduzido, no bojo da atração universal, as qualidades ocultas”, (Thuillier, 1994, p. 154). Duas massas atraindo-se à distância? Quanto mistério, e Newton foi acusado de ocultismo. “A acusação era grave: recorrer a uma força oculta era, aos olhos dos partidários de Descartes, uma monstruosidade epistemológica”, (Thuillier, 1994, p. 154). Que os acusadores de Newton, afirmam tratar-se de um recurso da velha metafísica ou da magia.

Entretanto com o engendramento de Newton a respeito do tipo teórico força, ele encerrou em relação a queda dos corpos, o que Galileu tinha iniciado. “Em outras palavras, para que a cinemática de Galileu se tornasse uma teoria mecânica de pleno direito era preciso acrescentar-lhe uma dinâmica”, (Ben – Dov, 1996, p. 35). O livro do “Principia” continha uma teoria mecânica completa:

Permitindo em princípio calcular exatamente o movimento de qualquer corpo submetido a uma força. Essa teoria trazia também uma resposta a importantes questões deixadas pendentes por Galileu. Por exemplo, Aristóteles explicava a queda dos corpos na Terra invocando a tendência de eles alcançarem seu lugar natural, a saber, o centro do universo, centro aliás que coincidia com o da Terra. (Ben – Dov, 1996, p. 35).

O sistema de crenças que Newton escolheu para entender a realidade do mundo mecânico e as verdades que escolheu para explicar esse mundo, mostra que as vezes o físico deixa a manipulação das suas entidades teóricas e observáveis experimentais e vai para a filosofia, com a “epistemologia (racionalidade) ou à metafísica (verdade e realidade)”, (Hacking, 2012, p. 192). De qualquer forma como o Newton representa imagens do seu mundo contribui para realizar o fechamento do problema de queda dos corpos iniciado por Galileu.

Ainda tratando sobre a força na física de Newton, e pensar na atração universal como uma atração de massas à distância, a crença nessa interação “foi em parte por acreditar nos princípios ativos dos alquimistas”, (Thuillier, 1994, p. 157). Em parte de um texto destinado ao Principia:

Newton escreve: “Existe um espírito infinito e onipresente, no qual a matéria é movida segundo leis matemáticas.” Uma vez que se tenha em mente esta epistemologia, torna-se mais fácil compreender a atitude de Newton para com a alquimia. (Thuillier, 1994, p. 157).

Com a retificação de Newton às primeiras noções de movimento completamente livres de forças imprimidas, corrigindo Galileu que admitia o movimento circular dos planetas como livres de forças, além dos movimentos retilíneos e uniformes, únicos admitidos por Newton. “Newton propôs-se então a construir uma mecânica que fornecesse as mesmas leis que Kepler havia deduzido das observações”, (Ben – Dov, 1996, p. 37):

Como os planetas não descrevem linhas retas, havia necessariamente uma força responsável por seus movimentos elípticos. Newton demonstrou então que essa força está orientada para o sol e sua intensidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância ao Sol. Assim, ele explicou ao mesmo tempo a forma elíptica das órbitas planetárias e a relação entre seus eixos e seus períodos de revolução. (Ben – Dov, 1996, p. 37).

Orientados por Bachelard (2013) não nos surpreendemos com as crenças de Newton, permeando seus trabalhos, “na época mesmo em que compunha suas

grandes obras, tinha uma concepção muito mais “mágica” e muito mais “animista” da natureza que a dos nossos químicos”, (Thuillier, 1994, p. 162). Muitos daqueles que negam essa imagem de Newton, pois não concebem o Newton que sintetizou a física da sua época e que resolveu uma quantidade imensa de problemas com rigorosa linguagem físico-matemático, e que ao mesmo tempo possa também apresentar sinais de obstáculos animistas, como as que reconhecemos em expressões como: “o antimônio é digerido”, “a alma do ferro tornou-se totalmente volátil”, “o ouro começa a se purificar”, (Thuillier, 1994, p. 162). Sinais de obstáculos epistemológicos de um espírito pré-científico.

Quando o conhecimento empírico se racionaliza, nunca se pode garantir que valores sensíveis primitivos não interfiram nos argumentos. De modo visível, pode-se reconhecer que a ideia científica muito usual fica carregada de um concreto psicológico pesado demais, que ela reúne inúmeras analogias, imagens, metáforas, e perde aos poucos, seu vetor de abstração, sua afiada ponta abstrata. (Bachelard, 2013, p. 19).

“De fato, não é absolutamente garantido que a filosofia mecanicista tenha expulsado de imediato as tradições alquimistas”, (Thuillier, 1994, p. 163). Aqui destacamos o quanto o espírito de Newton foi forte e rigoroso, ao transpor tais obstáculos epistemológicos e reconhecida evolução do perfil epistemológico dos tipos teóricos da física, que se propôs a manipular no “Principia”. E no sentido que desejamos para a nossa metodologia de ensino, que:

É no eixo experiência – razão e no sentido da racionalização que se encontram ao mesmo tempo o risco e o êxito. Só a razão dinamiza a pesquisa, porque é a única que sugere, para além da experiência comum (imediate e sedutora), a experiência científica (indireta e fecunda). Portanto, é o esforço da racionalidade e de construção que deve reter a atenção do epistemólogo. (Bachelard, 2013, p. 22).

Portando pela ótica epistemológica, a imagem de Newton é virtuosa de certa forma como modelo de físico e como idealização do método: “ela nos lembra que Newton tinha uma consciência aguda da diferença entre enunciados puramente especulativos e enunciados bem confirmados pela experimentação”, (Thuillier, 1994, p. 169).

Agora que chamamos a atenção para a lei fundamental dos movimentos e uma aposta de como ela foi pensada por Newton, podemos retomar nosso mote de pesquisa e de como interessa-nos conhecer o senso comum dos estudantes, para que então possamos propor uma experimentação que objetive a desconstrução de juízos equivocados a respeito de tipos da física.

Colocamo-nos a construir um questionário para investigar esse senso comum dos estudantes, através de problematizações envolvendo contextos cotidianos para os estudantes, como estes buscam respostas alicerçadas em seu senso comum, impregnado de intuições animistas que formam seu perfil epistemológico e que os afastam do raciocínio científico. Nosso interesse nessas representações de imagens dos estudantes em relação ao ensino de ciências e, das entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos que apresentamos nas situações problema, é que nos ajudarão na elaboração de uma sequência didática utilizando o entrelaçamento do racional e empírico em atividades experimentais no ensino de Física para o nono ano do ensino fundamental. E que o ponto de partida começa no conhecimento prévio e no empirismo que os estudantes já possuem antes de entrar no nosso laboratório. Na próxima seção embasaremos a construção do questionário e com que intencionalidade.

### 3.2 ESTUDANTES DO NONO ANO REPRESENTANDO A RESPEITO DO ENSINO DE CIÊNCIA E DE ENTIDADES CIENTÍFICAS

Minha atividade como professor de laboratório no ensino de Física do Colégio Estadual do Paraná (CEP), iniciou em 2004, e os roteiros e práticas experimentais praticados não me agradavam, pois considerava-os construídos ainda em um alicerce no ensino tradicional de Ciência e com uma visão tradicional de atividade experimental de indução e de mera reprodução, criticada desde o século XVIII por Hume e recordado por Hacking (2012):

Foi como se disséssemos: se não podemos atingir um conhecimento seguro, que pelo menos possamos atingir um conhecimento provável, com bases seguras, sendo que essas bases podem ser garantidas por observações feitas de forma correta. A partir daí, faremos generalizações com base em experimentos corretamente conduzidos, realizaremos analogias e chegaremos a conclusões científicas. (Hacking, 2012, p. 193).

O risco das generalizações a partir de premissas de observações particulares e, dos aparatos metafóricos aplicados para diferentes contextos, produzirem resultados equivocados são apontados por Hacking (2012), quando cita “Hume, tendo reconhecido a deficiência..., em 1739, .... Para ele, nenhum fato particular pode nos oferecer razões suficientes para que ergamos afirmações genéricas ou façamos alegações a respeito do futuro. ” (Hacking, 2012, p. 194).

Então passei a elaboração de roteiros com uma proposta de interação por parte dos estudantes e que apresentassem um perfil de maior investigação de situação problematizadora, arriscando com a proposição de experimentação de cunho mais instigante, para superar os roteiros do tipo de simples reprodução. Representados nos manuais ou guias da “Ciência Normal” conforme denominado por Kuhn (2006) e que argumenta:

Por exemplo, esses textos frequentemente parecem implicar que o conteúdo da ciência é exemplificado de maneira ímpar pelas observações, leis e teorias descritas em suas páginas. Com quase igual regularidade, os mesmos livros têm sido interpretados como se afirmassem que os métodos científicos são simplesmente aqueles ilustrados pelas técnicas de manipulação empregadas na coleta de dados de manuais, juntamente com as operações lógicas utilizadas ao relacionar esses dados às generalizações teóricas desses manuais. (KUHN, 2006, p. 20).

Iniciamos o processo de mudança de tendência de experimentação no CEP, o primeiro passo foi tornar as práticas não demonstrativas e sim experimentadas pelos estudantes nas bancadas, formadas por grupos de estudantes em número não superior a seis estudantes, com a finalidade de estimular as discussões em grupo pelos pares e também com os professores que acompanham a experimentação.

As influências das obras de Paulo Freire ajudaram a pavimentar o caminho nesta direção. E dentre suas muitas postulações é o princípio da educação pelo diálogo onde o educador fundamenta a sua atividade no trabalho em grupo, na prática da discussão dos problemas individuais e coletivos, no fórum, na conversa dos educandos entre si e com o educador formando uma consciência crítica e reflexiva. Em exercitar da sua razão contra outros interlocutores, em constante alternância de papel entre o que procura convencer e que também aceita ser convencido, em um constante jogo bilateral da razão.

Apoiando o trabalho em uma perspectiva sócio cultural segundo Vygotsky (1896-1934), em que o indivíduo mais experiente e mais preparado (professor ou par estudante) pode auxiliar o estudante em trilhar o seu caminho em busca do conhecimento, ou ressaltando conforme Bruner (1986), pensando no parceiro no ensino aprendizagem como “andaime”, aquele que possui um “perfil epistemológico”, (Bachelard, 2013), mais avançado em relação a uma determinada “entidade teórica” ou “entidade observável experimental”, (Hacking, 2012). Acreditamos que no processo de assimilação de conhecimento e posterior equilíbrio para modificação e enriquecimento do arcabouço conceitual do estudante, todos alcançarão alguma

evolução na visão de mundo, evoluindo de uma ótica pré-científica e caminhando para uma ótica científica, caracterizando nossa intenção de enculturação científica.

Apoiados em referenciais teóricos que apontam a atividade em grupo como enriquecedora na prática de verbalizar representações de entidades manipuladas na experimentação e, do mote do trabalho de laboratório que segundo Bachelard (2009) e Hacking (2012), devemos ensinar ciência através do entrelaçamento entre o racional e o empírico, de forma tensionada e hierarquicamente equilibrada, passamos a desenvolver roteiros que estimulassem a interação e a discussão e, ao mesmo tempo fossem em caráter investigativo, de situações que problematizam contextos em que os estudantes são familiarizados.

Dentre os roteiros construídos escolhemos a sequência didática teórico e experimental sobre a segunda lei de Newton, que conforme a demanda histórica do nosso laboratório de física do CEP e por nós investigada, mostrou que a proposta de atividade experimental sobre a segunda lei de Newton, alicerçada em um processo indutivo e de reprodução, manteve-se inalterada nos últimos cinquenta anos, com uma proposta de verificação da relação entre força e aceleração. Escolhemos de forma diferente uma sequência didática que valoriza aspectos da relação entre força e a variação da quantidade de movimento, que aparece na proposta do GREF (grupo de reelaboração do ensino de Física), que nos proporemos a descrever a primeira parte dessa sequência, que inicia com a atividade de aplicação de um questionário.

Optamos em trabalhar a metodologia com estudantes do nono ano do ensino fundamental fase II, pois acreditamos que o letramento científico que forma o “espírito científico” (Bachelard, 2013), deve ser incentivado em toda a escola básica. Permitindo que os estudantes evoluam em relação ao seu “perfil epistemológico” (Bachelard, 2013), à medida que transpuserem os obstáculos epistemológicos, que são características que marcam a racionalidade de cada sujeito, na busca do seu entendimento de mundo e nossa intenção é que através do letramento científico, o estudante afaste-se de concepções pré-científicas e aproxime-se de um espírito mais científico.

### 3.2.1 Elaboração de um Questionário Para Investigar as Representações

Desejamos que os estudantes no ensino de Física, teórico e experimental, modifiquem sua cultura experimental, de como manipulam as entidades e como constroem representações sobre estas entidades. Portanto como professores não devemos ser ingênuos em acreditar que a aprendizagem começa quando os estudantes entram em nosso espaço de experimentação, eles já possuem um empirismo na sua relação com o mundo, mas consideramos que é possível com uma metodologia que possamos enriquecer a cultura experimental dos estudantes e que ele evolua em termos de racionalidade, com um modo de pensar mais objetivo, característica do “espírito científico” de Bachelard (2013):

Os professores de ciências imaginam que 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 por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (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).

Nossa proposta caracteriza-se que o estudante esteja incomodado o tempo todo, não deixando o acomodar-se com o senso comum cotidiano, fazendo contradizer sempre o que a sua razão teima em afirmar como verdade, “perturbada a todo momento pelas objeções da razão, pondo sempre em dúvida o direito particular à abstração, mas absolutamente segura de que a abstração é um dever, o dever científico”, (Bachelard, 2013, p. 13).

Acreditamos que os “obstáculos pedagógicos”, (Bachelard, 2013), constitui uma falha no ensino tradicional da ciência:

Na educação, a noção de obstáculo pedagógico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão. (Bachelard, 2013, p. 23).

Prática educacional que contribui para emperrar o entendimento de uma nova entidade teórica, apoiada em uma erudição professoral, definida assim por Bachelard (2013):

Alma professoral, ciosa de dogmatismo, imóvel na sua primeira abstração, fixada para sempre nos êxitos escolares da juventude, repetindo ano após ano o seu saber, impondo suas demonstrações, voltada para o interesse dedutivo, sustentáculo tão cômodo da autoridade, ensinando seu empregado como fazia Descartes, ou dando aula a qualquer burguês como faz o professor concursado. (Bachelard, 2013, p. 12).

Alma que ignora por completo a racionalidade do estudante, a qual está apoiada em razão do senso comum dos estudantes, que transparece quando procuram responder com explicações fáceis e prontas, apoiadas em aparatos metafóricos e analogias com outras situações particulares já experimentadas que constituem um realismo ingênuo e de um empirismo primeiro, cheios de intuições primeiras equivocadas, formadoras de um senso comum pré-científico. “Percebe-se, aliás, com que leviandade o espírito pré-científico associa ideias gerais com fatos particulares insignificantes”. (Bachelard, 2013, p.265).

### 3.2.1.1 Questionando o senso comum dos estudantes em relação à ciência e entidades científicas

Com a intenção de impor uma nova mentalidade de cultura experimental em nosso laboratório, optamos em construir um questionário que ao mesmo tempo investigasse as representações sobre as mais diferentes entidades, elaboradas pelos estudantes. Mas que também fosse de criação de problematizações, que não permitissem respostas rápidas e fáceis, características de um perfil animista, 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. As primeiras quatro problematizações estão relacionadas como os estudantes concebem a Ciência, como entidade teórica, experimental e de aplicação, vamos iniciar com a apresentação da primeira em relação a concepção de ciência e experimentação:

**Tabela 6: problematização sobre concepção de ciência e experimentação.****1. INVESTIGAÇÃO DE CONCEPÇÃO: Concepção de Ciências/experimentação**

Era uma vez uma vez um rei que vivia só num pequeno planeta. Acreditava reinar não apenas no seu planeta no seu planeta, mas sobre todos os planetas e estrelas do Universo. Um dia, recebeu a visita de um príncipezinho de outro planeta que, ao tomar conhecimento de tal poder, desejou ver um pôr do sol, seu espetáculo favorito. “Teu pôr do sol, tu o terás. Eu o exigirei. Mas eu esperarei, na minha ciência de governo, que as condições sejam favoráveis”, respondeu o rei. “Quando serão? ”, perguntou o príncipezinho. O rei, consultando um grosso calendário, respondeu: “Será lá por volta de...por volta de sete horas e quarenta, esta noite. E tu verás como sou bem obedecido”.



Fonte: Adaptado de Saint-Exupéry, Antonie de. O pequeno príncipe. Rio de Janeiro: Agir, 1967.

Entendendo o grosso calendário como um compêndio de ciências, que o texto sugere inclusive estudos sobre astronomia, qual a sua concepção sobre ciências e laboratório de ciências, marque a concepção que mais está de acordo com o que você entende por ciência e laboratório:

**a) Ciência e a ferramenta de laboratório para experimentação**

- As leis ou teorias científicas existem na natureza e podem ser descobertas pela investigação científica, ou seja, através da observação sistemática. A partir da experimentação ou medição as leis e teorias são criadas.

- A função do experimento na ciência é comprovar as hipóteses ou teorias levantadas, as quais podem então ser chamadas de leis e consideradas verdadeiras. Portanto são científicas somente as afirmações comprovadas experimentalmente.

(Segundo Sérgio M. Arruda e Carlos Eduardo Laburú, 1998, p. 54)

**b) Ciência e a ferramenta de laboratório para experimentação**

- “A ciência é edifício bastante frágil: o melhor que pode alcançar é a oferta de apreciações continuamente cambiantes de como as coisas funcionam. Nosso conhecimento científico é sempre atacável e provisório. Cada nova teoria científica está condenada a ser objetivada sempre pela seguinte”. (Demo, P. p. 151).

- A função da experimentação como um entrelaçamento entre a teoria (modelo) e a realidade, que permite uma investigação racional entre as leis da ciência propostas e a realidade que ela procura explicar e representar de alguma forma. E que valida parcialmente as leis da ciência, não como prova que é verdadeira, mas somente no sentido de ressalvá-las e com aspectos de contínua renovação

A opção “a” primeira transcende algumas características incorporadas de forma ingênua do Positivismo, que entendemos que foram transpostas didaticamente para a escola como metodologia de ensino e que fundamentaram o ensino tradicional de ciência de forte influência do behaviorismo de Skinner<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> O enfoque do behaviorismo de Skinner ainda se faz presente por exemplo em cursos de jovens e adultos que apresentam cursos em módulos, basicamente seguindo o método Keller inspirado no método das aproximações sucessivas de Skinner, cursos de ensino a distância e

### Características do Positivismo que são pontuadas por Hacking (2012):

- (1) Ênfase na verificação (ou alguma variante dela, como a falsificação): proposições significativas são aquelas cuja verdade ou falsidade podem ser determinadas de alguma forma; (Hacking, 2012, p. 107).
- (2) Desprezo por explicações: as explicações podem ajudar a organizar os fenômenos, mas não apresentam respostas para questões de por que, exceto quando dizem que os fenômenos regularmente ocorrem de tal forma. (Hacking, 2012, p. 108).
- (3) Antientidades teóricas: os positivistas tendem a ser não realistas, e isso não apenas porque restringem a realidade ao observável, mas também porque são contra as causas e duvidam das explicações. (Hacking, 2012, p. 108).

Ainda na primeira opção “a” que colocamos alinhado com o ensino tradicional de ciência, há indícios que este ensino não corresponde as expectativas da juventude que frequenta a escola básica, que não se motiva em um modelo que valoriza a reprodução, memorização e transmissão automática de conhecimentos, que são ensinados como prontos e acabados. Sequência de conteúdos justapostos que ao nosso ver não foram organizados segundo uma epistemologia adequada ao raciocínio científico. Entenda-se aqui que não estamos criticando a Escola Positivista de Comte, mas somente algumas características que por tentativa equivocada foram transformadas e incorporadas em métodos de ensino, que não contribuíram de forma satisfatória ao ensino tradicional de ciência.

O behaviorismo na abordagem skinneriana inspirou por exemplo Fred Simmons Keller<sup>11</sup> através da instrução programada, método que recebe o seu nome método Keller e que resumidamente constitui-se segundo Moreira (2011):

Para se usar do método Keller, o conteúdo do curso deve ser dividido em um número relativamente grande de unidades, cada uma delas acompanhada de um guia de estudos (ou roteiro) contendo objetivos, indicações de textos a serem lidos, sugestões de problemas e questões, referências bibliográficas complementares e, se necessário, material introdutório e explanatório do conteúdo de cada unidade. O estudante

cursos de inglês online. No cotidiano de sala de aula na prática pedagógica vivenciamos professores conscientemente ou inconscientemente praticando o behaviorismo de Skinner quando reforça alguns comportamentos, com a intenção através de discriminação de algumas respostas e aproximações sucessivas obter a resposta terminal almejada.

<sup>11</sup> Fred Simmons Keller norte americano pioneiro na área da psicologia experimental, adepto da modelagem ou método de aproximações sucessivas, o chamado método Keller, um dos responsáveis pela introdução dessa metodologia no Brasil em suas passagens pela Universidade de São Paulo e Universidade de Brasília. Originalmente foi professor na Universidade de Colúmbia por 26 anos.

prepara a unidade de acordo com o ritmo, tempo e local que preferir e, quando se sente suficientemente preparado, apresenta-se a um monitor para a realização de um teste escrito. (Moreira, 2011 p. 61).

Em termos práticos, os roteiros de estudo ou textos programados apresentam pequenas lacunas, de modo a evitar erros, o instruído ao seu ritmo vai desenvolvendo os seus estudos e ganhando confiança, ao perceber seus acertos avança pelo sentimento de reforço de sua prática e assim sente-se estimulado a avançar no programa instrucional.

A crítica mais ferrenha em relação a teoria de Skinner está no sentido de promover uma aprendizagem automatizada e reprodutiva, porém não caracterizando uma aprendizagem significativa, outro ponto passível de crítica é o ponto de vista teórico filosófico que enxerga o homem como um organismo governado por estímulos ambientais externos, e que nesta perspectiva ignoram por completo a parte da cognição humana.

A característica três também não contribui em desacreditar entidades teóricas, pois fazem parte da nossa metodologia experimental a manipulação dessas entidades e a sua associação com outras entidades, portanto é fundamental que o realismo dos tipos teóricos e experimentais permeiem a atividade experimental.

Na segunda opção “b” alinha-se com a epistemologia que desejamos para o ensino de Ciência, deve alicerçar a promoção de um racionalismo permeado de abstração, com a intencionalidade de exorcizar intuições primeiras que constituem o senso comum dos estudantes, de forma dialetizadora entre o subjetivo e o objetivo, retroalimentando e retificando os erros e assim afastando os estudantes do seu raciocínio pré-científico para o raciocínio científico e procurando sempre as causas fenomenológicas. É:

Nesse sentido, há um progresso evidente. A sociedade moderna, que professa – pelo menos nas declarações de seus dirigentes – o valor educativo da ciência, desenvolveu as qualidades da objetividade mais do que o podiam fazer as ciências em períodos menos escolarizados. (Bachelard, 2013, p. 299).

Passando para a segunda problematização do nosso questionário, objetivamos identificar prováveis origens da formação do espírito pré-científico dos nossos estudantes, em relação à ciência e a experimentação, conforme apresentado na tabela a seguir:

**Tabela 7: proposta para investigar prováveis origens da representação da ciência e experimentação pelos estudantes**

2.INVESTIGAÇÃO DA ORIGEM DA CONCEPÇÃO: Origens do conhecimento sobre laboratório/ciências	
<p>Na situação problema 1, queríamos investigar qual a sua concepção sobre ciência de um modo geral e também sobre experimentação por exemplo em laboratório, agora estamos interessados em investigar onde você formou o seu conhecimento sobre ciências e o laboratório de experimentação. Então excetuando o seu contato e conhecimento do laboratório do CEP, onde você já teve contato com um laboratório de ciências (escola anterior, TV, internet, revistas de ciências, parentes, amigos ou professores). Agora escreva a(s) possíveis origens do contato e conhecimento sobre experimentação em laboratório:</p>	
	<p>Fonte:  <a href="http://eefpadrecristiano.blogspot.com.br/2011/09/laboratorio-de-ciencias.html">http://eefpadrecristiano.blogspot.com.br/2011/09/laboratorio-de-ciencias.html</a></p>

Desejamos identificar o que contribui para a formação do senso comum dos estudantes, que apresentam indícios de afastamento do pensamento abstrato, pois temos certeza que os alicerces que fundamentam as representações das entidades destes estudantes iniciam muito antes de entrarem nas aulas de ciências do CEP:

Existem muitos exemplos de convergências assim apressadas e inconsistentes na origem de alguns projetos de adolescentes. A ficção científica, tão do agrado de um público literário que pensa nela encontrar obras de divulgação positiva, procede de acordo com os mesmos artifícios, justapondo possibilidades mais ou menos disparatadas. ... . Essas ficções científicas, viagens à lua, invenção de gigantes e monstros são, para o espírito científico, verdadeiras regressões infantis. Podem ser divertidas, mas nunca instrutivas. (Bachelard, 2013, p. 45).

Já possuem uma sólida percepção e relação empírica com o mundo e uma rica elaboração dos tipos naturais, contaminados de intuições primeiras e influenciados por fontes midiáticas que por aparatos metafóricos, estabeleceram resistentes obstáculos epistemológicos, que atrapalharão o letramento científico daqueles estudantes. Razão suficiente de preocuparmos com as origens de tais representações.

Na terceira situação problema voltamos nosso interesse para como os estudantes elaboram representações de entidades teóricas, pois é do nosso mote de pesquisa no laboratório de Física, que esses estudantes as manipulem, assim como reconhecem o conceito de família. 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). Apresentamos a seguir a situação problema:

**Tabela 8: situação problema para sondar como os estudantes elaboram representações de entidades teóricas.**

<b>3.SITUAÇÃO PROBLEMA: ENTENDIMENTO DE LEIS</b>	
<p>Quando ouvimos sobre leis, logo associamos com as leis jurídicas, as leis de trânsito. Por outro lado, as leis fundamentadas pela Ciência, que são denominadas de leis da natureza, constituem algo bem diferente. Agora guiado pelas ilustrações ao lado, leia as questões propostas e responda-as:</p> <p>a) Qual delas é do tipo jurídico? Qual delas seria uma lei da natureza?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>b) Se você já descobriu, tente fazer uma listinha das principais diferenças que você percebe entre esses dois tipos de leis.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>c) Cite algumas leis da natureza:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>d) Afinal as leis são criações humanas para tentar explicar a natureza ou as leis da natureza já existem e então são descobertas pelos cientistas que as testam cientificamente em sofisticados laboratórios?</p> <p>_____</p>  <p>Fonte: GREF, mecânica volume 1, página 16.</p>

Pois desejamos na nossa empreitada de que no ensino de física, o estudante adquira um gênero de raciocínio do experimentador. “A maioria dos físicos experimentais mantém posturas realistas quanto a algumas entidades teóricas, exatamente aquelas que utilizam. ” (Hacking, 2012, p. 370). Pois muitas das nossas práticas experimentais envolvem a manipulação de entidades teóricas, que os estudantes calculam, medem e as articulam com outras entidades:

A realização de experimentos a respeito de uma entidade não significa necessariamente comprometimento com a crença em sua existência. É apenas a manipulação de uma entidade que acarreta tal comprometimento. (Hacking, 2012, p. 370).

Por fim na questão problematizadora de número quatro, quisemos investigar como os estudantes percebem a ciência como doutrina, em que devem crer de forma infalível. Ou se percebem a ciência como um processo de construção humana, que constantemente é reformada ou substituída por um modelo revolucionário, portanto é falível. Portanto queremos entender a origem da alta confiabilidade da ciência como representação para os estudantes:

**Tabela 9: representa a situação problema sobre a confiabilidade da ciência**

4. SITUAÇÃO PROBLEMA: confiabilidade na Ciência	
<p>Nos anúncios de produtos nos meios de comunicação somos constantemente avisados da eficiência destes produtos, que <b>são comprovados cientificamente</b> (como na figura ao lado), como o encarte do produto ao lado que foi dermatologicamente testado. Diante desta informação e do seu conceito e conhecimento de ciência, responda os itens a seguir:</p> <p>a) quando ajuda nas compras para casa, no que se baseia quando escolhe por exemplo um creme dental? Qual você escolhe um atestado pela ciência ou um não testado? Você reflete afinal como ele foi cientificamente testado?</p> <p>b) um cientista aparelhado com um laboratório de alta tecnologia é capaz de descobrir leis da natureza? Em caso afirmativo lembra de alguma lei descoberta recentemente em experimentos?</p> <p>c) você acredita que uma lei da natureza pode ser comprovada cientificamente por repetidas simulações experimentais? E uma vez comprovada experimentalmente ela deve ser aceita e respeitada para sempre?</p> <p>d) você como estudante acredita nas leis da natureza e procura aprendê-las em forma de memoriza-las ou você dúvida delas mesmo sendo atestadas como verdadeiras pela ciência?</p>	<div data-bbox="901 313 1369 734" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="858 743 1436 862" data-label="Text"> <p>Fonte disponível:  <a href="http://essencialdediva.com.br/2012/12/19/rexona-clinical-women/24/08/2013">http://essencialdediva.com.br/2012/12/19/rexona-clinical-women/24/08/2013</a> às 18:54h.</p> </div> <p>e) uma determinada lei que foi exaustivamente experimentada em laboratório e que portanto era atestada como correta, caso em uma das simulações experimentais propostas a lei falhe, ela perde a confiabilidade? Quais fatores podem ter levado a lei a falhar? Você trocaria o experimento de teste ou admitiria que a lei está errada e pensaria na possibilidade de trocá-la por outra lei?</p>

Interessa-nos como os estudantes e suas racionalizações apressadas e entrelaçadas ao seu espírito pré-científico, realmente exercitam a razão ou apenas dão grande valor para fatos previamente valorizados? Fugindo de um pensamento abstrato mais profundo, entregando-se a uma confiabilidade na ciência, convencidos pelas mídias com panfletos do tipo cientificamente comprovados. Estamos convencidos por Bachelard (2013) quando cita o padre Louis Castel:

O método dos fatos, cheio de autoridade e poder, se arroga um ar de divindade que tiraniza nossa fé e constrange nossa razão. Um homem que raciocina, que faz uma demonstração, trata-me como homem; raciocino junto com ele; deixa-me a liberdade de julgar e, se me força, é através da minha própria razão. Mas aquele que grita “é um fato” considera-me como escravo. (Bachelard, 2013, p. 52).

Portanto tais “fatos” de comprovação científica, apresentados como conhecimento objetivo, constituirá um obstáculo epistemológico como percepção primeira para os estudantes, que não poderão ser substituídas, mas somente retificadas. E para o ensino de física não nos interessa que os estudantes entendam a ciência como um conjunto de fatos provados cientificamente e que desta forma

ganhe uma imagem de doutrina, impedindo de ser questionada pela razão. Pois Hacking (2012) citando o pensamento de Peirce. “Ele estava muito impressionado com a necessidade que as pessoas têm de alcançar um conjunto estável de crenças.” (Hacking, 2012, p. 128):

Em um famoso ensaio a respeito do estabelecimento de crenças, ele considera com genuína seriedade a obediência à autoridade ou a prática de nos agarrarmos à primeira coisa que nos vem à cabeça como bons métodos por meio dos quais fixamos nossas crenças. Leitores contemporâneos muitas vezes têm problemas ao ler esse ensaio, pois não conseguem encarar seriamente a proposta de Peirce de que uma Igreja institucional fortemente estabelecida é uma ótima maneira de fixar crenças. (Hacking, 2012, p. 129).

O ensino tradicional de ciência parece contribuir com uma educação científica dos estudantes equivocada e que corrobora com uma visão da ciência como doutrina, colecionadora de fatos primeiros supervalorizados, vemos tal tendência nos livros didáticos, que mais parecem uma coleção de fatos de um panfleto colocado como guia turístico. “Os livros de física, que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, ..., chega a passar como natural.” (Bachelard, 2013, p. 30).

### 3.2.1.2 Questionando o senso comum dos estudantes em relação a entidades teóricas relacionadas com a lei fundamental dos movimentos.

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 gênero de investigação 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.

Para a quinta situação problema escolhemos questionamentos sobre o pêndulo de Newton, que remetessem com a ideia da quantidade de movimento, da conservação da quantidade de movimento, interação entre corpos e a condição de um sistema isolado. Vejamos a problematização:

**Tabela 10: contexto de problematização envolvendo o pêndulo de Newton.**

**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 16

- 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:
- Uma vez o pêndulo iniciado o movimento ficará funcionando por tempo indeterminado? Que fatores podem provocar a parada do pêndulo?
- 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 11: situação problema com contexto do jogo de rugby e situações de transferência da quantidade de movimento.**

<b>6. SITUAÇÃO PROBLEMA: TROMBADAS SEM VÍTIMAS</b>	
<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 <a href="http://www.infoescola.com/esportes/rugby/">http://www.infoescola.com/esportes/rugby/</a>, 25/08/2013 às 17:45 h).</p>	 <p>Fonte disponível: <a href="http://www.ahebrasil.com.br/noticias/2011/10/29rugby/">http://www.ahebrasil.com.br/noticias/2011/10/29rugby/</a>, 24/08/2013 às 19:00 h.</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 <b>depois do choque</b>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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:</li> <li>Agora os dois jogadores de massas bem diferentes se movimentam na mesma direção, com velocidades iguais, porém em sentidos opostos:</li> <li>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:</li> </ol>	

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 12: 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 <b>sem</b> cinto de segurança no momento de uma colisão.</p> <p><small>Fonte: Rede SARAH de Hospitais do Aparelho Locomotor</small></p>
<p>Fonte disponível:  <a href="http://www.canalkids.com.br/cidadania/transito/cinto.htm">http://www.canalkids.com.br/cidadania/transito/cinto.htm</a>, 24/08/2013 às 19:15 h</p>	<p>Fonte disponível:  <a href="http://www.apatru.org.br/sites/institucional_002/interna1.asp?dados=1:1:3:2:1:698">http://www.apatru.org.br/sites/institucional_002/interna1.asp?dados=1:1:3:2:1:698</a>,            24/08/2013 às 19:16h</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.            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> <p>a) Uma colisão rápida com um obstáculo parado ou uma colisão demorada com o mesmo objeto parado. (Justifique).</p> <p>b) Uma batida de maior duração, porém com uma força pequena, ou uma batida muito rápida porém com uma intensidade de força maior. (Justifique)</p>	

Os estudantes já foram informados por diferentes campanhas da importância da utilização do cinto de segurança, portanto já possuem uma representação de imagem sobre o assunto, mas em termos de aplicação da ciência na construção dos cintos, em termos de materiais que permitam a manipulação da força aplicada e o

tempo de aplicação da força, será que os estudantes utilizam de uma representação acertada dessas entidades? Ou faz uso do senso comum cheio de um empirismo imediato que queremos que seja abandonado.

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 raciocínio dos estudantes.

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 13: teste de colisão para estudo de deformação e amortecimento de impacto.**

<b>8. SITUAÇÃO PROBLEMA: deformação dos carros</b>	
<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 &amp; Testing (ICRT). E tem como objetivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oferecer aos consumidores da América Latina e do Caribe avaliações independentes e imparciais de segurança dos carros novos;</li> <li>- Estimular os fabricantes a melhorarem o desempenho em segurança de seus veículos à venda na região da América Latina e do Caribe;</li> <li>- 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.</li> </ul> <p>(Fonte disponível: <a href="http://www.latinncap.com/po/ultimos-resultados">http://www.latinncap.com/po/ultimos-resultados</a>, 25/08/2013 às 18:22h)</p>	
	<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>
<p>Fonte disponível:  <a href="http://carrosnovoslegais.com/colisao-de-chevy-1959/">http://carrosnovoslegais.com/colisao-de-chevy-1959/</a>, 24/08/2013 às 19:31 h</p>	

E a nona situação problema:

**Tabela 14: colisão de um carro antigo mais rígido, e um carro moderno menos rígido.  
(Continua...).**

<b>9. SITUAÇÃO PROBLEMA: efeitos diferentes em carros</b>
<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>



Nas duas últimas situações, foi nossa intenção perceber no estilo de raciocínio 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.

### 3.3 ENTRELACANDO O RACIONAL E O EMPÍRICO, NA MANIPULAÇÃO DA LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS

Propomo-nos em apresentar uma metodologia para abordar a lei fundamental dos movimentos, como um contraponto ao modelo sugerido pelo PSSC, este que aposta em uma indução justaposta, que não provoca o estudante para reflexão, ignora possíveis intuições primeiras e empirismo que fazem parte do perfil epistemológico dos estudantes e, que na maioria das vezes estão equivocados

de tal forma que constituirão um obstáculo epistemológico na manipulação experimental da lei fundamental dos movimentos e das entidades teóricas e experimentais relacionadas com ela.

Preferimos escolher uma sequência didática que proporcionará aos estudantes uma provocação com situações problemas, que os tirem da sua zona de conforto e os provoquem a especulação. Que entendemos como especulação como “a representação de um objeto de nosso interesse, um jogo ou uma reestruturação de ideias que venha a fornecer ao menos um entendimento qualitativo de algum aspecto geral do mundo”, (Hacking, 2012, p. 310).

Nossa intenção é que os estudantes enriqueçam seu gênero de raciocínio, que adquiram um raciocínio alicerçado pela cultura de experimentação de laboratório, equilibrando o racional e o empírico e, que aperfeiçoem seu perfil epistemológico em relação as entidades que serão manipuladas durante as aulas. Escolhemos a segunda lei de Newton, pois conforme Hacking (2012) destaca Newton como um exemplo:

Newton era um grande especulador. Também era muito bom em cálculos, tendo inventado o cálculo diferencial de modo a poder estender a estrutura matemática de sua especulação a respeito do movimento dos planetas. Além disso, ainda era um experimentador muito perspicaz, e sabemos quão reduzido é o número de cientistas que são bons em todos os departamentos. (Hacking, 2012, p. 312).

As atividades que compuseram nossa sequência didática, foram pensadas depois da aplicação de um questionário, no qual apresentamos situações problema envolvendo entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, como quantidade de movimento, força e tempo de aplicação da força. Com a intenção de conhecer possíveis intuições animistas, na representação de imagens a respeito das entidades que serão manipuladas em aulas de física de laboratório.

Como se percebe, é o homem inteiro, com sua pesada carga de ancestralidade e de inconsciência, com toda a sua juventude confusa e contingente, que teria de ser levado em conta se quiséssemos medir os obstáculos que se opõem ao conhecimento objetivo, ao conhecimento tranquilo. Infelizmente os educadores não colaboram para essa tranquilidade! Não conduzem os alunos para o conhecimento do objeto. (Bachelard, 2013, p. 258).

Pois para que os estudantes interpretem as relações entre as entidades força, quantidade de movimento e tempo de aplicação da força, “é necessário passar do realismo das coisas ao realismo das leis. ... . A bela simplicidade do realismo apagar-se-á rapidamente; o realismo será vasculhado por todos os lados, em todas as suas noções.” (Bachelard, 2009, p. 29).

Na sequência didática que exporemos, o entrelaçamento entre o racional e o empírico, exigirá dos estudantes um aumento gradativo da especulação, da abstração e da manipulação experimental com a exigência do seu aperfeiçoamento racional:

Mas esta observação epistemológica deve ser acentuada. É preciso vermos que, uma vez estabelecida a relação fundamental da dinâmica, a mecânica se torna toda ela verdadeiramente racional. Uma matemática especial associa-se à experiência e racionaliza-a; a mecânica racional situa-se num valor apodíctico; permite deduções formais; abre-se sobre um campo de abstração indefinido; exprime-se nas mais diversas equações simbólicas. (Bachelard, 2009, p. 29)

Antes de tratarmos da sequência didática e da atividade experimental no laboratório e, não tratado no sentido mais tradicional de manipulação de aparelhos experimentais, mas em um sentido importante como defenderemos não é somente a manipulação de objetos e artefatos concretos e, sim o envolvimento comprometido com respostas/soluções bem articuladas para situações problematizadas colocadas, em atividades que podem ser também puramente de pensamento.

“...esses aparelhos especiais e muitos outros semelhantes ilustram o esforço e a engenhosidade imensos que foram necessários para estabelecer um acordo cada vez mais estreito entre a natureza e a teoria. ... . Frequentemente a teoria do paradigma está diretamente implicada no trabalho de concepção da aparelhagem capaz de resolver o problema”. (KUHN, 2013, p. 92).

Portanto trataremos primeiro de como o entrelaçamento entre a teoria e a experiência e como através da especulação na busca de soluções de problemas, utilizando o laboratório como atividade experimental concreta ou de “experiência de pensamento” (KUHN, 2013, p. 173), podem incrementar as aulas de física.

### 3.3.1 O Racional, o Empírico e a Especulação Como Elemento Articulador

Os estudantes parecem nas suas crenças e da forma como representam a imagem da ciência, que esta tenha adquirido uma imagem de doutrina e que de forma dogmática atribui uma confiabilidade associada com a ciência, tornando-a indiscutível e infalível para os estudantes. Também se evidencia de maneira geral tal credenciamento, quando se constata nas mídias um diferencial de produtos, com a afirmação de que determinado produto, foi cientificamente comprovado, mas de onde surge tal credenciamento, baseado em que?

O pensamento segundo o qual há uma e somente uma explicação verdadeiramente completa de tudo está enraizado na tradição ocidental. Ele descende daquilo que Comte, o fundador do positivismo, denominava “o estágio teológico da investigação humana” (COMTE, 1798 – 1857). Nas versões populares da cosmologia judaica,

cristã e muçulmana, há uma verdadeira e completa explicação de tudo, ou seja, o que Deus conhece (Ele sabe tudo a respeito da morte do último pardal). (HACKING, 2013, p. 43).

O equívoco está na crença de que com uma base de dados e um processo de inferência obtenha-se teorias científicas, simplesmente porque qualquer tipo de observação experimental está carregado de teoria, o experimentador utiliza de alguma teoria para saber o que vai observar. Apontamos dois dos pontos que corroboram com nosso discurso, o primeiro apoiado em considerações filosóficas e lógicas, e o segundo em uma análise detalhada da história da ciência e modernas teorias científicas. Em relação a primeira ressaltamos com Kuhn (2013, p. 172):

Creio que é sobretudo nos períodos de crises reconhecidas que os cientistas se voltam para a análise filosófica como um meio para resolver as charadas de sua área de estudos. Em geral os cientistas não precisam ou nem mesmo desejam ser filósofos. Na verdade, a ciência normal usualmente mantém a filosofia criadora ao alcance da mão e provavelmente faz isso por boas razões. (KUHN, 2013, p. 172).

Assim nenhuma característica especial sobrepõe a ciência a qualquer outro ramo de conhecimento, portanto devemos combater a estima da ciência por méritos de instituição escolástica moderna e doutrinadora, e buscar a estima no trabalho árduo fruto da ciência como construção e como processo. Francis Bacon, que “desprezava a escolástica e as tentativas livrescas de se tentar derivar conhecimento a partir de primeiros princípios.” (Hacking, 2012, p. 350).

Quando Bacon faz comentários desdenhosos contra os escritores que vão além dos fatos, seus alvos são os escolásticos, e não uma forma de fazer ciência semelhante àquela praticada hoje. Assim, ele tem sido um tanto maltratado por alguns filósofos que prezam pela teorização, os quais o chamam indutivista. (Hacking, 2012, p. 350).

Tal como Hacking (2012), achamos injusto tal rotulação de Bacon, pois foi o próprio Bacon que disse que “concluir o trabalho, não se tendo feito nada mais do que enumerar casos particulares (como fazem os lógicos), sem uma instância contraditória, é concluir por demais precariamente”. (Hacking, 2012, p. 350). Achava, portanto, a simples indução de grande futilidade.

Bacon já percebia o entrelaçamento entre as habilidades racionais e empíricas, como lembrado por Hacking ao transcrever de uma analogia que Bacon “extraí 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).

Retomando o aspecto da confiabilidade da ciência, que inúmeras áreas se utilizam da visão errônea da ciência e do chamado cientificamente comprovado. Tal visão remonta de características do Positivismo, Escola de Comte, que de forma alguma queremos criticar, mas algumas das características incorporadas em métodos de ensino tradicional de origem behavioristas que alicerçaram essa forma de representação da imagem da ciência.

### 3.3.1.1 Por que não estamos criticando o Positivismo de Comte?

Sobre a filosofia Positivista “só cabe o nome de ciência, de conhecimento certo, aquele saber que pode ser controlado pela matemática, depois de registrados os fatos pela experiência e for útil para a vida.” (TORRES, 1957, p. 207). Anunciado por Comte “assim, o verdadeiro espírito positivo consiste sobretudo em ver para prever, em estudar o que é, a fim de concluir disso o que será, segundo o dogma geral da invariabilidade das leis naturais.” (COMTE, 1978, p. 131).

Com a característica primordial de combater a metafísica que não pode ser experimentada, e que pregava um progresso contínuo, alicerçado na história da ciência europeia, que a humanidade passaria de um estágio teológico para um estado positivo ou científico, passando pela metafísica.

Comte com a virtude de abordar os princípios de cada ciência segundo uma perspectiva histórica, possivelmente influenciado pelos “filósofos e historiadores como David Hume (1711-1776).” (COMTE, 1978, p. 10). Comte enaltece um dos pontos fundamentais da filosofia positiva, “no qual os descobrimentos e invenções da ciência e da tecnologia desempenham papel preponderante, fazendo o homem caminhar para uma era em que a organização e política seria produto das luzes da razão.” (COMTE, 1978, p.10), entre os temas:

Por essa razão, o sistema comteano estruturou-se em torno de três temas básicos. Em primeiro lugar, uma filosofia da história com o objetivo de mostrar as razões pelas quais uma certa maneira de pensar (chamada por ele filosofia positiva ou pensamento positivo) deve imperar entre os homens. Em segundo lugar, uma fundamentação e classificação das ciências baseadas na filosofia positiva, finalmente, uma sociologia que, determinando a estrutura e os processos de modificação da sociedade, permitisse a reforma prática das instituições. A esse sistema deve-se acrescentar a forma religiosa assumida pelo plano de renovação social, proposto por Comte nos seus últimos anos de vida. (COMTE, 1978, p. 16).

Em relação a filosofia da história, Comte defende o progresso da ciência e do espírito humano, que apresentariam o desenvolvimento de três fases distintas: a teológica, a metafísica e a positiva. Que evidenciaria a evolução do senso comum de aspectos pré-científicos para aspectos mais científicos. Parece-nos que Comte traz sua vivência com a história europeia, que é possível reconhecer um avanço em termos de racionalidade, de uma era teológica da idade média, depois uma fase alquimista e seus autores herméticos e depois o fortalecimento das ciências naturais como por exemplo entre tantos outros como Bacon, Galileu e Descartes. Portanto a alquimia e os autores herméticos representaram a transição entre a doutrina religiosa da idade média e o fortalecimento das ciências naturais.

Reiterando que de certa forma somos simpáticos a filosofia positiva de Comte, uma vez que nela é ressaltada “a união entre a teoria e a prática seria muito mais íntima no estado positivo..., pois o conhecimento das relações constantes entre os fenômenos torna possível determinar seu futuro desenvolvimento. ” (COMTE, 1978, p. 20). Portanto não criticamos o Positivismo de Comte, pois simplesmente este já corroborava com a união entre a teoria e prática.

Talvez apenas uma ressalva, ou mais um apontamento para a reflexão é o encaminhamento possivelmente de um não equilíbrio entre as duas frentes teórica e prática, dando um certo teor de maior valorização aos fatos e a prática. “Em suma, o espírito positivo, segundo Comte, instaura as ciências como investigação do real, do certo e indubitável, do precisamente determinado e do útil. ” (COMTE, 1978, p. 21).

Comte via o progresso das ciências apoiado na sua filosofia da história como um processo positivo de alcançar uma sofisticação. Sofisticação alicerçada em um maior o grau de especulação complexa, ou abstração através da linguagem físico matemática, maior o alcance do pensamento positivo para aquela ciência.

Segundo Comte, as ciências classificam-se de acordo com a maior ou menor simplicidade de seus objetos respectivos. A complexidade crescente permite estabelecer a sequência: matemáticas, astronomia, física, química, biologia e sociologia. As matemáticas possuem o maior grau de generalidade e estudam a realidade mais simples e indeterminada. A astronomia acrescenta a força ao puramente quantitativo, estudando as massas dotadas de forças de atração (COMTE, 1978, p. 22).

Mais uma vez defende a união entre a teorização e os fatos observados cuidadosamente, porém em uma escala de importância diferenciada, valorizando sim primeiro a quantização em detrimento da qualificação.

Outra ressalva para reflexão no Positivismo de Comte, trata-se de um certo conservadorismo, apesar de alicerçar-se na filosofia da história defendia mesmo assim a imutabilidade dos modelos e assim um sistema de crenças imutável. E que se procurarmos na filosofia da ciência de Kuhn, encontraremos inúmeros exemplos de modelos que entraram em crise e que tiveram de ser substituídos por outros modelos.

Por fim o Positivismo de Comte, é somado ao pensamento positivo a chamada religião positivista ou da humanidade, cujo “Solo mais fértil foi encontrado pelo positivismo comteano, incluindo-se a religião positivista, em países de menor tradição cultural e carentes de ideologia para seus anseios de desenvolvimento.” (COMTE, 1978, p. 27). Pois eram povos ainda em um estado de pensamento teológico e, portanto, de fácil conversão para um sistema de crença de maior plausibilidade. Entre eles o Brasil parece-nos que acessível ao pensamento positivo:

Miguel Lemos decepcionou-se com “o vazio do litreísmo” e tornou-se adepto fervoroso da religião da humanidade, dirigida por Laffite. De volta ao Brasil, fundou a Sociedade Positivista do Rio de Janeiro, que constitui a origem do Apostolado Positivista do Brasil e da Igreja Positivista do Brasil, cuja finalidade era “formar crentes e modificar a opinião por meio de intervenções oportunas nos negócios públicos”. (COMTE, 1978, p. 28).

Afeiçoada mais a Religião da humanidade de Comte. Podemos realizar uma última ressalva e uma certa especulação para raciocinarmos, de ter sido o maior equívoco de um Positivismo brasileiro, o da apropriação da última fase da produção de Comte e, que talvez tenha permeado outras áreas, como por exemplo o sistema educacional! Especulamos uma aplicação de método de ensino de uma ciência em cunho tradicional e tratada como um sistema de crenças imutável e que não poderia ser modificado e que corroborasse com o pensamento positivo brasileiro.

Entre essas intervenções, sem dúvida, foi importante a participação dos positivistas no movimento republicano, embora seja um exagero dizer-se que foram eles que proclamaram a República, em 1889. Influíram, é verdade, na Constituição de 1891 e a bandeira brasileira passou a ostentar o lema comteano “ordem e progresso”. (COMTE, 1978, p.30).

Que possivelmente influenciaram muitos dos eruditos que constituíram cabeças pensantes e idealizadores do sistema de ensino brasileiro. Reforçamos, portanto, que não é nossa intenção a crítica a Escola Positivista de Comte, mas sim a tentativa brasileira de transformar uma parte da corrente filosófica em um método aplicado ao ensino. Que alicerçou um sistema tradicional de ensinar, com a valorização da repetição da lição, memorização e reprodução desta lição. Um sistema automatizado.

Então existem algumas características que deturpam a visão da ciência, e que associam a ela aspectos doutrinários. Por exemplo a crença de que leis e teorias podem ser descobertas a partir da observação fechada e coleta de dados experimentais e, o segundo em uma crença de que leis ou teorias podem ser comprovadas, testadas e justificadas experimentalmente. Que caracterizam uma forma ingênua de empirismo, que pensada pedagogicamente e aplicada na forma como se elabora proposta de experimentação, parece não contribuir com o gênero de raciocínio de laboratório que procuramos, como enriquecedor nos processos de ensino aprendizagem.

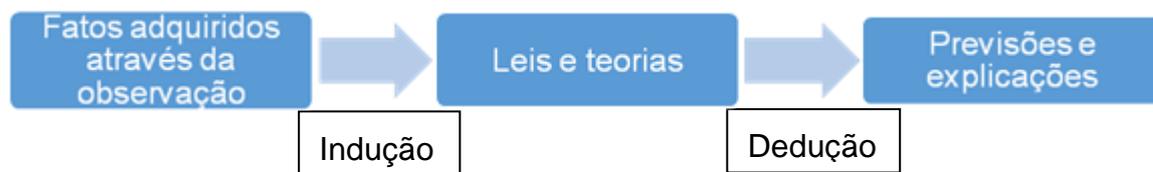
Na próxima subseção argumentamos pontos que consideramos falhos nessa forma de empirismo, que parecem ter sido exoticamente inseridos pelo projeto PSSC como metodologia no ensino de Física, pelo menos a respeito da segunda lei de Newton.

### 3.3.1.2 Crítica a uma forma ingênua de empirismo

Antes de apresentarmos a sequência didática com o entrelaçamento entre a teorização e a experimentação, queremos destacar porque refutamos as práticas ingênuas indutivistas, que alicerçam uma impressão ingênua a respeito da ciência de que:

Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar, etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência. A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente. (CHALMERS, 1993, p.18).

Para o indutivismo ingênuo a ciência inicia com a observação, o observador utilizando dos órgãos do sentido da visão, da audição registra fielmente e de forma objetiva dados que pode ver e ouvir, de forma completamente neutra e totalmente desprovida de qualquer preconceito. Da base de dados obtidos, e das afirmações singulares do observador, que chamaremos de proposições de observação e, com derivações lógicas, afirmações gerais como leis e teorias podem ser descobertas ou inventadas. E então aparece uma característica importante da ciência de explicar e prever novos fenômenos a partir da dedução das leis e teorias. Conforme a representação:



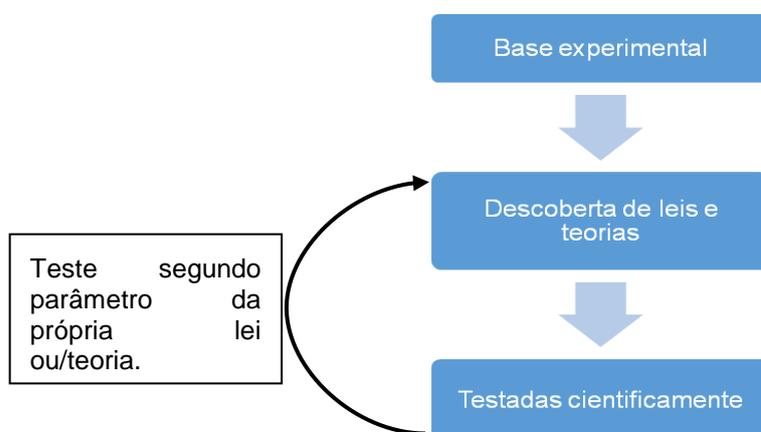
**Figura 9: esquema do indutivismo para previsão e explicação de novos fenômenos.**

A questão é quando um observador bem treinado vai a campo para realizar suas observações livres de qualquer preconceito, as realiza com que propósito? Considerando que a observação é específica e, portanto, na maioria das vezes na ciência não é ao acaso, indica a intencionalidade de que a observação já está alicerçada em alguma formação de juízo, conceito ou teoria, mesmo que elementar e pouco elaborada.

O que um homem vê depende tanto daquilo que ele olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o ensinou a ver. Na ausência de tal treino, somente pode haver o que William James chamou de “confusão atormentada e intensa”. (KUHN, 2013, p. 204).

Outro ponto é como uma lei ou teoria, uma afirmação geral e irrestrita, serem justificadas com uma base de evidência limitada, portanto contendo um número limitado de proposições de observação? Que eventualmente pode existir uma proposição de observação singular falsa, porém admitida como verdadeira, que por derivação lógica induzirá a uma afirmação universal também falsa.

Um problema no cerne da questão do indutivismo ingênuo, é que leis e teorias são descobertas a partir de uma base experimental, e são testadas cientificamente segundo e a luz das teorias obtidas indutivamente de proposições de observação singulares, que eventualmente podem ser falsas.



**Figura 10: esquema representando teste experimental submetido aos parâmetros da lei ou teoria que o propôs.**

Na tentativa de justificar o princípio da indução apela-se para a lógica. Mas é falha, pois as proposições de observação utilizados no indutivismo ingênuo não

equivalem as premissas da lógica em veracidade, por não permitirem o contraditório. Acaba que o problema da indução é o de utilizar da indução para justificar a própria indução. Sendo mais preciso na concepção de Hacking (2012):

Verdade e estilo de raciocínio formam uma espécie de círculo virtuoso, no qual “a verdade é o que nós descobrimos de um tal modo. Nós a reconhecemos como verdade por causa de como nós a descobrimos. E como nós sabemos que o método é bom? Porque ele obtém a verdade”. (Hacking, 2012, p. 16).

Parodiado por Hacking (2013, p. 26-27), no seu ensaio introdutório para o quinquagésimo aniversário da edição de “A Estrutura Das Revoluções Científicas” (KUHN, 2013):

Eis uma bela paródia da ideia: você não pode pretender que nós carecemos de livre-arbítrio (por exemplo), porque devemos aprender o uso da expressão “livre-arbítrio” a partir de exemplos, e eles são os paradigmas. Uma vez que aprendemos essa expressão a partir dos paradigmas, os quais existem, o livre-arbítrio existe. (HACKING, 2013, p. 26-27).

Outro aspecto problemático para a indução é com relação a base experimental: em determinar a quantidade que represente um número expressivo para a base experimental e, um número de variações, situações diferentes e não supérfluas. Para definir tais parâmetros deve-se apelar para algum conhecimento teórico, mas tal apelo vai contra o princípio indutivistas de que a teoria inicia da observação.

Em relação a base experimental podemos exemplificar com o exemplo clássico dos corvos pretos, ou seja, quantos corvos pretos devemos observar para com um número expressivo de proposições de observações singulares, então afirmar que todos os corvos são pretos. Conclusão não há como garantir que uma proposição é verdadeira, mas sim afirmar que é possivelmente verdadeira, o que implica para um recuo da indução para a probabilidade, o que não resolve o problema da indução, pois teremos ainda uma afirmação universal considerada possivelmente verdadeira.

É também falho parece-nos a referência entre a base experimental e a lei inferida, pois nunca tal referência poderá ser fixada a uma determinada lei, em outras palavras digamos que mesmo que estivéssemos de “acordo completamente quanto aos fatos a respeito do mundo – isto é, quanto às sentenças que pensamos serem verdadeiras -, mas, ainda assim, pode ser que jamais constatemos que, quando eu falo de gatos, você fala de cerejas”. (Hacking, 2012, p. 178). Pois como representamos imagens sobre os fatos, depende do sistema de crenças que possuímos e:

Além disso, o seu sistema de referência pode diferir do meu de uma forma tão sistemática que a diferença entre nós jamais apareça, independente da verdade a respeito dos gatos e das cerejas. (Hacking, 2012, p. 179).

Agora vamos ater-nos ao papel do observador no Indutivismo ingênuo, que deve ser preciso na observação, livre de qualquer preconceito e imparcial. Entretanto durante o experimentar, como decidir o que medir, para coletar dados específicos, é necessário algum juízo, ou teoria para definir o que observar? E o que medir? Destaca-se a importância do observador, pois a observação depende de quanto o observador possui de conhecimento, este define o que se procura durante o experimento de observação.

A afirmação de qualquer proposição de observação deve ser precedida de teoria é contundente em apontar que a ciência iniciada com a observação é falso, portanto derrubando o princípio do indutivismo ingênuo. Assim as proposições de observação não constituem uma base firme na qual o conhecimento científico deva ser alicerçado, simplesmente porque tais proposições estão sujeitas a falhas.

Os estudiosos da filosofia da ciência demonstraram repetidamente que mais de uma construção teórica pode ser aplicada a um conjunto de dados determinado, qualquer que seja o caso considerado. (KUHN, 2013, p. 158).

Entretanto as proposições de observação não devem ser completamente descartadas, apenas não devem assumir o papel fundamental defendido e utilizado pelos indutivistas para justificar leis e teorias da ciência, pois o papel assumido é incorreto.

Um historiador perspicaz, observando um caso clássico de reorientação da ciência por mudança de paradigma, descreveu-o recentemente como “tomar o reverso da medalha” (BUTTERFIELD, 1949, p. 1-7), processo que envolve “manipular o mesmo conjunto de dados que anteriormente, mas estabelecendo entre eles um novo sistema de relações, organizado a partir de um quadro de referência diferente”. (KUHN, 2013, p. 169).

Pois a mesma base de dados pode servir à uma estrutura teórica ou outra, conforme a história já mostrou. Escolhemos pontuar sobre esse entendimento do indutivismo ingênuo, por permear a forma de experimentação no ensino que temos argumentado falho, nos aspectos que coloca a teorização em segundo plano e impõe um empirismo ingênuo, simplificando a importância da experimentação como racional e empírica, na manipulação da lei fundamental dos movimentos. E a seguir pontuaremos alguns equívocos que acabaram por permear a forma de experimentação no ensino de física na escola básica.

### 3.3.1.3 Equívocos da experimentação no ensino de física, que reforçam obstáculos a aprendizagem

O laboratório didático é uma ferramenta para o ensino de física teórico e experimental, com as várias modalidades, e que por princípio auxiliam nas mediações do ensino aprendizagem, entretanto sua aplicação parece-nos ao longo das décadas equivocada no ensino tradicional de ciência, pois sua contribuição para o ensino e aprendizagem não parece significativo. De tal forma que se tornou o mote de muita investigação:

“O papel do laboratório no ensino de Física tem sido bastante discutido ao longo das últimas décadas. Muitos trabalhos têm procurado analisar a questão, tanto do ponto de vista histórico, conceitual ou dentro da problemática do ensino aprendizagem. Outros, apresentam propostas específicas, abordagens concretas ou descrevem experiências. Enfim, muito se tem dito e feito sobre o problema, que aliás não é um problema simples.” (SCHMIDT; KAWAMURA, 1993 p. 366)

Por exemplo nos trabalhos do Pe. Aloysio Vienken, que estava extremamente envolvido com a divulgação do projeto PSSC no Brasil e que percorria regiões do país contribuindo através de cursos de formação para utilização da experimentação, cursos oferecidos através da empresa O. Bender, com seu ônibus itinerante adaptado como um laboratório de demonstrações experimentais e que o professor Pe. Vienken utilizava como ferramenta de apoio em suas atividades nos cursos de formação.

O movimento do qual o Pe. Vienken fazia parte, contrapunha-se a um tipo de ensino praticado no Brasil, que se caracterizava basicamente na transmissão de conteúdo, doutrinadamente apresentados nos livros texto adotados pelas instituições de ensino e que tinham o foco no preparo para os concursos vestibulares, com um ensino de física como um amontoado de fórmulas matemáticas que deveriam ser memorizadas e uma sequência de problemas matemáticos que visavam o treinamento destes alunos em uma perspectiva behaviorista, priorizando a aprendizagem automatizada como preparação para o concurso vestibular.

O movimento alinhado ao projeto PSSC, propunha que a experimentação tornar-se-ia um complemento ao corpo teórico trabalhado em sala de aula, então surge a ideia do laboratório tradicional de Física, com a utilização das demonstrações experimentais com a intencionalidade de enriquecer e ilustrar parcialmente o corpo teórico trabalhado pelo professor.

Outra característica na proposta do projeto PSSC é a interação dos estudantes com a experimentação, manuseando o aparelho experimental, com a intenção da formação do jovem cientista, que aprende ciência fazendo ciência, para tanto a proposta era que os materiais constituintes dos “kits” apresentassem durabilidade e simplicidade, assim facilitando a manipulação por parte dos estudantes acompanhados dos manuais ou guias de experimentação em um aspecto de “folheto turístico” (KUHN, 2013, p.59):

Mesmo os próprios cientistas têm haurido essa imagem principalmente no estudo das realizações científicas acabadas, tal como estão registradas nos clássicos e, mais recentemente, nos manuais que cada nova geração utiliza para aprender o ofício. Contudo, o objetivo de tais livros é inevitavelmente persuasivo e pedagógico; um conceito deles haurido terá tantas probabilidades de assemelhar-se ao empreendimento que os produziu como a imagem de uma cultura nacional obtida por meio de um folheto turístico ou um manual de línguas. (KUHN, 2013, p. 50).

Como já afirmamos os “kits” eram acompanhados dos manuais, que objetivavam que os estudantes redescobrissem a ciência e também com aspectos de comprovação de leis da física com o princípio da verificabilidade. “Assim, o pensamento de Hume é o lugar em que começa o critério de verificabilidade que intencionava distinguir o nonsense (a metafísica) do discurso dotado de significado (a ciência, principalmente).” (Hacking, 2012, p. 111).

Agora a simples presença do laboratório tradicional melhora a aprendizagem? A proposta de acrescentar cor, contraste, curiosidade de objetos não usuais e eventos distintos “é sedutor! Além de evidente, é um empirismo colorido. Não é preciso compreendê-lo, basta vê-lo.” (Bachelard, 2013, p. 37). Em contraponto com a sala de aula seriam fatores suficientes para melhorar o processo de ensino aprendizagem? Parecendo que:

De certa forma pueril, que as ciências experimentais provocam e para propor uma interpretação particular desse interesse. Nossa tese é a seguinte: o fato de oferecer uma satisfação imediata à curiosidade, de multiplicar as ocasiões de curiosidade, em vez de benefício pode ser um obstáculo para a cultura científica. Substitui-se o conhecimento pela admiração, as ideias pelas imagens. (Bachelard, 2013, p. 36).

A contribuição ficou no sentido de incremento metodológico, talvez de chamamento para o ensino de física e “ao reviver a psicologia dos observadores iludidos, vamos constatar a implantação de uma era de facilidade que retira do pensamento científico o sentido do problema.” (Bachelard, 2013, p. 36). Um ensino de ciência que foi incrementado em termos de habilidades motoras no manuseio do equipamento experimental, oferecendo uma “falsa” facilidade de realização científica

passando a impressão que se seguido aqueles passos definidos por um guia os estudantes chegariam as mesmas conclusões que os cientistas.

Com quase igual regularidade, os mesmos livros têm sido interpretados como se afirmassem que os métodos científicos são simplesmente aqueles ilustrados pelas técnicas de manipulação empregadas na coleta de dados de manuais, juntamente às operações lógicas utilizadas ao relacionar esses dados às generalizações teóricas desses manuais. (KUHN, 2013, p. 60).

E que estudantes orientados por um roteiro de laboratório serão conduzidos para descobertas claras e inequívocas, desde que sigam a prescrição da sequência de atividades definidas pelo roteiro experimental.

Assim, essas doutrinas primitivas, referentes a fenômenos tão complexos, apresentavam-se como doutrinas fáceis, condição indispensável para que fossem divertidas, para que interessassem um público mundano. Ou ainda, para falar como filósofo, essas doutrinas apresentavam-se com a marca de um empirismo evidente e básico. É tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato e proibir a busca de leis! (Bachelard, 2013, p. 37).

Por exemplo, estudantes aprendendo a utilizar material de laboratório ou técnica de laboratório específica, realizando uma série de observações e medidas de fenômenos previamente determinados pelo professor, são levados a crença de que descobrirão ou formularão uma lei a partir de proposições de observação de um determinado fenômeno, no sentido do indutivismo ingênuo. Tal entendimento com relação aos dados coletados durante as observações e medidas é ingênuo, em assumir que os dados são imediatos, na perspectiva de que são lidos diretamente da amostra de mundo observada e, que não são problemáticos.

Ignorando completamente a ideia de que quando os cientistas se debruçam sobre um problema de pesquisa, ele tem dificuldades em delimitá-lo, identificar o foco central e diferenciá-los de focos periféricos de menor grau de importância e principalmente relevar em conta as decisões que o pesquisador deve tomar quando decide por uma experimentação para confrontar sua tese com a realidade, com a intenção de validá-la relativamente e parcialmente. Conforme Kuhn (2013) melhor descreve:

Mas é difícil fazer com que a natureza se ajuste a um paradigma. É por isso que os quebra-cabeças da ciência normal constituem tamanho desafio e as medições realizadas sem a orientação de um paradigma raramente levam a alguma conclusão. (KUHN, 2013, p. 230).

Em palavras mais simples barateando o trabalho científico de pesquisa e de experimentação. A consequência direta é de resultados em termos do processo ensino aprendizagem ficar muito aquém do que foi esperado, e perdendo a oportunidade de que o estudante pudesse vivenciar de fato o cotidiano de como se

realiza ciência, aprendendo e ensinando através da problematização o desenvolvimento de habilidades de investigação, colaboração e de pesquisa; forjando um perfil de estudante curioso, empreendedor e pesquisador como solucionador de problemas.

“A introdução do PSSC em nosso meio educacional provocou uma mudança no ensino de Física e que esta mudança ocorreu, principalmente, na metodologia empregada”, (CARVALHO, 1972, p. 136). Uma provocação aos professores que reproduziam uma atividade alicerçada no pensamento pedagógico de um ensino automático de verbalização, memorização e de reprodução. Instigados assim para uma real necessidade de mudança e uma destas propostas era o laboratório didático como ferramenta para enriquecer o processo ensino aprendizagem, no primeiro momento como ferramenta metodológica na vivência com o aparelho experimental e seu manuseio.

Portanto desde muito tempo é momento de avançarmos e investigarmos como se ensina e como se aprende utilizando do aparelho experimental nas aulas de física, portanto devemos resgatar epistemologicamente a importância do laboratório didático no processo ensino aprendizagem, neste sentido devemos investigar a percepção do ensino de ciências, que como transmissão automática de conteúdo não contempla a aprendizagem significativa.

Podemos iniciar apontando as principais características valorizadas no laboratório tradicional e que devem ser repensadas, por exemplo o roteiro experimental fechado em sua estrutura de organização está mais comprometido com a metodologia da utilização do aparelho experimental do que com conceitos físicos, estes deixados de lado por conta da irrelevância na percepção dos estudantes, uma vez que o problema já foi delimitado pelo professor e também o encaminhamento experimental para o resolver.

Portanto o processo do que observar, a coleta de dados e o enfoque de análise dos dados já foi decidido e pré-definido pelo professor, e que para o perfil conceitual do professor todo o encaminhamento para a resolução do problema faz todo o sentido. Entretanto para o perfil conceitual do estudante a concepção para a resolução do problema é o mesmo?

Em outras palavras seguindo os roteiros fornecidos pelo professor, pode-se acreditar que os objetivos possam ser alcançados? Mas não se pode afirmar como certo que todos os estudantes envolvidos na experimentação observam da mesma

forma o fenômeno e, portanto, teriam as mesmas proposições de observação, ou seja, que todos interpretam da mesma forma ou aceitam a validade e legitimidade das observações.

O que ocorre de fato é um dispendioso tempo por parte dos estudantes em operar o aparelho experimental com a sua relativa complexidade, em coletar dados de forma sem a real compreensão do que? E para que? Estão sendo realizadas as medidas, seguido de uma bateria de cálculos em busca do resultado “certo” e “esperado”, sobrando muito pouco tempo para o processo de decisões e para a análise dos dados e, portanto, neste enfoque o laboratório é mais encarado pelo estudante como motivação e por aperfeiçoar seu manejo do aparato experimental. Muitas vezes a complexidade dos equipamentos funcionam como uma barreira para que o estudante compreenda os conceitos envolvidos no experimento.

Tal encaminhamento pouco ou nada contribui em considerar as concepções espontâneas dos estudantes, alicerçadas em suas intuições primeiras e no seu empirismo, como também ignora a valorização do aspecto sócio cultural que podem ser encorajados em discussões e tomadas de decisões no sentido buscar soluções na resolução de problemas. Pelo contrário os procedimentos e o problema já estão previamente determinados e muitas vezes desconectados com o mundo.

Desde o projeto PSSC (MIT), que propunha o aprendizado de Física tornando os estudantes pequenos cientistas e com a extrema valorização do manuseio do aparelho experimental e que proporcionou aos estudantes muita habilidade motora e uma aprendizagem automática, acabou-se negligenciando a parte cognitiva presente no processo entre observações e fatos, estímulos e respostas.

Portanto uma educação científica tradicional, e como isto reflete na utilização do laboratório e da experimentação é falha em alguns aspectos:

a) em características como descobertas de leis da natureza ou no aspecto da proposta de verificação e comprovação de leis e teorias. Com atividades equivocadas no sentido que o sucesso já está garantido de antemão e que procura testar alguns aspectos bem específicos da lei ou teoria, e não trata dos fundamentos. E os estudantes conhecendo os resultados, corrigem os resultados quando não são os esperados e conforme a teoria prediz.

b) utilização ingênua de um tipo que se acredita ser um método científico, sem a devida transposição didática, não adaptando o tipo de investigação

experimental, que é diferente do laboratório que produz ciência e daquele laboratório que ensina ciência. Passando a ideia de que fazer ciência significa descobrir fatos e leis pela aplicação de um método experimental, que como algoritmo é apresentado como único e infalível. Defendendo que na observação da experimentação são coletados dados puros, verdadeiros e objetivos e, com tais características considerados de alta confiabilidade e desprovido de qualquer preconceito teórico do observador.

c) apontamos alguns pontos falhos considerando a existência de uma estrutura de laboratório aparelhada, porém quando esta estrutura não existe as soluções que apareceram também podem ter constituídos equívocos como proposta de experimentação. Quando paliativamente pode se fazer uso do laboratório da categoria chamado de sucata ou de baixo custo, mas que pode passar a impressão de sustentabilidade ou de motivação para os estudantes, que se envolverão e interessar-se-ão com motivação, mas que pode tornar-se apenas de chamamento e criar imagens de um empirismo fácil, que acabarão por constituir obstáculos epistemológicos a aprendizagem.

Entendemos que a falta de estrutura de laboratório ou a substituição dela por medidas paliativas, não constituem o principal responsável da não aprendizagem significativa em ciência. Pois o foco da experimentação não é o aparelho experimental, mas o perfil do experimentador em especular na busca de soluções de problemas racionalmente e empiricamente. E que muitas vezes podem ser experimentos de pensamento, “os historiadores costumavam dizer que Galileu era muito mais um plantonista que fazia as coisas na sua cabeça do que um experimentador que fazia coisas com as mãos. ” (Hacking, 2012, p. 333). Que abusava de construções mentais para confrontar a teoria com a realidade, buscando ressalvas para os juízos construídos com experiências que não poderiam ser realizadas por falta do aparato tecnológico. Vamos incrementar o entendimento com a visão de Kuhn (2013):

Não é por acaso que a emergência da física newtoniana no século XVII e da relatividade e da mecânica quântica no século XX foram precedidas e acompanhadas por análises filosóficas fundamentais da tradição de pesquisa contemporânea. Nem é acidental o fato de em ambos os períodos a chamada experiência de pensamento ter desempenhado um papel tão crítico no progresso da pesquisa. Como mostrei em outros lugares, a experiência de pensamento analítica que é tão importante nos escritos de Galileu, Einstein, Bohr e outros é perfeitamente calculada para expor o antigo paradigma ao conhecimento existente, de tal forma que a raiz da

crise seja isolada com uma clareza impossível de obter-se no laboratório. (KUHN, 2013, p. 173).

Portanto a importância não reside somente no aparato experimental, com a manipulação de artefatos concretos, mas sim no empreendimento do estudante na busca de soluções, diante de problematizações instigantes que o desafiam e o retiram da sua zona de conforto, manipulando entidades concretamente ou mentalmente.

Não fomos os primeiros incomodados com o baixo resultado com os projetos, outros que também ensinam física, iniciaram o processo de modificação da experimentação no ensino de física e da utilização do laboratório didático, então aflorou com o construtivismo uma outra metodologia para a experimentação, surgiram assim propostas inovadoras na linha do construtivismo e na aposta do conflito cognitivo como medida de ensino aprendizagem significativa e na linha piagetiana como percebemos na referência abaixo:

“Nosso trabalho propõe o uso de experimentos, brinquedos e jogos da forma mais ampla possível. Numa perspectiva didática, entretanto, não podemos nos restringir ao brincar desinteressado. Este deve estar inserido na consequência pedagógica do conhecer” (Ramos e Ferreira, 1993, p. 374) O trabalho se apresenta como uma alternativa metodológica, justificada “segundo o modelo piagetiano”, defendendo ainda a importância do próprio estudante construir seu equipamento com base na citação de Kapitza: “Para que um estudante compreenda um experimento, ele próprio deverá executá-lo, mas ele entenderá melhor se, além de realizar o experimento, ele construir os instrumentos para a sua experimentação”. (Ramos; Ferreira, 1993, p.376)

Priorizou-se como objeto de pesquisa as concepções alternativas dos estudantes e nos chamados conflitos cognitivos, que até pouco tempo foi considerado a solução para uma aprendizagem significativa, mas que já mostrou-se falha, pois sabemos que desconstruir o senso comum dos estudantes em prol de uma visão mais científica de mundo é uma tarefa deveras árdua, o que é possível é um aperfeiçoamento de determinados perfis conceituais em alguns casos. Simplesmente porque aspectos da prática social dos estudantes são extremamente marcantes e detentores da formação dos mesmos, inclusive influenciando sua formação acadêmica e interferindo nas propostas tímidas dos processos de ensino aprendizagem da escola.

Então o que pareceu que era o caminho, na visão do perfil conceitual do professor, mas ignorando relativamente a prática social dos estudantes, apesar da aposta do conflito cognitivo, na intenção da desconstrução do senso comum dos

estudantes pela substituição de uma visão mais elaborada e científica de mundo, entretanto é ignorado o quanto a prática social do estudante é intensa na formação de suas estruturas cognitivas, e que o aperfeiçoamento desta tal visão aperfeiçoada do ponto de vista da ciência é um processo e que leva tempo, e que deve acontecer da forma mais prematura possível na escola de base. E com isso remetemos novamente para o nosso foco do problema os processos de ensino aprendizagem de ciência e como é encarado o laboratório didático na escola de base.

Estará o problema em emparelhar a forma de como o professor trabalha o encaminhamento metodológico com características positivistas, e o estudante que aprende amarrado em sua prática social, seu cotidiano e seus problemas do cotidiano. Então há um problema “técnico” de raiz, que é como uma corrente que ignora o indivíduo e sua cognição e o outro que aposta em aspectos cognitivos, mas que ainda é desconsiderado a vivência de ser social o tempo todo.

Segundo Pinho (2000), de todos os trabalhos nas últimas décadas dos SNEFS e EPEFS até o ano de 2000, dos trabalhos relativos ao laboratório didático não houve avanços no sentido da discussão epistemológica da função do laboratório e, quase nenhuma discussão sistemática em torno do estabelecimento da do pensamento pedagógico do laboratório e da atividade experimental. Mas somente uma grande evolução nos aspectos didáticos e metodológicos e, meio que foi herdado a aplicação do procedimento experimental utilizando – se de um entendimento equivocado do método científico utilizado nas pesquisas científicas, sem nenhuma preocupação de adaptação para o ensino de física a nível de escola básica.

E em todos os anais dos dois tipos de simpósios até o ano de 2000, o laboratório não é contestado da sua necessidade, mas fica que ele não passaria de uma extensão do processo de ensino. Uma extensão da sala de aula deixado em segundo plano, a qual também reproduz um ensino que promove a reprodução e a repetição em um ambiente que não investe na problematização e investigação, portanto o laboratório didático não foge muito desta visão tradicional da ciência, fundamentada com algumas características positivistas, seja na forma tecnicista ou construtivista.

Então no I ENPEC, de uma forma não tímida volta-se os olhos para a análise epistemológica do laboratório didático, além de uma discussão mero

metodológica, assim inicia-se uma crítica a percepção tradicional e automatizada de sua utilização. Conforme escreveu Borges:

“As principais críticas que se fazem a estas atividades práticas é que elas não são efetivamente relacionadas aos conceitos físicos; ... não são relevantes do ponto de vista dos estudantes, já que tanto o problema como o procedimento já estão previamente determinados”. (BORGES,1997, p.2).

Logo já sabemos o que não funciona, agora vamos em busca de outras alternativas e com uma discussão mais epistemológica do uso do laboratório didático, como por exemplo na utilização do laboratório didático de apresentação de problemas abertos e fechados. Para tanto também devemos buscar inspiração em Kuhn, Bachelard e Hacking para estabelecermos um novo gênero de raciocínio, que alicerce a cultura de laboratório.

Portanto agora devemos avançar uma vez que a percepção do ensino de ciências, que como transmissão automática de conteúdo não contempla a aprendizagem significativa. É notório que a utilização equivocada da experimentação está associada na percepção de como os professores percebem o ensino de ciência, percepção ainda tradicional.

#### 3.3.1.4 Investigação de situações problema com a intencionalidade de entrelaçar o racionalismo e o empirismo

Hacking (2013) faz referência da importância que Kuhn atribuía a chamada “ciência normal” (KUNH, 2013) e a resolução dos chamados “quebra-cabeças” (KUNH, 2013), destacando a importância dos períodos estáveis da ciência, em que os cientistas se propõem a encontrar soluções de problemas surgidos ou absorvidos por um paradigma, utilizando das leis e teorias como ferramentas.

A caracterização de ciência normal como resolução de quebra-cabeças sugere que Kuhn não julgava que a ciência fosse importante. Ao contrário, ele ensinou que a atividade científica era enormemente importante e que a maior parte dela é ciência normal. (HACKING, 2013, p. 22).

Propomo-nos assim em inovar no aspecto de metodologia na utilização da experimentação, utilizando nas atividades experimentais como pano de fundo de leis e teorias da chamada ciência normal, estável e sem anomalias, e com a proposição aos estudantes a resolução de quebra-cabeças com inspiração kuhniana. É claro que sabemos que na atividade de laboratório escolar não se resolverá os mesmos problemas que os cientistas se propõem a resolver nestes períodos de calma da ciência. Mas que os estudantes nas atividades de laboratório também podem

procurar soluções nas situações problema investigadas, que de certa forma exigem do estudante o conhecimento das leis e teorias.

Paradigmas são integrais para a ciência normal e uma ciência normal, praticada por uma comunidade científica, continua enquanto houver uma profusão de coisas a fazer, problemas abertos que levam à pesquisa utilizando métodos (leis, instrumentos etc.) reconhecidos pela tradição.... A ciência Normal é caracterizada por um paradigma, que legitima quebra-cabeças e problemas sobre os quais a comunidade trabalha. (HACKING, 2013, p. 29).

Com a intencionalidade de ajuizamento pelos estudantes de entidades teóricas em alto grau de abstração, generalidade e inclusividade. Na medida que os estudantes procurem soluções de problemas, apresentados como proposições de observação experimental, confrontando esta realidade modelada com a entidade teórica que se propõe a explicá-la, alinhado com o pensamento kuhiano “que problemas no fim dos capítulos dos textos de ciência são os principais. O que pode acontecer se os alunos aprendem enquanto resolvem? ” (KUHN, 1971, p. 301) e corroborado por Hacking (2013):

Mas eles não capacitam ninguém a tornar-se um cientista. Você é introduzido não pelas leis e teorias, mas pelos problemas que aparecem nos finais dos capítulos. Você deve aprender que um grupo de tais problemas, aparentemente dispare, pode ser solucionado com o uso de técnicas similares. Ao resolvê-los você capta a maneira de levar à frente a questão utilizando as semelhanças “corretas”. (HACKING, 2013, p. 30).

Na transposição didática para escola procuramos não “baratearmos” o trabalho do cientista e sim de forma honesta transparecer que o cientista se utiliza da ciência normal e através de modelos resolver problemas. Assim arriscamo-nos na proposição de um laboratório em contraponto ao utilizado tradicionalmente de forma de reprodução automática e de repetição, para um inovando em problematizar, assim:

As aplicações não estão lá simplesmente como um adorno ou mesmo como documentação. Ao contrário, o processo de aprendizado de uma teoria depende do estudo das aplicações, incluindo-se aí a prática na resolução de problemas, seja com lápis e papel, seja com instrumentos num laboratório. Se, por exemplo o estudioso da dinâmica newtoniana descobrir o significado de termos como “força”, “massa”, “espaço” e “tempo”, será menos porque utilizou as definições incompletas (embora algumas vezes úteis) do seu manual, do que por ter observado e participado da aplicação desses conceitos à resolução de problemas. (KUHN, 2013, p. 120).

Portanto devemos avançar de uma ótica ultrapassada de percepção de ensino de ciência tradicional, a de que é possível encontrar leis universais e necessárias a partir de eventos experimentais casuais, quando temos certeza de

que precisamos da teoria à priori para estabelecermos inclusive o que queremos observar durante qualquer processo experimental.

Em primeiro lugar, será frequentemente visto como um homem que procura ao acaso, realizando experiências simplesmente para ver o que acontecerá, procurando um efeito cuja natureza não pode imaginar com precisão. Ao mesmo tempo, dado que nenhuma experiência pode ser concebida sem o apoio de alguma espécie de teoria, o cientista em crise tentará constantemente gerar teorias especulativas que, se bem-sucedidas, possam abrir o caminho para um novo paradigma e, se malsucedidas, possam ser abandonadas com relativa facilidade. (KUHN, 2013, p.171-172).

Utilizando no ensino de ciência da experimentação entrelaçada ao corpo teórico, intencionamos que exista uma retroalimentação entre ambas, de tal forma que as leis e teorias tornam – se mais consistentes e mais valorizadas, quanto mais experimentalmente elas forem manipuladas. “Estavam trabalhando tanto com fatos como com teorias e seus trabalhos produziram não apenas novas informações, mas um paradigma mais preciso.” (KUHN, 2013, p. 100). Portanto não vamos ao laboratório para comprovar leis e teorias, mas para fazer ressalvas e para comparar ele com a realidade para validá-lo parcialmente.

Com um estilo de experimentação que cria fenômenos, modelando a natureza, pois desta forma eles são muito mais informativos e organizados e que alicerçam com a manipulação de entidades teóricas e se relacionam com a realidade. Devemos transcender esta concepção ensino de ciência toda a escola básica e em especial nas atividades experimentais que valorizem o racional e o empírico, em que os estudantes solucionadores de problemas à luz de um paradigma conforme Kuhn (2013):

Examinando de perto, seja historicamente, seja no laboratório contemporâneo, esse empreendimento parece ser uma tentativa de forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma. (KUHN, 2013, p. 88-89).

Quais os motivos aqui do destaque a cultura da experimentação no ensino, pois uma teoria somente mostra-se relevante quando se propõe a ajustar-se à realidade através da experimentação, mesmo que no momento da construção da teoria seja inviável em termos de aparelho experimental (tecnológico), e que nesta falta é substituída por uma proposta de experimento mental, portanto:

“A ciência é uma troca irreduzível entre experimentos e teoria, e assim, a separação total entre experimento e teoria não é desejável e nem possível”. (MILLAR, p. 109, 1987)

Uma teoria somente torna-se relevante quando propõe o confronto com a realidade através da experimentação, na filosofia de Bachelard (2009) propõe-se a

dialética entre empirismo/racionalismo que precisa de um elemento de articulação e, o realismo científico de Hacking (2012) com os tipos teóricos e observáveis, que podem ser manipulados experimentalmente e, Kuhn (2013) que não os consideram categoricamente separáveis:

Teoria e fato científicos não são categoricamente separáveis, exceto talvez no interior de uma única tradição da prática científica normal. É por isso que uma descoberta inesperada não possui uma importância simplesmente fatural. O mundo do cientista é tanto qualitativo transformado como quantitativamente enriquecido pelas novidades fundamentais de fatos ou teorias. (KUHN, 2013, p. 67).

Institucionalmente a enculturação científica que defendemos, aparece nos parâmetros curriculares do MEC (1999), que propõe:

“Que o ensino de ciências deve propiciar ao educando compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade”. (MEC, 1999, p. 107).

Além de proporcionar ao estudante formas para que ele adquira o conhecimento científico, a educação científica deve consistir na apreensão por parte do estudante dos processos e métodos em que a ciência progride. Para entender as aplicações da ciência, particularmente em relação à sociedade, por isso tão importante o investimento em CTSA (ciência, tecnologia, sociedade e ambiente) no ensino, para formação de um estudante crítico diante do mundo, o qual deve aperfeiçoar o seu raciocínio, de forma que se aproxime do espírito científico. E que culturalmente a ciência e as praticidades das tecnologias façam parte da sua vida.

Alinhado a este novo entendimento da educação científica, surgem alternativas ao laboratório didático tradicional com algumas características que destacamos:

- Não há necessidade de um ambiente especial e estruturado para a atividade experimental. O ensino de ciências não deve promover esta distinção entre teoria e prática, portanto sempre a teoria deve ser confrontada com a realidade que se propõe a explicar, seja em um ambiente formal de laboratório devidamente aparelhado, seja em sala de aula com materiais alternativos e caso não haja objetos concretos utilizar dos experimentos de pensamento.

- O conhecimento prévio dos estudantes, com suas concepções alternativas devem ser consideradas, pois estão bem sedimentadas na estrutura cognitiva dos estudantes, formadas da sua inserção no seu mundo social e cultural, a partir das suas vivências cotidianas com fenômenos e eventos. Caso tais concepções

alternativas não sejam consideradas no planejamento das atividades propostas pelo professor, poderão funcionar como uma barreira epistemológica a aprendizagem significativa de conceitos formalmente científicos.

- O papel do professor é fundamental, este assumindo um papel de pesquisador e alinhado com a pesquisa-ação em termos freirianos, pois sua prática e planejamento deverão sofrer constante reflexão e com novas ações diante dos objetivos alcançados ou não, em termos do espiral auto reflexivo que impõe uma característica docente de pensar sempre a prática. Assim toda atividade deve haver planejamento e clareza dos objetivos.

- Ainda tratando do professor, este deve ser criativo diante das adversidades, pois quando houver precariedade de material, poderá com um mesmo conjunto de materiais planejar diferentes atividades, como aprender utilizar um instrumento para realizar leituras, obter imagem ou vídeo de um fenômeno com um aparelho tecnológico com tal especificidade, trabalhar com erros e incertezas e relação entre grandezas.

- O pensamento pedagógico do professor deve ter clareza de que teoria e experiência andam juntas, não existem isoladas. Pois somente com tal clareza equilibrará o racional e o empírico no ensino de ciência, com a manipulação de aspectos da teoria antes, durante e depois da experimentação.

- Demandas históricas que ressaltam dicotomias entre paradigmas concorrentes também podem auxiliar no processo de ensino aprendizagem dos estudantes, em perceber a ciência como construção humana e, que muitas vezes a natureza é percebida e explicada com modelos diferentes, ressaltado por Kuhn (2013, p. 68), “A competição entre segmentos da comunidade científica é o único processo histórico que realmente resulta na rejeição de uma teoria ou na adoção de outra”.

Atermo-nos um pouco mais ao laboratório didático bem aparelhado, quais habilidades o estudante deve adquirir e que possam ser utilizadas em outras práticas, ou seja o que ensinar para estes estudantes, no papel de observador e experimentador e, que possam relacionar com objetos tecnológicos do seu cotidiano.

Aperfeiçoar ou encontrar novas áreas nas quais a concordância possa ser demonstrada coloca um desafio constante à habilidade e à imaginação do observador e experimentador. (KUHN, 2013, p. 91)

Para adquirir tais habilidades no ambiente de laboratório aparelhado os estudantes podem ser estimulados a usar equipamentos e instrumentos específicos, medir grandezas físicas e realizar pequenas montagens. Sempre de forma não complexa, para que não se perca maior tempo do laboratório com arranjos experimentais muito elaborados e que destoem a principal função da prática experimental, da realização de conjecturas por parte dos estudantes para resolução de problemas instigantes.

Ainda habilidades relacionadas em saber repetir um procedimento experimental, afim de repetir a coleta de dados qualitativos ou quantitativos, para aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos. Aprender a representar as informações colhidas de diferentes formas como diagramas, esquemas, gráficos, tabelas, etc. Assim acreditamos que com tais habilidades adquiridas funcionarão como ferramentas em diferentes atividades propostas, que envolvam a resolução de problemas e em situações práticas.

Tratando do perfil do estudante, a educação científica contribuirá em formar estudantes empreendedores em tomar decisões, agirem de maneira crítica e independente, que adquiram o hábito de trabalhar em grupo em clima de cooperação. Com aspectos da prática social (provocadas por novos valores, conhecimentos e crenças, novas percepções e maturação), tão necessária na atividade em grupo, onde o espírito de colaboração deve imperar para busca de soluções para resolução de problemas. Aqui buscamos inspiração e transposição didática em Kuhn (2013):

O que incita ao trabalho é a convicção de que, se for suficientemente habilidoso, conseguirá solucionar um quebra-cabeças que ninguém até então resolveu ou, pelo menos, não resolveu tão bem. Muitos dos grandes espíritos científicos dedicaram toda a sua atenção profissional a complexos problemas dessa natureza. (KUHN, 2013, p. 107).

Consideramos por hipótese da nossa transposição didática que não há como comparar o trabalho científico de pesquisa com as atividades práticas experimentais desenvolvidas no ambiente escolar, pois o cientista com seu perfil conceitual científico, dedicou-se anos, décadas a estudar um ramo restrito da ciência normal no sentido kuhniano e, quando se propõe a realizar a experimentação esta é delimitada e decidida segundo parâmetros amplamente refletidos pelo observador treinado por anos de dedicação, e com foco a aferir dados que aproximem a teoria ou problema a

ser resolvido pelo cientista com a realidade, com a criação de fenômenos na experimentação:

A ciência normal, atividade que consiste em solucionar quebra-cabeças, é um empreendimento altamente cumulativo, extremamente bem-sucedido no que toca ao seu objetivo: a ampliação contínua do alcance e da precisão do conhecimento científico. Em todos esses aspectos, ela se adequa com grande precisão à imagem habitual do trabalho científico. (KUHN, 2013, p. 127).

Portanto tentar reproduzir isto dentro dos muros da escola sem uma adaptação adequada é baratear o trabalho da ciência e daqueles que a constroem. Porém esta intencionalidade de resolver problemas é algo que o trabalho da ciência nos ensina e devemos empreender nas pesquisas sobre ensino aprendizagem, pois os estudantes podem interessar-se em resolver problemas que estão próximos do seu dia a dia.

Neste sentido devemos apostar em uma proposta de atividade experimental, orientada por um roteiro experimental mais flexível, devidamente planejado pelo professor, que deixará um caminho aberto ao verdadeiro diálogo no sentido freiriano, em que as expectativas e ideias prévias a respeito do fenômeno observado e da situação problema instigante, serão relevantes na busca e construção de possíveis soluções, ou seja o estudante será ouvido de forma honesta, em um diálogo horizontal entre professor colaborador e estudante empreendedor.

A organização do planejamento do professor deve considerar que a atividade agregará valor, considerando a participação do estudante na busca de soluções de um problema instigante, um quebra-cabeças no sentido kuhniano:

Para ser classificado como quebra-cabeças, não basta um problema possuir uma solução assegurada. Ele deve obedecer a regras que limitam tanto a natureza das soluções aceitáveis como os passos necessários para obtê-las. Solucionar um jogo de quebra-cabeças não é, por exemplo, simplesmente “montar um quadro”. (KUHN, 2013, p. 108).

Que diferentemente de um exercício experimental, não possui uma solução imediata. O que interessa é o processo em resolver uma determinada situação perturbadora e, as conjecturas produzidas no empreendimento por parte dos estudantes na busca de possíveis soluções sempre submetidos a uma entidade teórica, “tanto como as leis e teorias, proporcionam as regras do jogo para os cientistas” (KUHN, 2013, p. 111). Para tanto os problemas tem que mostrar-se parcialmente ou completamente abertos, dependendo do tempo disponível para a atividade.

A intencionalidade é que os estudantes se dediquem às atividades mais instigantes e desafiadoras, assim que exijam o pensamento crítico e reflexivo para buscar soluções de problemas. Acompanhando suas ações e juízos, de forma organizada e utilizando das habilidades inerentes da atividade experimental para modelar soluções e confrontá-las com a realidade de forma prática ou com experimentos de pensamento. No lugar de apenas responderem às questões apresentadas em um roteiro fechado elaborado por um ensino tradicional de ciências e esvaziado de problematização.

Optamos por adaptar alguma coisa da “ciência normal” de Kuhn (2013), com uma entidade teórica estável e na busca de soluções para os chamados quebra-cabeças pelos cientistas, cuja crença é fiel ao paradigma vigente e apostando no estreitamento entre a teoria e a prática; ou seja, não buscando validações ou falsificações, mas sim utilizando um tipo teórico na resolução de problemas, veja Kuhn (2013) como aponta a ciência normal como ferramenta de resolução:

A ciência normal esforça-se (e deve fazê-lo constantemente) para aproximar sempre mais a teoria e os fatos. Essa atividade pode ser vista como um teste ou uma busca de confirmação ou falsificação. Em lugar disso, seu objeto consiste em resolver um quebra-cabeça, cuja simples existência supõe a validade do paradigma. O fracasso em alcançar uma solução desacredita somente o cientista e não a teoria. A esse caso, ainda mais do que ao anterior, aplica-se o provérbio: “Quem culpa suas ferramentas é o mau carpinteiro”. (KUHN, 2013, p. 163).

Portanto o que nos interessa na transposição didática do pensamento kuhniano é o estreitamento entre juízos formados pelos estudantes quando apresentado um paradigma em alto grau de abstração, generalidade e inclusividade e, a atividade experimental com alguns experimentos exemplares que corroboram tal lei ou teoria, “Uma vez estabelecido o fenômeno ..., todas as experiências ulteriores nessa área foram determinadas pelo paradigma. Dado o fenômeno, de que outra maneira se poderia ter escolhido uma experiência para elucidá-lo”? (KUHN, 2013, p. 95).

Pelo contrário: Galileu interpretou observações sobre o pêndulo, Aristóteles observações sobre as pedras que caem. ... Mas cada uma dessas interpretações pressupõe um paradigma. Essas eram partes da ciência normal, um entendimento que, como já vimos, visa refinar, ampliar e articular um paradigma que já existe. (KUHN, 2013, p. 214-215).

Para que os estudantes possam aperfeiçoar o ajuizamento do tipo teórico e então quando defrontar com problematizações, o estudante com engenhosidade possa buscar soluções articulando com o tipo teórico aprendido no confronto com a

realidade, a problematização e o manuseio do aparelho experimental, "... esses aparelhos e muitos outros semelhantes ilustram o esforço e a engenhosidade imensos que foram necessários para estabelecer um acordo cada vez mais estreito entre a natureza e a teoria". (KUHN, 2013, p. 92). Em que o estudante terá através de proposições de observação experimental.

O roteiro da atividade experimental explorará aspectos que exijam o raciocínio abstrato de forma gradativa, que exijam do estudante uma boa familiarização com a entidade teórica utilizada como plano de fundo e, os quebra-cabeças e aplicações que permearão a atividade experimental, pois ambos servirão para enriquecer o perfil de engenhosidade dos estudantes, como Kuhn (2013) olhando para história da ciência ressalta:

As experiências de Joule também poderiam ser usadas para ilustrar como leis quantitativas surgem da articulação do paradigma. De fato: a relação entre paradigma qualitativo e lei quantitativa é tão geral e tão estreita que desde Galileu, essas leis com frequência têm sido corretamente adivinhadas com o auxílio de um paradigma, .... Finalmente, existe uma terceira espécie de experiência que visa à articulação de um paradigma. Essa mais do que as anteriores, pode assemelhar-se à exploração e predomina especialmente naqueles períodos e ciências tratam mais dos aspectos qualitativos das regularidades da natureza que os quantitativos. (KUHN, 2013, p. 94).

Exploraremos como plano de fundo aspectos da conservação da quantidade de movimento e a lei fundamental dos movimentos, que quando formulados tinham a limitações nas suas aplicações devido ao aparato instrumental, corroborado com Kuhn (2013) ao referir-se aos Principia de Newton:

Finalmente, os Principia tinham sido planejados para serem aplicados sobretudo a problemas da mecânica celeste. Não era de modo algum claro como se deveria adaptá-lo para aplicações terrestres e em especial aos problemas do movimento violento. .... Não obstante isso, como aproximações elas, limitavam o que poderia esperar entre as predições de Newton e as experiências reais. (KUHN, 2013, p. 97).

Optamos por exemplo da lei fundamental dos movimentos como plano de fundo devido ao alto grau de abstração, generalidade e inclusividade, característica de ciência normal, que a séculos é utilizada em previsões e inúmeras aplicações e, portanto, citando Kuhn (2013) sentimo-nos confortáveis na sua utilização:

Por exemplo, tem-se observado com frequência que a segunda lei de Newton, embora tenha consumido séculos de difíceis pesquisas teóricas e fatuais até ser alcançada, desempenha para os partidários da teoria newtoniana um papel muito semelhante a um enunciado puramente lógico, que não pode ser refutado por observações, por mais amplas que sejam. (KUHN, 2013, p. 161).

Agora em nosso tempo as limitações foram superadas diante de toda a evolução tecnológica, que destacamos e pesquisamos ao longo dos últimos cinquenta anos, portanto por hipótese acreditamos que mais do que nunca é possível estreitarmos teoria e prática experimental, pois para a segunda é inegável seu papel fundamental no estabelecimento de uma ciência normal, como Hacking (2013) ressalta sobre Kuhn:

Ele respeitava a teoria e conquanto tivesse uma boa percepção do trabalho experimental apresentava-o como de importância secundária. Desde os anos 1980 houve uma mudança substancial de ênfase, na medida em que historiadores, sociólogos e filósofos prestaram mais seriamente atenção à ciência experimental. Como Peter Galison (1987) escreveu, “há três tradições de pesquisa paralelas, porém amplamente independentes: a teórica, a experimental e a instrumental”. (HACKING, 2013, p. 21).

Portanto no ensino de física deve-se disseminar o estreitamente entre juízos e sensações, entre o racional e o empírico, e que Kuhn (2013) alinha-se em toda a obra “A Estrutura das Revoluções Científicas” e que exemplifico com apenas uma entre as muitas citações e que mostra tal destaque:

As operações e medições que um cientista empreende em um laboratório não são o “dado” da experiência, mas “o coletado com dificuldade”. Não são o que o cientista vê pelo menos até sua pesquisa se encontre bem adiantada e sua atenção esteja focalizada; são índices concretos para os conteúdos das percepções mais elementares. Como tais, são selecionados para o exame mais detido da pesquisa normal tão somente porque parecem oferecer uma oportunidade para a elaboração frutífera de um paradigma aceito. (KUHN, 2013, p. 219).

Na atividade experimental, no sentido amplo de atividades concretas com aparelhos experimentais ou atividades de experimento mental. Devemos evoluir de um ensino tradicional de ciência: com as suas observações, vivências e medições, tratados como fatos de almanaque que devem ser memorizados e aprendidos pelos estudantes e, sim tratá-los como eventos de construção humana, portanto falíveis e que requerem entendimento e explicação.

### 3.3.2 Modelando e Buscando Aproximações/Pressupostos Metodológicos da Sequência Didática Como Reforço da Cultura de Laboratório/Justificativa do Produto

Para simplificar o que pensamos para nossa sequência didática e para que não nos percamos em discussões do que é real? Ou do que é verdade? Vamos, por suposição admitir que existam apenas teorias, modelos e fenômenos. Para os modelos os consideraremos segundo dois princípios:

Em primeiro lugar, são modelos de fenômenos. Em segundo, são modelos da teoria, isto é, as teorias são sempre complexas demais para que possamos discernir suas consequências, de modo que acabamos por simplifica-las, transformando-as em modelos matematicamente tratáveis. (Hacking, 2012, p. 315).

E para o nosso mote de pesquisa a ideia de que os modelos são representações aproximadas do universo será de grande conveniência. Pois no sistema de crenças que precisamos para perceber o mundo, as imagens obtidas das representações do universo são compreensíveis com modelos elaborados pela mente humana, “aquilo que Kuhn chama de articulação torna-se parcialmente uma questão de se construírem modelos compatíveis com a operação de mentes humanas e com as técnicas computacionais”, (Hacking, 2012, p. 315). Assim conceberemos que:

- 1) Os fenômenos são reais, pois nós testemunhamos seu acontecimento.
- 2) As teorias são verdadeiras, ou pelo menos apontam a verdade.
- 3) Os modelos são intermediários e escoam alguns aspectos dos fenômenos reais, conectando-os, por meio de uma simplificação das estruturas matemáticas, às teorias que governam os fenômenos.

De acordo com essa ideia, os fenômenos são reais, e as teorias apontam a verdade, chegando, muitas vezes, bem perto dela. (Hacking, 2012, p. 315).

Para a manipulação da entidade de conservação da quantidade de movimento, intencionamos criar o fenômeno na atividade experimental, a palavra “tem sido utilizada para expressar pensamentos filosóficos a respeito da aparência e da realidade” (Hacking, 2012, p. 320):

Um fenômeno é algo notável, digno de atenção e discernível. É comumente um evento ou processo de certo tipo que ocorre regularmente sob determinadas circunstâncias. Essa palavra também pode denotar um evento único que escolhemos dentre diversos outros como de maior importância. (Hacking, 2012, p. 320).

Para o nosso trabalho o que chamamos de fenômeno “é algo público, regular, possivelmente semelhante a uma lei, mas talvez excepcional. Portanto, minha utilização da palavra fenômeno está amparada no uso feito pela física.” (Hacking, 2012, p. 321). Escolhemos manufaturar a conservação da quantidade de movimento no laboratório, devido à dificuldade de encontrar sistemas isolados<sup>12</sup>

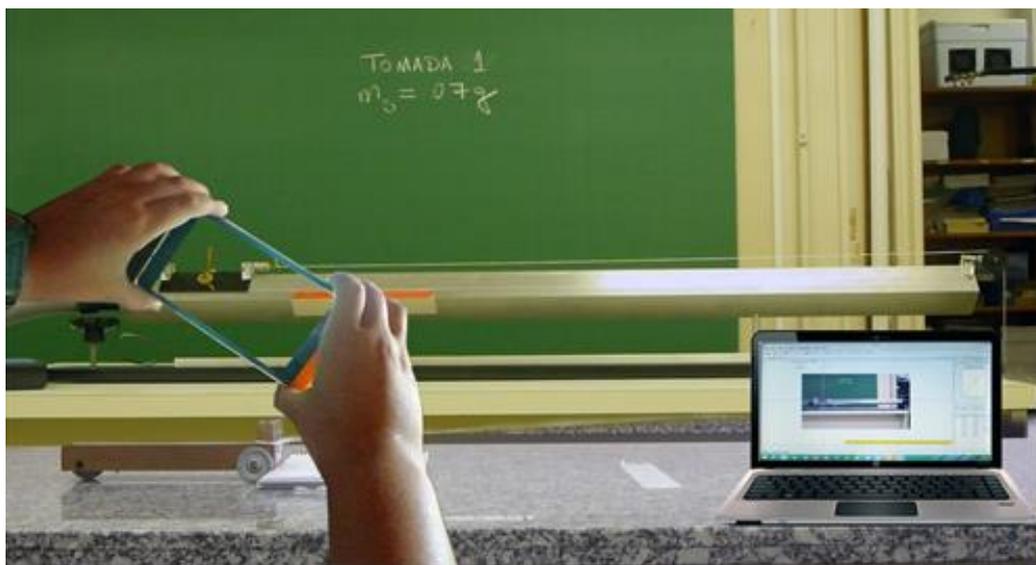
---

<sup>12</sup> Entendemos aqui que sistemas isolados são aqueles em que o somatório de forças externas ao sistema, possui resultante nula.

disponíveis no cotidiano dos estudantes. Pois “quando se trata de experiências sugeridas ou construídas pela razão, a ordem é uma verdade, e a desordem, um erro”. (Bachelard, 2013, p. 8).

Experimental é criar, produzir, refinar e estabilizar os fenômenos. Se estes fossem abundantes na natureza, como amoras prontas para serem colhidas no verão, o não funcionamento dos experimentos seria estranhíssimo. Mas os fenômenos são difíceis de serem produzidos de qualquer forma estável. Por isso eu falei a respeito de criar fenômenos, e não meramente de descobri-los. Trata-se de uma tarefa longa e árdua. (Hacking, 2012, p. 330).

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 6: montagem integrando os elementos artesanais e tecnológicos.**

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.

### 3.3.2.1 Primeiro contexto: modelo para manipulação da entidade 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).

Para o modelo de conservação da quantidade de movimento que optamos, e que escolhemos desprezar o atrito com o ar, “no que se refere aos princípios epistemológicos, a ciência contemporânea afirma que as quantidades desprezíveis devem ser desprezadas”, (Bachelard, 2013, p. 112). Decidimos que a força de atrito com o ar, poderia para número de oscilações que consideramos ser desconsiderado, para o propósito que queríamos trabalhar no modelo para explicar a criação dos fenômenos, em que os estudantes manipularão mais de uma vez a quantidade de movimento em um sistema isolado.

Desejamos com a delimitação do sistema fechado como um contraponto ao espírito pré-científico, que “repele a concepção contemporânea de sistema fechado” (Bachelard, 2013, p. 270), espírito animista que logo expõe que o sistema delimitado será influenciado por interações com o mundo fora do sistema, pois possui dificuldade em saber reconhecer o que é desprezível.

Entretanto, uma filosofia da aproximação bem regulamentada, calcada com prudência na prática das determinações efetivas, levará a estabelecer níveis fenomenológicos que escapem absolutamente às perturbações menores. (Bachelard, 2013, p. 270).

A origem da resistência que o espírito pré-científico possui em relação ao isolamento do sistema, constitui um obstáculo epistemológico de conhecimento geral, “essa crença ingênua numa correlação universal, que é um dos temas prediletos do realismo ingênuo, surpreende ainda mais porque consegue reunir os fatos mais heterogêneos”, (Bachelard, 2013, p. 270). Apostamos em trabalharmos a ideia do sistema fechado na criação dos fenômenos e nas problematizações que os acompanham com a possibilidade de que os estudantes aperfeiçoem sua alma científica, afastando-se da tentação de recorrer a correlações universais, quando

buscar durante as investigações das situações problema, soluções rápidas, ingênuas e de caráter universal.

O homem vence assim as contradições do conhecimento imediato. Ele força as qualidades contraditórias à consubstanciação, a partir do instante em que ele próprio se libera do mito da substancialização. (Bachelard, 2013, p. 306).

A manipulação da entidade teórica na experimentação, sempre iniciando com uma situação problema para que o estudante possa revirá-la em diferentes aparatos experimentais de modo a pensar o experimento, instigado pela problematização, associando o racional e o empírico enquanto especula na busca de soluções possíveis, apresentadas pelos integrantes do grupo que exercitam a sua razão contra os outros no jogo bilateral que a atividade permite.

Para que, de fato, se possa falar de racionalização da experiência, não basta que se encontre uma razão para um fato. A razão é uma atividade psicológica essencialmente poli trópica: procura revirar os problemas, variá-los, ligar uns aos outros, fazê-los proliferar. Para ser racionalizada, a experiência precisa ser inserida num jogo de razões múltiplas. (Bachelard, 2013, p. 51).

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



Fonte disponível:  
<http://www.youtube.com/watch?v=cTregXmIK9c>, em 22/09/2014 às 09:11 h.



Fonte disponível:  
<http://www.youtube.com/watch?v=XSz4Q6rOgoM>, em 22/09/2014 às 09:09 h.

**Figura 11: situação problematizadora sobre conservação da quantidade de movimento.**

Acompanhado da atividade II: 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 15: tabela elaborada do original do GREF.**

	Garotinho	Tonhão	Cascão	Total
Antes	40	50	30	120
Garotinho perde	0	90	30	120
Garotinho ganha	0	0	120	120
Cascão devolve	40	0	80	120
Garotinho ganha	120	0	0	120

E o resumo da história:



**Figura 12: Maurício de Souza. Essa historinha é um resumo. O original completo encontra-se na revista Cascão número 98.**

Acompanhando o resumo da história uma outra atividade III, para manipulação da conservação da quantidade de movimento:

**Tabela 16: 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 – COLISAO 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:**

- 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, diminui 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

- 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.
- 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](http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_04.asp), retirado em 23/07/2014 às 20:15h

**QUESTÕES:**

- Descreva as diferenças observadas em relação ao movimento do barquinho durante os dois disparos.
- 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?

### 3.3.2.2 Segundo contexto: manipulando a 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/esportes/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 13:** situação problematizadora envolvendo relações de proporcionalidade.

Com questões envolvendo sistema isolado, relações de proporcionalidade entre a massa e a velocidade, antes e depois das colisões.

Com a informação do contexto do jogo de rugby, serão apresentadas algumas possibilidades do choque entre os dois jogadores da foto, e será solicitado aos estudantes que analise a possibilidade proposta e responda o que acontece com cada um dos jogadores em relação aos seus movimentos depois do choque. Com questionamentos relacionados ao contexto apresentado, com variações de massa e velocidade, considerando em cada questão colisões na mesma direção.

Por exemplo se 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?

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 de uma atividade experimental para que os estudantes especulem entorno de uma série de atropelamentos de livros:

**Tabela 17: atividade da sequência didática de geometrização para manipular quantidade de movimento, massa e velocidade. (Continua...).**

**ATROPELANDO LIVROS DE FÍSICA!**

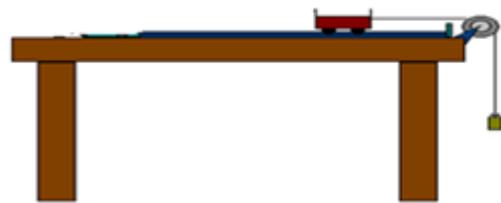
FERRAMENTA TEÓRICA: em Física trabalha-se com grandezas físicas que se conservam, por exemplo o que trataremos nesta atividade experimental, René Descartes, filósofo do século XVII, foi quem primeiro a empregou. Para ele, Deus teria criado no Universo uma quantidade determinada de repouso e movimento 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.

**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 nomeio-os:

**MOMENTO DO GRANDE GRUPO<sup>1</sup>:** 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 carrinho<sup>2</sup> 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.

<sup>1</sup> 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  $> m$

<sup>2</sup> 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:**

- a) 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?
- b) 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?
- c) 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 7: 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 desmistificar a ciência e aproximar as massas dos conhecimentos e aplicações científicas, além do contexto escolar? Pode – se buscar inspiração na vivência de Maurice Bazin (1970 - 73) nos bairros de lata do Chile na época do governo de Unidade Popular, em que leva a discussão ética do cientista tornar – se necessário e trabalhar em favor dos problemas que assolam a humanidade.

Diminuindo a distância entre a produção acadêmica da universidade e a prática, com a intenção de modificar a visão popular da ciência, da tecnologia e do cientista, promovendo a sua desmistificação. Conforme Maurice Bazin pronunciava-se sobre o Espaço Ciência Viva e registrado no site disponível em :<[http://cienciaviva.org.br/materia/maurice\\_bazin\\_e\\_luta\\_pela\\_ciencia\\_para\\_todos](http://cienciaviva.org.br/materia/maurice_bazin_e_luta_pela_ciencia_para_todos)>.

Acesso em: 02 out. 2013. E reproduzido aqui:

“Aqui se 'vive' a Ciência, não se 'fala' dela. O que fazemos no galpão é oferecer para todo mundo a possibilidade de fazer suas perguntas, não aos donos do saber, mas à própria natureza, aos próprios módulos que permitem entrar em contato com fenômenos.” (BAZIN, 1934-2009).

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. Na etapa IV que propomos a montagem do aparato experimental foi deixado para que os estudantes montassem, para familiarização com o aparelho experimental e com a intenção de que entendessem o que observar e como articular o modelo e o fenômeno que seria trabalhado.

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 V 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).

De tal forma conhecemos o tamanho da dificuldade em transpor tal obstáculo epistemológico dos estudantes. Pois “muitas vezes, em minhas aulas no curso elementar de física, constatei que essa “imagem material” fornece uma imediata e desastrosa satisfação às mentes preguiçosas.” (Bachelard, 2013, p. 278).

### 3.3.2.3 Terceiro contexto: manipulação 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 IBICC-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.

#### 3.3.2.3.1 *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=DPyob4Mfj10>, 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 14: 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 18: manipulação das relações de proporcionalidade da lei fundamental dos movimentos.**

<p><b>RECORDANDO:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Em um sistema isolado, com resultante de forças externas nula, a quantidade de movimento do sistema é conservada.</li> <li>2) Definição da quantidade de movimento: <math>Q = m \cdot V</math> (módulo).</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>ATIVIDADE V - LEI FUNDAMENTAL DOS MOVIMENTOS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>(Segunda lei de Newton)</b></p> <p><b>PRIMEIRA PARTE:</b> 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: <a href="mailto:juliomuchenski@gmail.com">juliomuchenski@gmail.com</a>.</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 (<math>Q = m \cdot V</math>)? 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 (<math>F \propto \Delta Q</math>) e que Força é proporcional ao inverso da duração do movimento (<math>F \propto 1/\Delta t</math>), portanto é possível escrever que "<math>F = \Delta Q/\Delta t</math>"? 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> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>2.2) A razão <math>\Delta Q/\Delta t</math> possui qual unidade de medida da grandeza no sistema internacional de unidades (MKS).</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p><b>Observação:</b> De forma qualitativa, porém eficiente você e seu grupo encontrou que a força é equivalente a <math>\Delta Q/\Delta t</math> (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 (<math>F = \Delta Q/\Delta t</math>) 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 (<math>F = \Delta Q/\Delta t</math>), também conhecido como lei fundamental dos movimentos ou segunda lei de Newton.</p>	

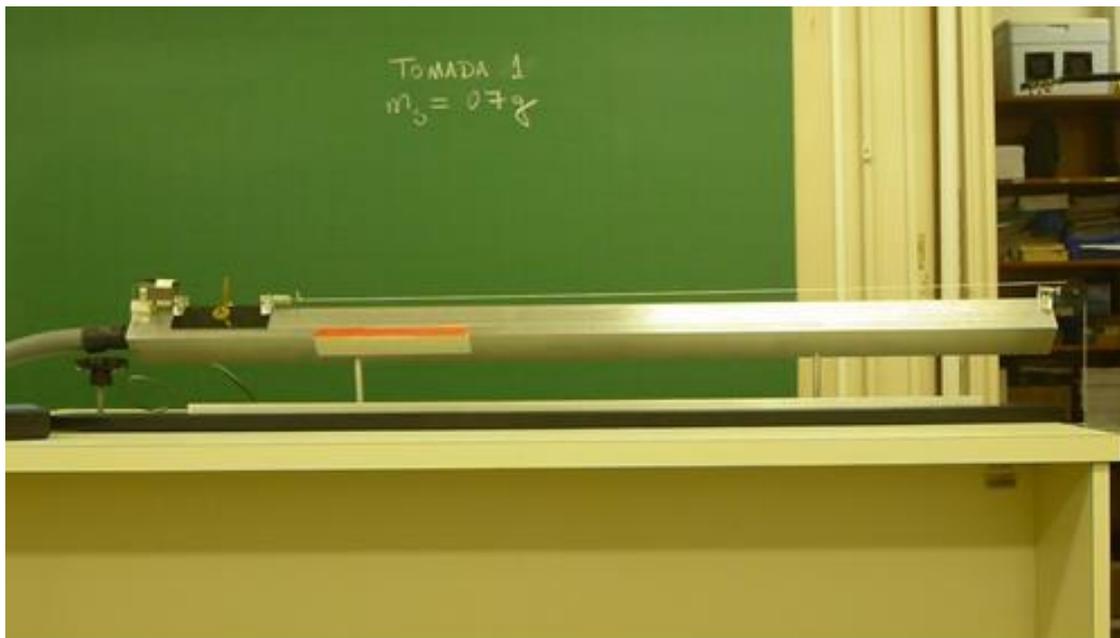
A intenção desta primeira etapa da experimentação é provocar o estudante para que identifique as relações entre força, variação da quantidade de movimento e variação do tempo, representando-as apropriadamente através de relações de proporcionalidade, e que os estudantes percebam a relação da lei fundamental 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 8: 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 idiosincrasias 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).

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.

### *3.3.2.3.2 Tecnologia como ferramenta de especulação complexa na experimentação*

A atividade experimental bem estruturada sempre é importante como ferramenta para auxiliar o estudante em reconhecer um tipo teórico e associar com a realidade, quanto maior o número de experimentações diversificadas maior a sustentabilidade de uma entidade teórica.

Defendemos um ensino de física teórico e experimental, em que os estudantes experimentadores adquirirão um perfil de raciocínio de laboratório, investigativo, especulador, crítico e empreendedor. O currículo de ciências deve ser relevante para a vida de todos os estudantes, e não somente para aqueles que seguirão carreiras direcionadas para área científica. Cultura adquirida que servirá como transformador das relações da sociedade e do mundo do trabalho.

“...grupos de pesquisadores buscam uma educação científica e tecnológica que abandone o lugar de partícipe tímido e contribua na busca de soluções para os problemas sociais...” (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2008, p. 159).

Na manipulação das tecnologias que escolhemos para as atividades da sequência didática, consideramos “os instrumentos de uma comunidade científica bem estruturada como a nossa são quase imediatamente padronizados”, (Bachelard, 2013, p. 267). E para que os estudantes compreendam que tais tecnologias possuem uma técnica e alguma complicação de manipulação, incluímos os estudantes na montagem dos aparelhos. Pois “achamos que a construção de um aparelho objetivo é evidente; nem sempre percebemos a quantidade de precauções técnicas que exige a montagem do mais simples aparelho”, (Bachelard, 2013, p.

267). Acreditamos que com a manipulação dos aparelhos associados com a especulação que desejamos:

O conhecimento torna-se objetivo na proporção em que se torna instrumental. A doutrina da sensibilidade experimental é uma concepção bem moderna. Antes de qualquer empreendimento experimental, o físico deve determinar a sensibilidade dos aparelhos. É o que o espírito pré-científico não faz. (Bachelard, 2013, p. 268).

Em nossa metodologia o aparelho experimental também terá a função conforme Hacking (2012) lembra-nos sobre Bacon que “trata de dispositivos de evocação que fazem sensível aquilo que não é sensível; ou seja, que tornam manifestas, por meio de coisas perceptíveis, coisas que não o são diretamente”, (Hacking, 2012, p. 257).

Além da apropriação do aparelho tecnológico, outro aspecto é a ideação do homem que sempre está à frente da produção tecnológica e é o que a impulsiona. “... à produção das ideias, representações da consciência, está a princípio diretamente entrelaçada com a atividade e o intercâmbio material dos homens, linguagem da vida real”. (MARX, 2002, p. 22). Esta ideação que quando nos colocamos diante de uma situação problema é possível ter uma visão do todo e assim proceder a ação de agir, confrontar com os objetivos, avaliar, redimensionar a ação. Esta habilidade da ideação deve propagar-se por toda atividade experimental quando for apresentado uma problematização associada com determinado juízo manipulado, construído como uma porção da realidade através da experimentação e com o manuseio do aparelho tecnológico.

Nosso pensamento pedagógico concebe um ensino de ciência que como ferramenta de especulação complexa permita ao estudante a possibilidade de um perfil diferenciado em relação a influência hoje da ciência e das tecnologias, que estão marcantes e que atingiram status doutrinário na forma como as pessoas a representam, cansamos de observar na mídia comerciais de produtos que foram testados e comprovados cientificamente. “A lógica do comportamento humano passou a ser a lógica da eficácia tecnológica e suas razões passaram a ser as da ciência” (BAZZO, 1998). Acreditamos que essa representação da ciência permeia e é reforçado no ensino tradicional de ciência, influenciando nos modelos de ensino e na construção de currículos, e que investigaremos nas representações dos estudantes sobre essa imagem doutrinária da ciência.

Retomando o manuseio do aparelho experimental, este não deve tornar-se uma barreira para a aprendizagem dos estudantes, tomando a maior parte do tempo

dedicado ao laboratório para adaptação ao aparelho experimental. A concepção sobre a atividade experimental não deve possuir um alto grau de complexidade em relação a parte física e não física comparado com o preparo dos estudantes, e avançar para um novo modelo de tecnologia como definida por Vicente J. Kim (1963):

“...que inclui não só a coisa física, mas também a não física, que podemos encontrar nos sistemas tecnológicos complexos (usinas nucleares, sistemas de distribuição de água e assim por diante); elementos “mais soft”; tais como horários de trabalho, informação, responsabilidades coletivas, organização dos funcionários de uma empresa e até mesmo regulamentações jurídicas”. (VICENTE, 1963, p. 32).

Portanto a “engenharia de fatores humanos” (VICENTE, 1963, p. 12) também deve se preocupar com design de fatores não físicos, que adaptamos para a nossa necessidade e chamaremos de enculturação de laboratório, ou seja, os estudantes devem familiarizar-se com o ambiente de laboratório, que não necessariamente tem que ser em um ambiente à parte, pois a própria sala de aula pode ser utilizada como ambiente para a experimentação, física ou não física, pois sempre a proposta de construção de juízos deve ser entrelaçada com a experimentação, que pode ser simplesmente de pensamento. Tal cultura de unir o racional e o empírico deve iniciar no ambiente escolar e continuar na vida cotidiana dos estudantes.

A utilização não especulativa complexa da tecnologia também é nossa preocupação, não queremos do estudante em relação ao aparelho experimental, uma manipulação automática que manuseia sem entendimento do seu funcionamento, da sua montagem, e que desta forma não pensa o experimento e não tem a clareza do que está manipulando como tipo teórico ou observável experimental, portanto não sabe exatamente o que está medindo. Esse estudante que no contexto escolar do laboratório não utiliza a tecnologia de forma que desenvolva suas potencialidades como experimentador, caracteriza-se por ser um “usuário leigo” (MIQUELIM, 2009, p. 35) das tecnologias.

A discussão da utilização especulativa complexa ou leiga da tecnologia, remete – nos à Grécia Antiga e que nos é lembrado em um dos capítulos do livro de Neil Postman (1994), Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia, no qual há uma passagem que recupera a história do julgamento de Thamus, tal história é contada em Fedro de Platão, Sócrates conta a Fedro uma história sobre um grande rei do

alto Egito, o rei Thamus em um diálogo com o deus Theuth, inventor de muitas coisas, apontando prós e contras de várias das invenções de Theuth.

Thamus indagou sobre o uso de cada uma delas, e, enquanto Theuth discorria sobre elas, expressava aprovação ou desaprovação, à medida que julgasse as afirmações de Theuth bem ou mal fundamentadas. Levaria tempo demais repassar tudo o que relatou sobre o que Thamus disse a favor ou contra cada invenção de Theuth. Mas quando chegou na escrita, Theuth declarou: “Aqui está uma realização, meu senhor rei, que irá aperfeiçoar tanto a sabedoria como a memória dos egípcios. Eu descobri uma receita segura para a memória e para a sabedoria”. Com isso, Thamus replicou: “Theuth, meu exemplo de inventor, o descobridor de uma arte não é o melhor juiz para avaliar o bem ou dano que ele causará naqueles que a pratiquem. Portanto, você, que é pai da escrita, por afeição ao seu rebento, atribui-lhe o oposto de sua verdadeira função. Aqueles que a adquirirem vão parar de exercitar a memória e se tornarão esquecidos; confiarão na escrita para trazer coisas à sua lembrança por sinais externos, em vez de fazê-lo por meio de seus próprios recursos internos. O que você descobriu é a receita para a recordação, não para a memória. E quanto à sabedoria, seus discípulos terão a reputação dela sem a realidade, vão receber uma quantidade de informação sem a instrução adequada, e, como consequência, serão vistos como muito instruídos, quando na maior parte serão bastante ignorantes. E como estarão supridos com o conceito da sabedoria, e não com a sabedoria verdadeira, serão um fardo para a sociedade”. (POSTMAN, 1994, p.13 – 14).

Em Fedro de Platão, o rei Thamus do alto Egito, argumenta de forma unilateral, entretanto não se deve assumir a postura única de tecnofobia de Thamus com excesso de zelo e com severas restrições com uma introdução de uma nova tecnologia e por outro lado também não se deve assumir o Papel de Theuth com o discurso também unilateral de tecnófilo, como defensor fervoroso de uma nova ferramenta tecnológica sem considerar suas implicações para uma cultura.

“Se temos que errar, é melhor errar pelo ceticismo de Thamus. Mas ainda assim, é um erro”, (POSTMAN, 1994, p. 15). Aqui chamamos a atenção que se deve assumir uma postura com características de Thamus e Theuth sobre o ajuizamento da tecnologia; ou seja, realizar uma análise imparcial e apontar os prós e contras de uma nova tecnologia, com a propriedade de perceber que nunca há neutralidade na inserção de uma nova tecnologia em uma cultura. “Uma tecnologia nova não acrescenta nem subtrai coisa alguma. Ela muda tudo.” (POSTMAN, 1994, p. 27).

E o principal é que não nos tornemos “profetas de um olho só” (POSTMAN, 1994, p. 15); ou seja, que nem façamos uma defesa como tecnófilo apenas analisando as maravilhas da nova tecnologia. E nem como tecnófobo simplesmente descartando qualquer virtude possível de uma nova tecnologia; devemos sim assumir uma postura de imparcialidade e calcular de forma embasada e articulada as consequências da mudança tecnológica.

Um exemplo de como nas tecnocracias modernas ocidentais que originaram – se do mundo medieval europeu, a tecnologia do relógio mecânico, inserido na cultura a transformou, foi um dos requisitos necessários à organização do capitalismo para o estabelecimento de horários e jornadas de trabalho:

Resumindo, sem o relógio teria sido impossível haver capitalismo. O paradoxo, a surpresa e a curiosidade foi que o relógio foi inventado por homens que queriam dedicar-se mais rigorosamente a Deus; ele terminou como a tecnologia de maior uso para os homens que queriam dedicar-se mais rigorosamente a Deus; ele terminou como a tecnologia de maior uso para os homens, que desejavam dedicar-se à acumulação de dinheiro. (POSTMAN, 1996, p. 24).

A inserção do relógio pode ter provocado uma revolução de cunho epistemológico a respeito de uma nova concepção de tempo. Porém para o ator mergulhado no momento histórico em que tal inserção de ferramenta tecnológica, não é obvio perceber a revolução que ocorre na cultura, como outro exemplo o de Gutemberg com a prensa tipográfica, não havia intencionalidade de tornar cada homem na posse de um livro com as palavras de Deus, tornar-se como cristão seu próprio teólogo:

Gutemberg, por exemplo, foi em todos os aspectos um católico devoto que teria ficado horrorizado ao ouvir que o execrável herege Lutero descreveu a imprensa como “o ato de graça mais alto de Deus, com o qual a causa do Evangelho foi impulsionada para a frente”. Lutero compreendeu, ao contrário de Gutemberg, que o livro produzido em massa, ao colocar a Palavra de Deus na mesa de cada cozinha, tornava cada cristão seu próprio teólogo. (POSTMAN, 1994, p. 24 – 25).

Entretanto algumas pessoas com um perfil epistemológico que apresenta características do espírito científico no sentido do pensamento bachelardiano, como exemplo Francis Bacon, nascido em 1561, que concebia a relação entre ciência e melhoria da condição humana, que pregava que o motivo real, legítimo e único das ciências é “dotar a vida humana de novas invenções e riquezas” (BACON, 1561-1626), Bacon já tinha a consciência da não neutralidade da ciência e das suas tecnologias, e também o afastamento da escolástica.

Em sua visão utilitária do conhecimento, Bacon foi o principal arquiteto de um novo edifício de pensamentos, no qual a resignação era jogada fora e Deus era destinado a um quarto especial. O nome do prédio era Progresso e Poder. (POSTMAN, 1994, p. 45).

Da não neutralidade da ciência percebemos nas últimas décadas em que ocorre uma revolução com a ruptura da teocracia para o tecnopólio, onde o domínio do conhecimento estabelece as relações de poder, e que um exército de usuários leigos através do consumo sem o devido conhecimento científico e tecnológico estão submetidos a tais monopólios de conhecimento.

Para Harold Innis que falou repetidas vezes dos “monopólios do conhecimento” criados por importantes tecnologias. Ele referia – se precisamente ao que Thamus tinha em mente: aqueles que têm o controle do funcionamento de uma tecnologia particular acumulam poder e, de maneira inevitável, forma uma espécie de conspiração contra aqueles que não têm acesso ao conhecimento especializado, tornando disponível pela tecnologia. (POSTMAN, 1994, p. 19).

O indivíduo social contemporâneo deve ter uma formação científica tecnológica consistente e reflexiva, para perceber os prós e contras de qualquer inserção de uma novidade tecnológica em sua cultura, com a propriedade de avaliar suas implicações, e decidir em utilizar e divulgar ou simplesmente boicotar a tecnologia e ajudar a formar juízos contrários a tal novidade em seus pares culturais.

No tecnopólio como modelo de cultura, promove-se o uso prático da tecnologia, e quanto maior a praticidade “melhor”, entretanto sem a propriedade sobre ela por falta de conhecimento científico e tecnológico, promovendo uma utilização não especulativa complexa da tecnologia. “Para Hacking, designações mais atuais, como “abuso de crianças” – outrora diagnosticada por especialistas da época, de forma mais atenuante, como “crueldade” com crianças”, (Hacking, 2012, p. 19):

Que é ao mesmo tempo efeito de uma construção social e algo real, são um exemplo de como novas classificações podem transformar as identidades atribuídas aos indivíduos, desde que eles se reconheçam como tais, além de indicarem normalmente um avanço no papel liberalizador que as ciências humanas podem desempenhar aos leigos. Se é assim, embora o mundo da vida possa estar cada vez mais esvaziado da produção epistêmica das ciências naturais – apesar de cada vez mais cheio de seus produtos tecnológicos -, as ciências humanas são paradigmas de uma relação cada vez mais rica e estreita entre especialistas e leigos, fundamentada em um jogo de ida e volta (“efeito retroativo”). (Hacking, 2012, p. 19).

Os estudantes, da escola básica, alienam-se na utilização das tecnologias, estas reforçadas no mito da substancialização, “essa substância virginal escondida no âmago de cada coisa é exemplo claro de uma substância privilegiada à priori, que constitui um obstáculo ao pensamento empírico fiel”, (Bachelard, 2013, p. 151). E reforçada pela utilização automática por longos períodos de tempo, caracterizando o usuário com semelhanças ao Homo Faber, que encontra a satisfação em trabalhos manuais circulares, que não exigem reflexão e que são repetidos por longos períodos de tempo. Satisfeito em dominar a técnica circular e que se deixa dominar pela própria técnica.

Todo trabalho paciente e cadenciado, que exige longa sequência de operações monótonas, induz o homo Faber a sonhar. Ele incorpora, então, sua fantasia e seus cantos à matéria elaborada; ele valoriza a substância que foi trambalhada por tanto tempo. (Bachelard, 2013, p. 154).

O ensino de ciência praticado na escola básica, em particular nas práticas experimentais do ensino de física, reforça tal alienação com experimentos que valorizam a repetição, a reprodução e a valorização do resultado final com as comprovações de leis. Características que permeiam por todo ensino de uma escola tradicional, “o peso da tradição traz a uma experiência substancial um valor suplementar que não cabe na formação do espírito deveras científico”, (Bachelard, 2013, p. 155). Que propõem uma justaposição de conteúdos que destaca como competente aquele estudante que melhor memoriza, que repete e que reproduz de forma satisfatória. Nesse modelo de ensino o estudante não é desafiado, sendo tratado como Homo Faber, que rejeita sair da sua zona de conforto de manipulações repetitivas.

Ao nosso ver, se formos ao fundo da alma, se revivermos o homem em seu longo trabalho, no trabalho que passa a ser fácil quando dominado, no próprio gesto do esforço bem dirigido, devemos lembrar que seu pensamento sonhava e que sua voz expressava sua ternura por meio de canções. No trabalho monótono – e todo trabalho instruído é monótono – o homo Faber não trata de geometria, ele faz versos. (Bachelard, 2013, p. 240).

A metodologia que propomos impõe um ritmo no qual o estudante é constantemente desafiado, pois é estratégia que especulem de forma complexa utilizando da abstração matemática, com características que se assemelham ao Homo Depictor, “os seres humanos são seres que representam. Nada de homo Faber, mas sim homo Depictor. Pessoas fazem representações”, (Hacking, 2012, p. 214). Que representam e formam imagens a respeito do mundo, afastando-se das intuições animistas e que pensa contra o cérebro. Do que se trata representação para Hacking (2012):

Tudo que chamo de representação é público..., para mim, alguns eventos verbais públicos podem ser considerados representações. Não me refiro às sentenças declarativas simples, as quais são representações, mas a especulações complexas que possam ser encaradas como tentativas de representar nosso mundo... Todas as representações são externas e públicas, desde um rabisco no muro, até alguma teoria sofisticada a respeito das forças eletromagnéticas, fracas, fortes ou gravitacionais. (Hacking, 2012, p. 214-215).

Queremos estudantes que não realizam operações repetitivas no aparelho tecnológico, mas que é desafiado em diferentes funções para diferentes objetivos, portanto um usuário especulador complexo das tecnologias, um estudante que avance daquele que repete para aquele que representa, daquele que reproduz algum juízo valorizado como erudição para aquele que especula de forma complexa.

Estaremos interessados nas representações que os estudantes constroem durante as atividades propostas na nossa sequência didática, essas sentenças declarativas buscaremos especulações complexas, nas quais haverá indícios da evolução do perfil epistemológico dos estudantes.

No gênero de raciocínio que desejamos com a enculturação através de um ensino de física teórico e experimental, que enriqueça para que a racionalidade dos estudantes avance de um estilo de representação com especulações leigas, para um estilo de representação com especulações complexas do mundo, com o auxílio de uma linguagem físico-matemática que contribua para uma aproximação da racionalidade do espírito científico.

De tal forma que evoluam de um perfil epistemológico de entidades entrelaçados de intuições animistas, alicerçadas de um realismo e empirismo ingênuos, que constituirão obstáculos epistemológicos. De tal forma que “toda a imensa sobrecarga do sonho, toda a valorização das substâncias pelo tempo passado em sua preparação, tudo isso precisa ser expurgado do pensamento científico”, (Bachelard, 2013, p. 154).

Esse empirismo atomizado e essa experiência concreta sem esforço de abstração admitem todos os devaneios individuais. Basta encontrar uma natureza particular, uma atividade substancial para explicar todas as particularidades da experiência, e depois, de passo em passo, todos os preconceitos, todas as balelas, todas as loucuras da sabedoria das Nações. (Bachelard, 2013, p. 159).

E que consigam transpor tais obstáculos “para psicanalisar o conhecimento objetivo, é indispensável desvalorizar o produto do trabalho paciente”, (Bachelard, 2013, p. 154).

Em especial, quando o obstáculo animista, que reaparece insidiosamente quase a cada século sob formas biológicas mais ou menos atualizadas, for reduzido, será possível esperar um pensamento científico deveras animador. (Bachelard, 2013, p. 309).

Aperfeiçoando seu gênero de raciocínio para uma forma mais abstrata, e que possamos contribuir com um ensino de ciência no ensino fundamental fase II, com uma maturação da razão e que permitirá uma formação mais científica no ensino médio. Queremos que o estudante com uma cultura de laboratório e seu gênero de raciocínio próprio do ensino racional e empírico, em termos de manipulação das tecnologias, que ele possa de forma especulativa refletir sobre o modelo de utilização das tecnologias da nossa cultura. Que muitas vezes inventa para o usuário uma necessidade que ele não sabia que tinha para a utilização de determinada tecnologia.

Modelo que muitas vezes privilegia intencionalmente o uso da técnica, quanto mais prática e intuitiva melhor, assim o *homo Faber* executa a técnica sem dominar o conhecimento que envolve a tecnologia e torna – se como classificado por Miquelin (2009) um “usuário leigo”. Em detrimento do conhecimento e com promoção da alienação do usuário, com o lema de quanto menor o manual que acompanha o aparato tecnológico melhor.

A utilização da tecnologia sem propriedade para o seu verdadeiro entendimento de suas potencialidades pode conduzir à uma compra leiga, por impulso e consumista sem a verdadeira necessidade do aparelho, apenas como objeto de desejo, o mercado inventa uma representação para o consumidor, de uma crença que lhe é necessário a ferramenta tecnológica. Em contraponto acreditamos que a escola deve propiciar ferramentas que o estudante pode apropriar-se e que contribuam para uma especulação complexa da ciência e das tecnologias, neste sentido a cultura do laboratório que defendemos para a ciência e o gênero de raciocínio que o acompanha pode ser de grande contribuição.

Neste sentido a escola no modelo de aprendizado de automatização ou memorização deve evoluir para um modelo de construção de conhecimento através de competências adquiridas, enfocando situações problema envolvendo sistemas tecnológicos.

### 3.3.2.3.3 *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 19: 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 carrinho de Fletcher para o endereço de e-mail: juliomuchenski@gmail.com.

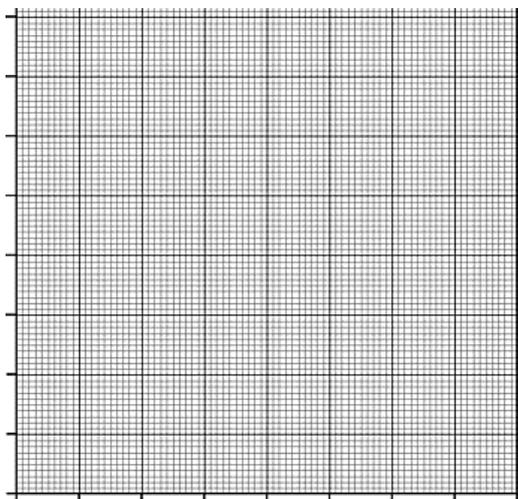
$m_{total}$ (kg)	$m_{suspensa}$ (kg)	$F_r$ (N)	$V_{inicial}$ (m/s)	$Q_{inicial}$ (kg.m/s) ( $Q_i=m.v_i$ )	$V_{final}$ (m/s)	$Q_{final}$ (kg.m/s) ( $Q_f=m.v_f$ )	$\Delta Q$ (kg.m/s) $\Delta Q=Q_f-Q_i$	$\Delta t$ (s)	$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$

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 raciocínio 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.

Não limitamos os estudantes ao preenchimento de uma tabela com números, que não tivesse significado para eles. Terminado a primeira parte da atividade de análise das relações de proporcionalidade com os tipos que relacionam-se na lei fundamental dos movimentos, os estudantes são provocados, manipulando o carrinho de Fletcher, para escolher o que desejam medir com a intenção de que manipulem os tipos teóricos que acabaram de representar na forma da segunda lei de Newton, e através da intervenção experimental possam manipular as entidades de forma objetiva através das medidas, aumentando para eles o realismo científico dessas entidades da representação para a intervenção, conforme Hacking (2012) orienta-nos:

O realismo científico é novamente discutido em termos de representação, mas proponho que agora o discutamos em termos de intervenção. Minha conclusão é óbvia, apesar de insignificante. Com base nesses princípios, trataremos como real aquilo que podemos utilizar para intervir no mundo de forma a afetar algo, ou aquilo que o mundo utiliza para nos afetar. A realidade como intervenção, a princípio, fica bem apartada da realidade como representação, e isso só muda com o surgimento da ciência moderna. (Hacking, 2012, p. 231).

Conseguimos através do cálculo, articular o que os estudantes representam como a imagem da lei fundamental dos movimentos, com o que manipulam através

do aparelho experimental, variando a força impressa e como relaciona-se com a variação da quantidade de movimento e com o tempo da interação. Com a clareza do que estão observando como medida, para elaboração da tabela, que ressaltará relativamente as suas representações dos tipos envolvidos e manipuladas do aparelho experimental e articuladas através do cálculo.

Assim, a maior parte das medições dizem respeito ao que Kuhn chama de ciência normal. 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).

O conhecimento do aparelho experimental para que não se torne um obstáculo epistemológico como já tratamos, é primordial. De tal forma o professor não deve considerar como tempo perdido aquele gasto com a enculturação do aparelho experimental, pois uma vez os estudantes com a compreensão do que desejam observar e medir, eles devem pensar o experimento como projeto. “Há o projeto de um experimento que pode funcionar, há o aprendizado de como fazer o experimento funcionar. Mas talvez o verdadeiro talento seja o aprendizado de quando um experimento está funcionando.” (Hacking, 2012, p. 330).

O cientista aproxima-se do objeto mal definido. E, antes de tudo, prepara-se para medir. Pondera as condições de seu estudo; determina a sensibilidade e o alcance de seus instrumentos. Por fim, é o seu método de medir, mais do que o objeto de sua mensuração, que o cientista descreve. (Bachelard, 2013, p. 261).

Nesse projeto de experimentação que desejamos que os estudantes adquiram a cultura não de verificadores de mostradores e realizadores de relatórios de registros desses. “É outro tipo de observação que conta: a habilidade misteriosa de notar alguma coisa estranha, errado, instrutivo ou distorcido no comportamento de nossos equipamentos”. (Hacking, 2012, p. 330). Queremos aquele que entende a criação do fenômeno no aparelho experimental e que compreende o modelo, dispensando aquilo que não faz parte do sistema por entender que não interfere no sistema.

Retomando a elaboração da tabela, esta compreendida e discutida com os estudantes, que entendam que a representação do tipo da lei fundamental dos movimentos não encerra a discussão sobre o tipo e que ela é suficientemente clara, diminuindo a importância da sua manipulação pelo experimento, pelo cálculo e pela sua tabulação. Em outras palavras não queremos que a tabela seja entendida como

mero formalismo de generalização, justamente combatemos o que Bachelard (2013) nos ensina sobre a tabela constitutiva do empirismo clássico:

É o que quase sempre acontece com as generalidades de primeira vista, com as generalidades designadas pelas tabelas da observação natural, estabelecidas por uma espécie de registro automático com base nos dados provenientes dos sentidos. No fundo, a ideia de tabela, aparentemente uma ideia constitutiva do empirismo clássico, é a base de um conhecimento estático que, mais cedo ou mais tarde, emperra a pesquisa científica. (Bachelard, 2013, p. 72).

Rejeitamos a tabulação como simples complemento natural da representação, a entendemos juntamente com o cálculo e a experimentação, como elementos articuladores e que assim os estudantes a utilizem para especular os tipos envolvidos no tipo teórico da lei fundamental dos movimentos, articulando-os através da intervenção experimental e assim aumentando o realismo dos tipos para os estudantes, pois “Os melhores tipos de evidência para a realidade de uma entidade postulada ou inferida é nossa capacidade de entender algo a respeito de seus poderes causais, como, por exemplo, por meio da medição.” (Hacking, 2012, p. 384).

Defendemos que os estudantes tenham essa enculturação da atividade experimental, conhecendo a montagem do aparelho, sua manipulação, o que observar e medir, entender o que calcular e o que é importante registrar.

Enfim, o cientista contemporâneo baseia-se numa compreensão matemática do conceito fenomenal e se esforça para equiparar, nesse ponto, a razão e experiência. O que lhe chama a atenção já não é o fenômeno geral, é o fenômeno orgânico, hierárquico, que traz a marca de essência e de forma, e, como tal, é permeável ao pensamento matemático. (Bachelard, 2013, p. 82).

Acreditamos assim que o estudante estará alerta com as distorções que podem surgir durante a manipulação do aparelho experimental e que podem constituir os erros experimentais, que também são de nosso interesse, pois a discussão entorno deles sempre é rica para a aprendizagem. No verdadeiro trabalho intelectual também explorar o campo dos erros ajuda a exorcizar as “certezas gerais e com a cupidez das certezas particulares”, (Bachelard, 2013, p. 298), certezas alicerçadas no racionalismo ingênuo dos estudantes. “É então que se tem acesso ao erro positivo, ao erro normal, ao erro útil”, (Bachelard, 2013, p. 298).

Procurar os motivos relevantes que levaram ao erro, mas não nas intuições animistas que levarão a motivos equivocados, mas sim “é preciso determiná-lo em abstrações cada vez mais apuradas, eliminando erros cada vez mais capciosos”,

(Bachelard, 2013, p. 299). Para tanto orientados por Bachelard (2013), defendemos o letramento científico da nossa sociedade, pois “essa pedagogia apurada exigiria sociedades científicas complexas, sociedades científicas que, além do esforço lógico, fizessem um esforço psicológico.” (Bachelard, 2013, p. 299).

Outra particularidade explorada na tabela é o trabalho com a média aritmética, justamente por considerarmos o erro experimental e que o estudante entenda que pequenos afastamentos da curva experimental, podem ser para efeito de análise considerados dentro de uma margem aceitável e corrigindo pequenas anomalias comuns ao aparelho experimental. Mesmo “Galileu pode ter sido o primeiro a sugerir o cálculo de médias, e demorou muito até que a média aritmética se tornasse popular entre os experimentadores.” (Hacking, 2012, p. 334).

As aproximações ao nosso ver são interessantes, para fugirmos das valorizações daquela enésima casa decimal, que para o nosso intento de laboratório para o ensino de física tal valorização constitui uma valorização de cunho animista do complexo de pequeno lucro. “Só vamos abordá-lo na medida em que constitui obstáculo à cultura científica, na medida em que inflaciona um tipo particular, valoriza matérias e qualidades.” (Bachelard, 2013, p. 164).

O excesso de precisão, no reino da quantidade, corresponde exatamente ao excesso de pitoresco, no reino da qualidade. A precisão numérica é quase sempre uma rebelião de números como o pitoresco é, no dizer de Baudelaire, “uma rebelião de minúcias”. Essa é uma das marcas mais nítidas do espírito não científico, no momento mesmo em que esse espírito tem pretensões de objetividade científica. (Bachelard, 2013, p. 261).

E aumentar a quantidade de adjetivos aos tipos teóricos que manipulamos é justamente o que não queremos, pois correríamos o risco de constituir obstáculos epistemológicos as representações dos estudantes. Justamente uma posição que nos opomos a aparente evolução de precisão que acompanhou os roteiros que criticamos alicerçados no projeto PSSC, que aumentaram o número de casas decimais de precisão nas medidas, como um reforço animista do complexo do pequeno lucro, mas que não contribuiu para a evolução da manipulação das entidades de forma especulativa complexa.

Portanto com a não valorização da próxima casa decimal os estudantes não se apegarão com um valor numérico valorizado e não terão grandes dificuldades em trabalhar com as aproximações que nos interessam, como comparação com a teoria que é manipulada na experimentação. Hacking ensina que:

Depois de brincar um bocadinho, alguém percebe que uma das aproximações se encaixa perfeitamente com os fenômenos. Nada na teoria sugere que a aproximação escolhida seja a verdade, mas ela deve ser encarada como a verdade, se é que algo pode sê-lo. Cartwright alega que a própria teoria não tem nenhuma verdade em si mesma. Quando pensamos nisso, nos lembramos de que a teoria é apenas uma aproximação. Se algo é passível de ser verdadeiro, só podem ser as aproximações, e não a teoria fundamental. (Hacking, 2012, p. 317).

Nossa sequência didática, com as problematizações iniciais de cada atividade, seguidas de guias de especulação, que no início da sequência os estudantes utilizam de especulações primeiras e ingênuas que não conseguem interagir com o mundo que contextualizamos nas situações problema, mas na medida que os trabalhos experimentais entrelaçados com estruturas teóricas e matemáticas, permitem que esses mesmos estudantes especulem de uma forma complexa, apoiados por uma linguagem físico matemático, e agora sim percebam que conseguem interagir com o mundo que contextualizamos nas situações problema.

Se a especulação intenciona apresentar uma estrutura qualitativa para determinado domínio, é a experimentação, em alguns momentos, segue sua própria vida, qual será o ponto de contato entre os dois? Resposta: o cálculo constrói a estrutura hipotético – dedutiva razoavelmente bem formada que pode ser encontrada nos livros – texto. Quem escreve o dicionário são os homens que fazem os cálculos. Eles constroem a ponte semântica entre a teoria e a observação. A especulação e o experimento não precisam, em geral, estar conectados muito proximamente, mas a atividade que eu chamo de cálculo faz essas duas áreas se aproximarem o suficiente para discernirem o encaixe quantitativo entre elas. (Hacking, 2012, p. 313).

Acreditamos que na experimentação envolvendo a parte quantitativa da lei fundamental dos movimentos, com sua manipulação no carrinho de Fletcher, com a criação do fenômeno que permitiu o descarte de possíveis fontes de dissipação como por exemplo a eliminação que deve ser discutida com os estudantes da força de atrito, com a utilização do colchão de ar no trilho base, e um possível isolamento do fenômeno. Ao mesmo tempo nessa fase da manipulação na atividade experimental com a articulação do cálculo entrelaçamos o modelo da lei fundamental dos movimentos com a estrutura matemática, que exigirá dos estudantes alguma estruturação abstrata. Pois acreditamos auxiliados por Hacking (2012) em possíveis insights, pois “esses aspectos da mente humana, em geral, não estão separados, mas encontram-se constantemente em alteração e em permutação, em um movimento imprevisível.” (Hacking, 2012, p. 311).

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 gênero 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.

### 3.3.2.4 Terceiro contexto: especulando com o 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. 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:



**Fotografia 9:** 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 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.

**Tabela 20: resumo do tutorial utilizado na manipulação das entidades da 2ª Lei. (Continua...)**

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.

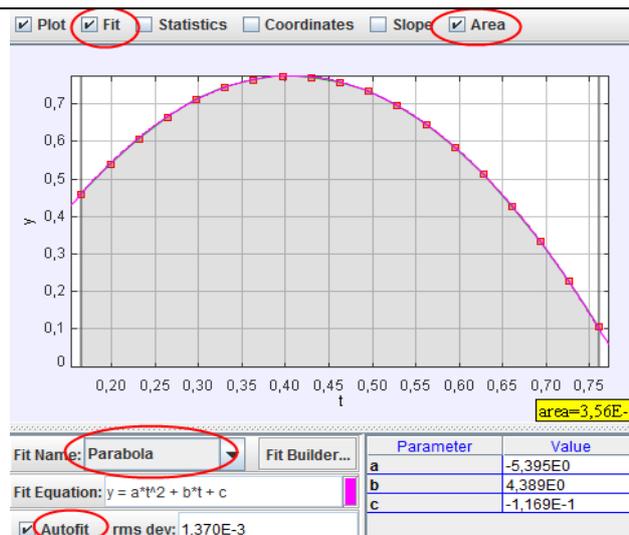


Figura 15: imagem do programa Tracker representando o intervalo do filme escolhido para análise, 25/09/2014 às 14:48 h.

Continua...2, 3, 4, 5 e

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

Figura 16: imagem do programa Tracker das ferramentas de especulação complexa, gráfico e aproximação do modelo que representa a curva, 25/09/2014 às 15:35 h.



Com isso é possível identificar a função que representa a curva, analisar e procurar relações entre o tempo e a quantidade de movimento (variação) e anotar a constante “A”, em seguida anotar no quadro abaixo: (Também faça um PrtScn e salve na pasta ESTUDANTES como estudante\_N):

Percebemos na medida que a experiência avança do artesanal para o tecnológico com o programa Tracker, passando pelo tecnológico com o carrinho de Fletcher, a depuração do experimento evolui de um aspecto de uma certa tolerância em termos de elementos que atrapalham a aplicação do modelo relacionado a lei fundamental dos movimentos. E que na parte artesanal tal tolerância é evidente em termos de “limpar” o experimento e saber o que descartar para não atrapalhar o intuito do experimento artesanal, de caráter de formação das primeiras representações das entidades e do modelo que é especulado com as relações de proporcionalidade entre as entidades.

Depois com os aparatos mais tecnológicos ocorre um certo rigor da experiência em termos de depuração, com a possibilidade de escolhermos a porção da natureza do nosso interesse para a investigação. E com o aumento da precisão das medidas que são necessários para a articulação através dos elementos da linguagem matemática, que permitem a especulação complexa das entidades envolvidas através da associação entre entidades através do cálculo, construção de tabelas e gráficos. Aumentando o realismo científico dessas entidades manipuladas durante a investigação racional da experiência. Por fim cada aspecto da atividade experimental artesanal e tecnológica possui as particularidades que nos interessam para o vasculhar os modelos que propomos em modelar porções da natureza que nos interessam.

## **CAPÍTULO 4**

## 4 METODOLOGIA

Para a nossa sequência didática escolhemos a pesquisa-ação, consideramos apropriado, pois sou atuante como professor de laboratório de física e nossa intenção é de estabelecer uma cultura de laboratório no ensino de física, um gênero de raciocinar característico adquirido pelo estudante ao pensar o experimento. Achamos adequado a escolha da pesquisa-ação para o nosso trabalho, pois também queremos através do planejamento e de ações, que os estudantes do ensino fundamental II, em particular a turma do nono ano do CEP no ano de 2014, que sejam integrados em uma nova cultura de laboratório no ensino de física, que aproximem-se de uma racionalidade mais abstrata, na busca de soluções para problemas contextualizados com seu dia a dia e, que enriqueçam seu modo de pensar o mundo e que utilizem desse gênero de raciocinar para toda a vida.

### 4.1 PESQUISA-AÇÃO UMA PROPOSTA DE PRÁTICA EDUCACIONAL CRÍTICA E ESPECULATIVA COMPLEXA

A pesquisa-ação que inicia com os trabalhos de Lewin (1946 e 1952), que trabalhando em grupos tinha a intencionalidade de integração de determinados sujeitos (minorias étnicas nos EUA), ao contexto social, portanto não primava por um caráter emancipatório, mas diferenciava – se por propor mudanças em uma determinada situação, e o trabalho era organizado na forma da espiral auto reflexiva proposta por Lewin, que consistia em uma espiral de fases, onde cada fase era forjada em momentos de planejamento, ação e averiguação de fatos em relação à ação.

Para auxiliar nossa pesquisa utilizar-nos-emos do espiral auto reflexivo de Lewin, a qual na perspectiva de pensar sempre a prática, para cada ação retomaremos o planejamento com a intenção de avaliar os objetivos, completamente ou parcialmente, assim com replanejamento das novas ações. Assim percebemos que nossa espiral crescerá na vertical, onde para cada nível relativo ao que seria um enlace da espiral e que se denomina de fase e, também no plano horizontal a espiral também expandirá, à proporção que a pesquisa-ação prosseguir.

Para cada fase numeraremos (I, II, III, IV, ..., número romano maiúsculo), e para as ações de cada fase (i, ii, iii, iv, ..., número romano minúsculo). Para tomarmos como referência iniciaremos pelo marco “I” da nossa pesquisa, portanto pela fase que nominaremos de fase I.

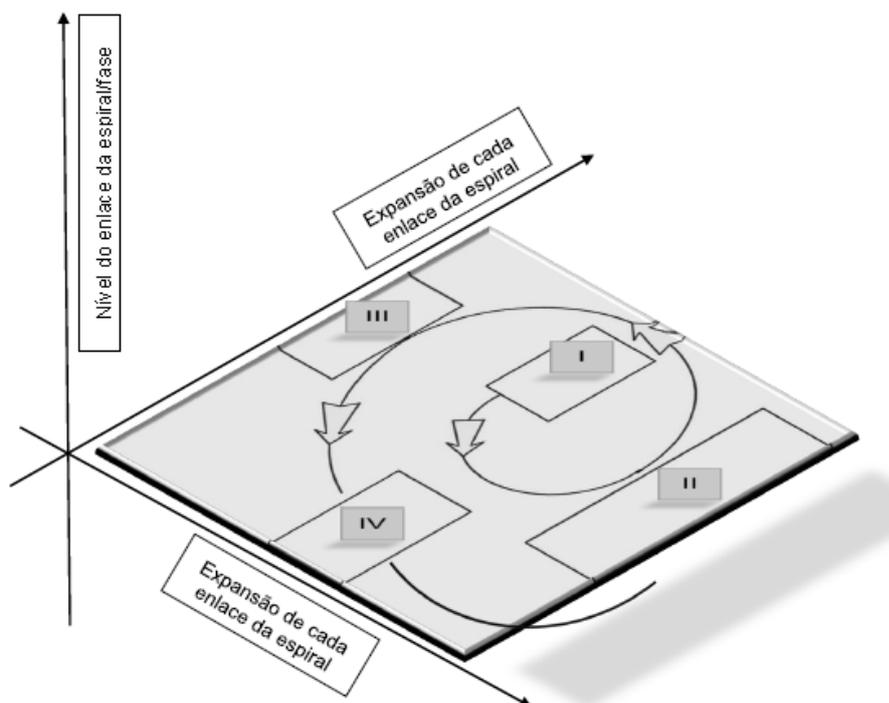


Figura 17 - esquema adaptado para a nossa pesquisa do espiral auto reflexivo de Lewin (1946).

Para simplificar nossa representação agora que indicamos e referenciamos a espiral, apresentaremos o enlace que utilizaremos e que estará relacionado a cada uma das fases da pesquisa.

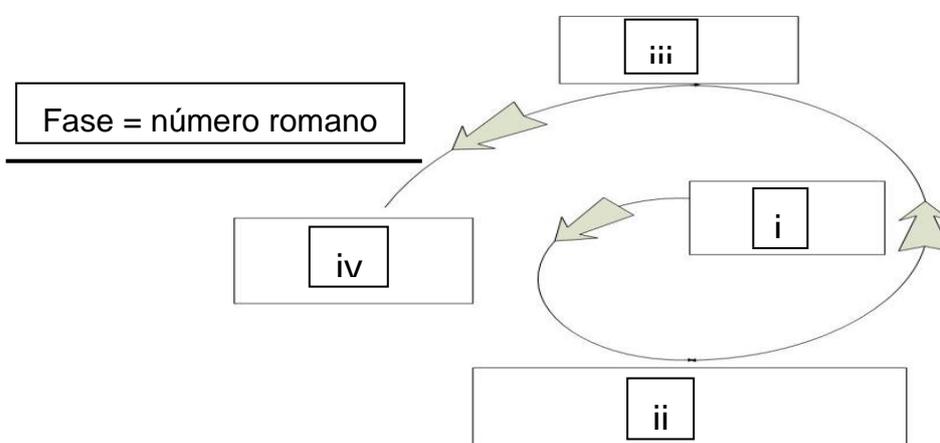


Figura 18 - modelo simplificado de uma das fases do espiral auto reflexivo.

Da nossa hipótese de que os estudantes possuem o senso comum, alicerçado em um realismo ingênuo e um empirismo claro, que os caracterizam com intuições animistas, é do nosso interesse sondar as origens da formação desse espírito pré-científico e também como esse espírito forma imagens pitorescas da ciência e, de entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos e, que ao nosso ver constituirão obstáculos epistemológicos a aprendizagem dessas entidades.

Para a nossa pesquisa-ação ultrapassar o limite de método e avançar como concepção de investigação educacional e, com uma proposta de mudança de metodologia, propondo um ensino teórico e experimental simultâneos e equivalentes, interessamo-nos em conhecer o senso comum dos estudantes em relação aos tipos da física que constituirão a sequência didática, caso contrário a tentativa de diálogo será substituído por uma simples conversa, pois o educador não conhece como os estudantes representam imagens dos tipos relacionados com a lei fundamental dos movimentos. Então como dialogar sobre aquilo que não se conhece. O professor, portanto, deve conhecer o universo temático para criar contextos que tenham significado para os estudantes.

Na concepção de Freire (1983), deve – se romper a percepção do conhecimento como algo que deve ser ensinado pelos professores e aprendido pelos estudantes, mas sim que o conhecimento deve ser apropriado conscientemente pelos indivíduos envolvidos, com condições de contribuir para modificar o senso comum de fundo animista em um senso comum de perspectiva mais científica. Portanto não deve existir uma distinção hierárquica de saberes entre professor e estudante, e sim um diálogo horizontal, no qual o ensino e aprendizagem é um caminho de mão dupla na construção do conhecimento.

Ressalvando a pesquisa-ação como concepção apoiamos em CARR e KEMMIS (1986), que evidenciam as potencialidades da pesquisa-ação como um corpo teórico mais radicalmente oposto a característica positivista de neutralidade, não compreendemos a pesquisa-ação como um mero instrumento de resolução de problemas na prática, como um mero instrumento metodológico. Escolhemos a pesquisa-ação por entender que está alinhada com nosso pensamento pedagógico de letramento científico. O qual pode contribuir de como os estudantes representam

o mundo da ciência e das tecnologias, com uma racionalidade que pode ser mais crítica e de caráter sempre especulativo complexo.

Destaca – se ainda que a pesquisa-ação como concepção é ancorada na teoria crítica da matriz frankfurtiana, com a construção de um conhecimento educacional crítico, transformador e emancipatório, portanto a pesquisa-ação não é apenas uma técnica, mas também uma concepção de investigação educacional, por considerar o contexto histórico, autoconhecimento reflexivamente como categoria epistemológica e potencialidades da pesquisa-ação em uma racionalidade especulativa complexa e de não neutralidade.

Com a especulação complexa esperamos contribuir no aperfeiçoamento da racionalidade dos estudantes através de uma abstração com a linguagem físico-matemática, com um perfil de estudante com maior criticidade. O ensino de ciência pode contribuir para as mudanças de como os estudantes representam o mundo, talvez com uma mudança do sistema de crenças que eles utilizam para tal representação, e que esteja mais alinhado com uma racionalidade mais científica.

#### 4.1.1 Perguntas de Pesquisa

Da reflexão sobre o problema de pesquisa surgiram algumas questões de pesquisa, que tangem questões ao par experimental artesanal e tecnológico em uma proposta de concepção de experimentação com bases na perspectiva contemporânea de experimentação, tratando a experimentação como equivalente ao corpo teórico, e apresentada para investigação e utilizada como ferramenta pelos estudantes na investigação racional para a resolução de quebra cabeças.

Para orientar nossa pesquisa associada a investigação – ação educacional, utilizaremos da matriz dialógico – problematizadora (KEMMIS; MCTAGGART, 1988), que norteará nossos planejamentos, ações, observações, coleta de dados, registros e reflexões, tal escolha é apropriada para balizar os elementos que se integram a pesquisa, como professores e estudantes, que interagem em diferentes contextos de sala de aula, sala de laboratório, nas comunidades reais (onde moram e convivem) e virtuais com acesso da internet.

Delimitando o problema associaremos os professores e estudantes com os diferentes contextos, aos temas e eixos teóricos que nos propomos a investigar; ou seja, com relação à experimentação em termos do seu entendimento no ensino de ciência e enquanto aparelhada com a parte artesanal e com as tecnologias contemporâneas, portanto a matriz dialógica apresenta a seguinte disposição:

**Tabela 21 - elaborada conforme a matriz dialógica – problematizadora (Kemmis e McTaggart)**

	Professores	Estudantes	Contexto	Experimentação/ (Artesanal e Tecnológica)
Professores				
Estudantes				
Contexto				
Experimentação (concepção/artesanal e tecnológica)				

Para o preenchimento ponderamos sobre os participantes da investigação? Qual o tema ou problema de estudo? Qual o contexto que será desenvolvida pesquisa? E qual a intencionalidade em relação à experimentação e as tecnologias? Qual o alicerce filosófico do ensino de ciência? O resultado é apresentado na tabela a seguir:

**Tabela 22 - construída levando em conta os agentes professores e estudantes, o contexto e os eixos teóricos (continua)**

	A Professores	B Estudantes	C Contexto	D Experimentação (concepção/artesanal e tecnológica)
1. Professores	1.a. Como conduzir o diálogo com a intenção de estabelecer uma parceria, estreitando a relação profissional entre os professores de laboratório de física e os professores de ciência?	Quais os meios que o professor de laboratório como investigador participante, pode desenvolver com a intenção de conhecer o senso comum dos estudantes?	Como o professor deve adequar o roteiro experimental, com a finalidade de propor situações problema, que remetam com contextos de conhecimento dos estudantes?	Os professores (regente da turma e o de laboratório), concebem de qual forma a experimentação no ensino de ciência? Os professores transitam nos aparelhos de apoio na experimentação, desde a parte artesanal até a parte tecnológica?

2. Estudantes	Os estudantes encorajados pelos professores são capazes de enriquecer seu entendimento sobre a lei fundamental dos movimentos, por meio do diálogo em uma construção sócio cultural?	Aspectos sócio culturais características do laboratório de experimentação tem a faculdade de propiciar o diálogo entre os pares estudantis, em uma relação de “andaime” para a aprendizagem? Estabelecendo um tipo de jogo bilateral?	Os estudantes buídos do seu senso comum, são capazes de manipular as entidades da física, relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, em um ambiente de experimentação que promova a problematização, a teoria e o empirismo?	Os estudantes do nono ano são capazes de adquirir um gênero de raciocínio, característico da atividade teórico e experimental? São capazes de adquirir um perfil de especulação complexa, na manipulação dos tipos teóricos nos aparelhos artesanais e nos aparelhos tecnológicos? É possível a especulação complexa dos carrinhos do IBEC, carrinho de Fletcher, celulares e software Tracker?
3. Contexto	Como os professores podem realizar uma transposição didática da experimentação que valorize o racional e o empírico? Como estruturar uma metodologia que permita tal transposição didática?	Como problematizar situações que promovam o interesse dos estudantes, para que busquem a investigação, manipulando a lei fundamental dos movimentos em uma metodologia que relacione de forma equilibrada o racional e o empírico?	Como estruturar uma sequência didática que se alicerce na problematização, na teorização e na experimentação, com a intencionalidade de aumentar o realismo científico das entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos?	Quais estratégias são plausíveis no laboratório do CEP para propiciar um ambiente com aspectos sócio culturais, para utilizar como ferramenta na investigação de situações problema, valorizando o jogo bilateral entre os participantes? E como integrar As tecnologias antigas e contemporâneas na experimentação? E que particularidade a modalidade tecnológica não pode ser substituída pela artesanal?

4. Experimentação (concepção/artesanal e tecnológica)	Proposta de uma metodologia de experimentação, de entrelaçamento do racional e do empírico, professores de formação tradicional em ciência, serão capazes de aperfeiçoar seu pensamento pedagógico e alterar sua forma de trabalhar?	Uma experimentação que exija dos estudantes uma especulação complexa, conseguirá promover um aperfeiçoamento do senso comum dos estudantes, para um raciocínio mais científico? Uma experimentação que exija um aumento gradativo da abstração nas atividades, contribuirá para desconstrução de intuições primeiras dos estudantes?	Qual a intencionalidade de uma metodologia utilizada no laboratório de física, que aposte na integração da problematização, da teorização e da experimentação, como proposta de letramento científico para o EFII? É possível que com a manipulação de tipos da física propostos nas situações problema, relacionados na lei fundamental dos movimentos, aumente o realismo científico desses tipos?	Como efetivar a estrutura de proposta de experimentação da 2ª lei de Newton, transitando pelas fases artesanal, tecnológica com o carrinho de Fletcher e com o Tracker? Há evidências de avanços na experimentação com a implementação de novas tecnologias, inclusive as chamadas tecnologias soft? Quais tecnologias do arcabouço da natividade dos estudantes e professores podem ser aproveitadas com propriedade em uma experimentação sobre a 2ª Lei de Newton, de forma que ocorra uma especulação complexa tanto da lei quanto dos aparelhos utilizados para sua manipulação? Como otimizar ferramentas tecnológicas como o carrinho de Fletcher, Tracker, celulares e tecnologia soft, para evoluir as práticas experimentais em uma perspectiva que favoreça o ensino aprendizagem?
---	--	--	---	--

A matriz dialógica – problematizadora permeia nosso trabalho de pesquisa-ação e que embasa as questões abaixo que delimitam o objeto de pesquisa de investigar no senso comum dos estudantes, como representam imagens a respeito da experimentação no ensino de ciência, e a proposta da nossa metodologia para contribuir e enriquecer o ensino aprendizagem, através do par artesanal e tecnológico de experimentação, que entrelaça o racional e o empírico, em uma perspectiva de investigação especulativa complexa da ciência.

Apresentamos a seguir as questões de pesquisa com um breve comentário que amarra cada questão ao problema de pesquisa:

Pergunta 1 – Como identificar o aperfeiçoamento do senso comum dos estudantes que acreditamos de base em um realismo e empirismo ingênuos, para um senso comum com um raciocínio mais científico, através de uma cultura de ensino de laboratório que promova o ensino teórico e experimental?

Quando a experimentação é apresentada no modelo tradicional de ciências como comprovação científica, estabelece o contexto que o conceito científico pode ser assimilado pelo estudante, porém a sua acomodação pelo estudante é uma outra história, por isso o questionamento se haverá enriquecimento no processo ensino aprendizagem ao apresentarmos uma nova metodologia de experimentação pautado na investigação especulativa complexa da ciência, com a intenção de enriquecer mais o processo de ensino aprendizagem com a articulação através da linguagem físico-matemática entre teoria e experimentação.

Pergunta 2 – Como substituir uma atividade experimental sobre a 2ª lei de Newton, ancorada na experimentação do ensino tradicional de ciência com a característica de comprovação experimental; para uma atividade experimental de problematização da 2ª lei de Newton, ancorada na ciência de especulação através da articulação entre teoria e prática experimental?

Pergunta 3 – A atividade de par experimental e tecnológico em uma perspectiva de investigação crítica e problematização da 2ª lei de Newton, contribui para o aperfeiçoamento do perfil conceitual dos estudantes do 9º ano do ensino fundamental, para o reconhecimento da variação da quantidade de movimento, quando é aplicado uma força em um objeto durante um certo intervalo de tempo?

Pergunta 4 – Admitindo que estudantes utilizando de seu arcabouço conceitual, do qual já fazem parte conceitos como força, intervalo de tempo, massa e variação da velocidade, são capazes através de uma atividade experimental artesanal e tecnológico, associando o racional e o empírico perceber as relações de proporcionalidade entre as grandezas, e com propriedade transcender tais relações e manipular de forma especulativa complexa a lei fundamental dos movimentos?

Pergunta 5 – Estudante aumentando o realismo científico do tipo teórico da lei fundamental dos movimentos através da manipulação teórico e experimental, é capaz de transcender o contexto da experimentação para outros diferentes contextos em seu cotidiano, como por exemplo a importância da utilização do cinto de segurança, ou na construção de automóveis que em uma batida deformam mais para a segurança dos ocupantes do veículo?

As perguntas de 2 a 5 tangem a experimentação artesanal e tecnológica em uma perspectiva de manipulação racional e empírica da 2ª lei de Newton, com os questionamentos girando em torno dos estudantes do 9º ano do ensino fundamental II, se entendem o conceito de força como a variação da quantidade de movimento

no tempo de um corpo ou força como a aceleração adquirida por um corpo com determinada massa, diferenciando a lei fundamental dos movimentos da lei fundamental da dinâmica. Depois de possivelmente aperfeiçoado o seu perfil epistemológico a respeito da lei fundamental dos movimentos se são capazes de transcender o contexto do laboratório de física e aplicar o conhecimento científico em outras situações.

Pergunta 6 – O que diferencia no processo de ensino aprendizagem a atividade experimental em uma perspectiva de ensino tradicional de ciência, da experimentação na perspectiva de ensino de ciência que propomos como uma aproximação e intercâmbio entre teoria e prática, de forma equilibrada e equivalente?

A escola pelo que parece não pode mais manter a maneira antiga de ensinar, com transmissão automática dos conhecimentos e alienada do mundo da ciência e das tecnologias. Deve avançar de maneira que contextualize situações próximas do cotidiano do estudante para a especulação complexa do mundo científico e tecnológico.

Pergunta 7 – Quais as possibilidades de proposta de uma atividade experimental capaz de permitir uma mediação entre o contexto escolar com aparelhos tecnológicos que fazem parte do mundo em que os estudantes são usuários leigos, o celular como exemplo, com uma integração à experimentação do recurso tecnológico que os estudantes têm acesso, para manipulação de tipos relacionados com a lei fundamental dos movimentos?

De forma estruturada durante à parte artesanal da experimentação, o celular será utilizado para realizar filmes do movimento de carrinhos, submetidos às diferentes forças motoras, tais filmes serão utilizados no laboratório de informática do CEP no software Tracker, para medidas de tempo e determinação de acelerações relacionadas às forças motoras sobre os carrinhos.

Pergunta 8 – Investir em uma atividade sócio cultural durante a experimentação, na relação entre pares estudantis, ou entre estudantes e o professor, apostando na figura do indivíduo andaime como elemento facilitador na assimilação de um novo conceito, aprimora o processo de ensino aprendizagem?

A disposição do mobiliário do laboratório do CEP e a proposta de trabalho em grupo, facilitam a atividade sócio cultural, facilitam o diálogo entre os pares estudantis e com os professores que acompanham a experimentação, em uma

perspectiva de jogo bilateral. Em um ambiente organizado, mas não disciplinador, pois a disciplina simplesmente é conquistada pelo interesse dos estudantes na atividade experimental.

Pergunta 9 – Nosso trabalho propõe um par experimental artesanal e tecnológico, a parte artesanal funciona como contextualização para a investigação crítica dos conceitos científicos na escola básica?

Na apresentação de um novo conceito associado com um fenômeno, a apresentação com um contexto facilita a representação da imagem do conceito e associado com um fenômeno, uma vez partindo de uma representação o estudante deve trilhar o caminho para ressaltar tal conceito e propiciar uma melhor acomodação do conceito, com sua manipulação propiciando o realismo das entidades envolvidas no contexto trabalhado.

Na representação do sistema montado para a investigação do movimento do carrinho, o estudante do 9º ano é capaz de identificar as forças que atuam no carrinho, entre elas apontar a que caracteriza – se como força motora?

Os estudantes quando apresentado o juízo sobre conservação da quantidade de movimento, em alto grau de abstração, generalidade e inclusividade, serão capazes de confrontar tal juízo com a realidade simulada em propostas de experimentação, associados ao juízo apresentado?

Fornecendo materiais de experimentação, estudantes provocados em determinada situação problema de manipular os tipos envolvidos na lei fundamental dos movimentos, são capazes de proporem uma atividade experimental para manipular as entidades, através de medições, cálculos, tabelas e gráficos?

A atividade experimental artesanal e tecnológica em grupo, em uma perspectiva sócio cultural enriquece as formas de representação de imagens a respeito de entidades da física?

Na experimentação teórico e empírico que propomos utilizada para aumentar o realismo científico da segunda lei de Newton, o estudante é capaz de perceber a influência de resistência do ar e da força de atrito durante a movimentação do corpo como forças externas? Se compreende é capaz de propor o que é possível dispensar que não atrapalhará o modelo de aproximação?

O estudante é capaz de identificar que a quantidade de movimento se conserva, caso a resultante de forças sobre o corpo for nula?

O estudante reconhece as relações de proporcionalidade entre força e variação da velocidade, entre força e a variação do tempo e entre força e a aceleração?

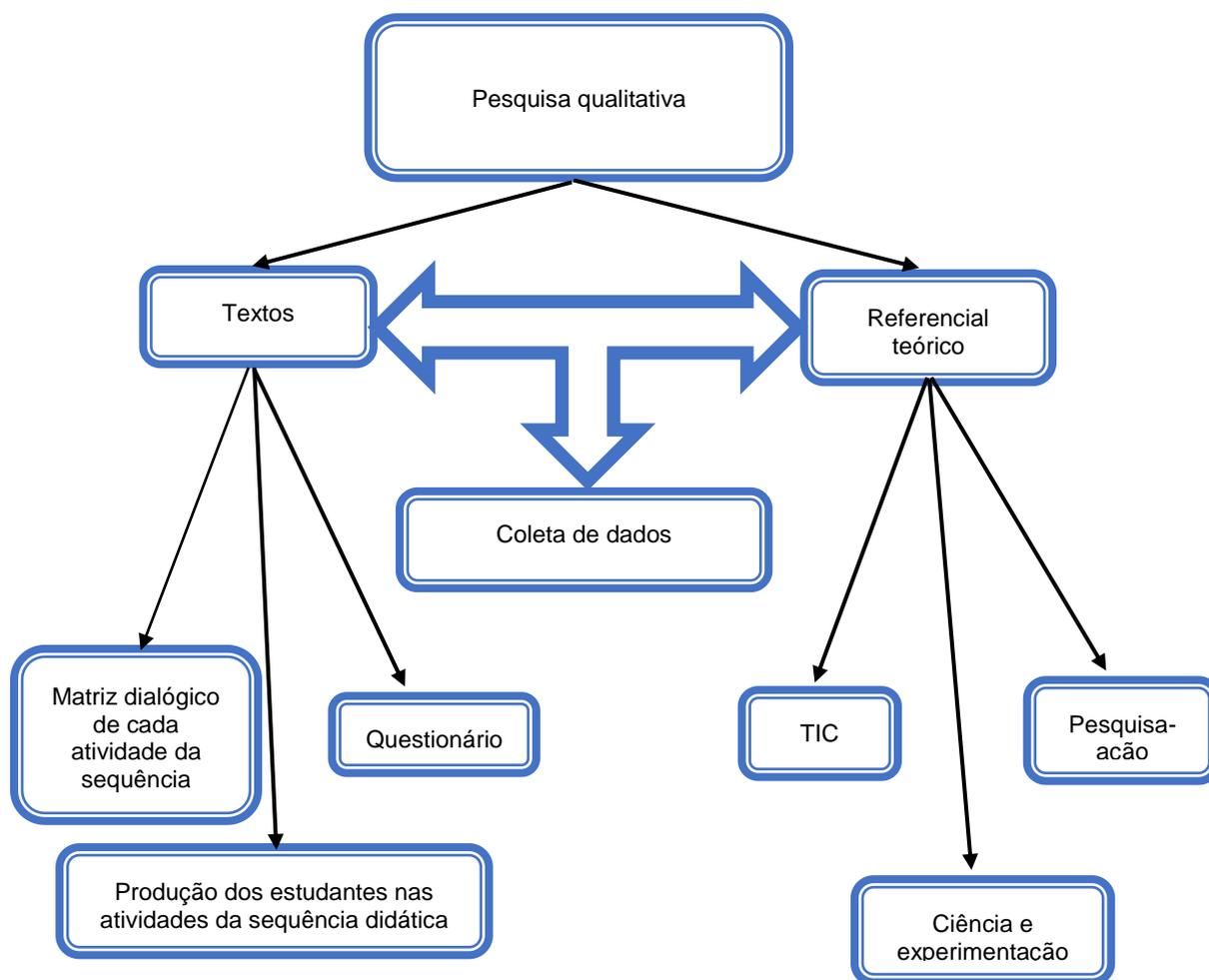
Todas as últimas questões relacionam-se com a possibilidade de que com a manipulação das entidades da física relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, de formas diversas em diferentes atividades experimentais e em diferentes aparelhos. Seja possível aperfeiçoar o senso comum dos estudantes, que alicerçado em intuições primeiras e empirismo ingênuo, passe a ser alicerçado em um pensamento abstrato de fundamentação na linguagem físico-matemático e que, portanto, torne-se um senso comum alicerçado com um pensamento abstrato complexo e, portanto, o estudante adquira um perfil de especulador complexo.

Permitindo assim pensar nossa prática e orientar nosso planejamento na construção de futuras ações. Afinal não basta identificarmos o problema, temos que envolvermo-nos na busca e proposta de soluções deste quebra-cabeças que nos propomos a investigar.

Escolhemos também para cada atividade da sequência didática, excetuando o questionário, utilizar da matriz dialógica como uma espécie de diário de laboratório, no qual registraremos as particularidades vivenciadas no espaço do laboratório e que poderemos depois dialetizar com nossas questões norteadoras, e também na descrição do desenvolvimento da metodologia. Acreditamos que assim efetivamos o pensar sempre a prática freiriano.

#### 4.2 FORMANDO O CORPUS PARA A PESQUISA-AÇÃO

A abordagem de pesquisa apoiar – se – á na concepção de pesquisa-ação como investigação de pesquisa educacional, para o encaminhamento dos trabalhos nossa pesquisa estará alicerçada na espiral lewiana, pois o planejamento é dinâmico e deve sofrer replanejamentos sucessivos de acordo com as respostas das ações realizadas, depois das análises e reflexões devemos sempre retomarmos o planejamento das próximas ações. Destacando que a pesquisa é qualitativa e que investigaremos as fontes disponíveis, orientados pelos eixos que alicerçam a nossa pesquisa, conforme o esquema a seguir:



**Figura 19: representação que orienta a metodologia de pesquisa**

Da constatação da não evolução da experimentação a respeito da lei fundamental dos movimentos no CEP, que concluímos da nossa investigação do acervo histórico, e com a intenção de balizar o mote da nossa pesquisa. Escolhemos aplicar algumas das ações em uma turma piloto do nono ano do EFII em 2013, primeiro elaboramos um questionário para investigação das concepções de ciência pelos estudantes, da representação da atividade experimental em laboratório, também sondar as possíveis origens desse conhecimento sobre laboratório de ciência.

No mesmo questionário intencionamos conhecer no senso comum dos estudantes possíveis intuições primeiras a respeito de entidades físicas do nosso interesse, mesmo que pouco elaborados, que poderiam constituir obstáculos epistemológicos em relação ao entendimento mais científico dessas entidades, quando a esses estudantes fossem apresentados um material instrutivo em alto grau

de abstração, inclusividade e generalidade, que caracterizam a lei fundamental dos movimentos. Informações preciosas que trouxeram as primeiras informações que nortearam a melhor delimitação do nosso problema de atividade experimental tradicional, colocada em segundo plano em relação a teoria e de mero investimento na técnica de reprodução de modelos, e que ao nosso ver não qualifica o trabalho experimental dos estudantes.

O material coletado instruiu-nos no sentido de perceber que os estudantes na série final do EFII, apresentam uma formação pré-científica, de base animista repleto de intuições e empirismos primeiros, que indo mais longe constitui um realismo ingênuo dos estudantes, com um senso comum muito longe do letramento científico que almejamos. Assim ajudou nossa orientação em construir uma sequência didática para uma metodologia de ensino de física diferenciada para a nossa escola, que valorizasse aspectos de especulação complexa de diferentes tipos da física.

Na metodologia, conforme nossas referências teóricas, deve promover a desconstrução de representações equivocadas dos tipos da lei fundamental dos movimentos, os possíveis obstáculos epistemológicos. Por outro lado, percebemos nos dados que simplesmente os estudantes naquela faixa etária não apresentam nenhuma representação a respeito de algumas entidades da física, aqui percebemos alguma vantagem, pois quando manipularmos essas entidades com a teoria e a experimentação, os estudantes formarão representações alicerçadas em intuições primeiras que não necessariamente precisarão ser equivocadas, para tanto somente utilizaremos de possíveis aparatos metafóricos, quando aos estudantes já tenha sido apresentado de forma objetiva as entidades do nosso interesse. Preferimos assim para evitar possíveis barreiras epistemológicas.

Ainda o contato com a turma piloto e as atividades que propomos e trabalhamos com a turma, alertou-nos para o fato da fundamental problematização no início de cada atividade, conforme descrevemos em nossa proposta de experimentação de manipulação da lei fundamental dos movimentos, agora que justificamos as primeiras ações na turma piloto como balizadoras da nossa pesquisa, passaremos para a descrição das próximas fases da pesquisa, mas agora com a turma de nono ano do EFII de 2014.

### 4.3 DOCUMENTAÇÃO

O material que escolhemos da turma do nono ano do ensino de ciências do ensino fundamental fase II de 2014, que dedicaremos a categorização em relação aos aspectos alinhados com nossa pesquisa e que conduziremos a investigação conforme a definição abaixo sobre documentos:

“Documentos são artefatos padronizados na medida em que ocorrem tipicamente em determinados formatos como: notas, relatórios de caso, contratos, rascunhos, certidões de óbito, anotações, diários, estatísticas, certidões, sentenças, cartas ou pareceres de especialistas.” (WOLFF, 2004 b, p. 284)

Do material coletado de toda a nossa sequência didática incluídos os questionários aplicados, cuja construção da sequência didática que justificamos em relação aos eixos teóricos que acreditamos convenientes para orientar nosso trabalho, e que destacamos no capítulo três; e dos registros na matriz dialógica correspondente a cada atividade e que orientam nossa investigação. Toda coleta desse extenso material constituem a construção de um corpus (FLICK, 2009, p. 233) que formam uma amostra representativa de todos os documentos de um determinado tipo, tratado aqui como documento conforme Wolff (2004, p. 284).

Os documentos escolhidos são constituídos de duas dimensões, segundo Scott (1990, p.6): a autoria é de caráter pessoal e também privado (questionário aplicado e também os roteiros experimentais respondidos pelos estudantes), a outra dimensão é o do acesso restrito (onde apenas os estudantes e o professor compartilharão das informações). A estratégia de produção dos documentos para coleta de dados e depois análise dos dados foi a comunicação, por meio dos questionários e também da elaboração dos roteiros.

Contamos ainda com os registros na matriz dialógica, na qual pudemos incluir particularidades únicas, organizadas segundo aspectos que os eixos teóricos ajudaram a perceber as nuances do interesse da investigação, portanto tais registros constituem uma espécie de diário de cada atividade e que recordam características que observamos nos momentos da interação com os estudantes.

A análise documental foi realizada segundo Guba e Lincoln (1981) e Holsti (1969), cujas vantagens já salientamos. Ainda utilizamos dos critérios de seleção de

documentos, conforme Scott (1990, p. 6), priorizando pela autenticidade (genuíno e de fonte registrada e inquestionável) e quanto a credibilidade, ou seja do documento não apresentar erros ou distorções.

Para este segundo critério na análise dos dados esperamos alguns erros e também distorções dos conceitos relacionados à lei fundamental dos movimentos e o princípio da conservação da quantidade de movimento, pois estamos investigando concepções dos estudantes, que muitas vezes foram construídas significativamente de forma equivocada. E que para nossa investigação servirá para nortear como propor um material instrutivo potencialmente significativo e que servirá de organizador prévio, em alto grau de abstração, generalidade e inclusividade.

Com o problema de investigação delimitado e das hipóteses que construímos, poderemos agora confrontando com o material produzido pelos estudantes descrever as várias fases do nosso espiral auto reflexivo.

#### 4.4 PESQUISA-AÇÃO NO LABORATÓRIO DO CEP

Com a escolha da prática experimental da segunda lei de Newton, planejamos então pesquisar a outra parte que nos interessa, a concepção dos estudantes sobre ciência e atividade experimental relacionada com a ciência, para tanto primeiro estabelecemos diálogo com o professor de ciência do nono ano do ensino fundamental II, para escolhermos uma turma. Do diálogo estabelecido com o professor ficou acertado a aplicação de um questionário

##### 4.4.1 Identificando e Conhecendo os Interlocutores: Fase I da Nossa Sequência Didática da Lei Fundamental dos Movimentos

No planejamento da ação do preparo do questionário que já descrevemos, intencionamos investigar a representação do que é ciência para os estudantes? E também conceitos relacionados com a segunda lei de Newton ou princípio fundamental dos movimentos, esta a nomeação que preferimos. Com a ação queremos coletar dados para uma análise preliminar afim de obter o perfil da turma

em relação a imagem que formam sobre ciências, assim para balizar a construção da primeira atividade didática em forma de roteiro sobre atividade experimental.

Com o primeiro esboço do nosso espiral auto – reflexiva, que se proporrá a nortear os trabalhos de pesquisa-ação educacional, descremos as ações principais vinculadas a primeira fase no espiral auto reflexivo:

i) Nossa inquietação inicial estava relacionada com a atividade experimental desenvolvida no laboratório do CEP, com roteiros planejados com características de um ensino tradicional da ciência, que apontamos como ineficientes para o aperfeiçoamento de um senso comum dos estudantes mais científico. Inquietações que foram reforçadas com a nossa investigação da prática experimental sobre a segunda lei de Newton e da sua não evolução. Em uma perspectiva de elaboração do novo método de ensino de Física para o CEP, decidimos iniciar por conhecer como os estudantes representam imagens sobre a ciência e sobre as entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos através da aplicação de um questionário.

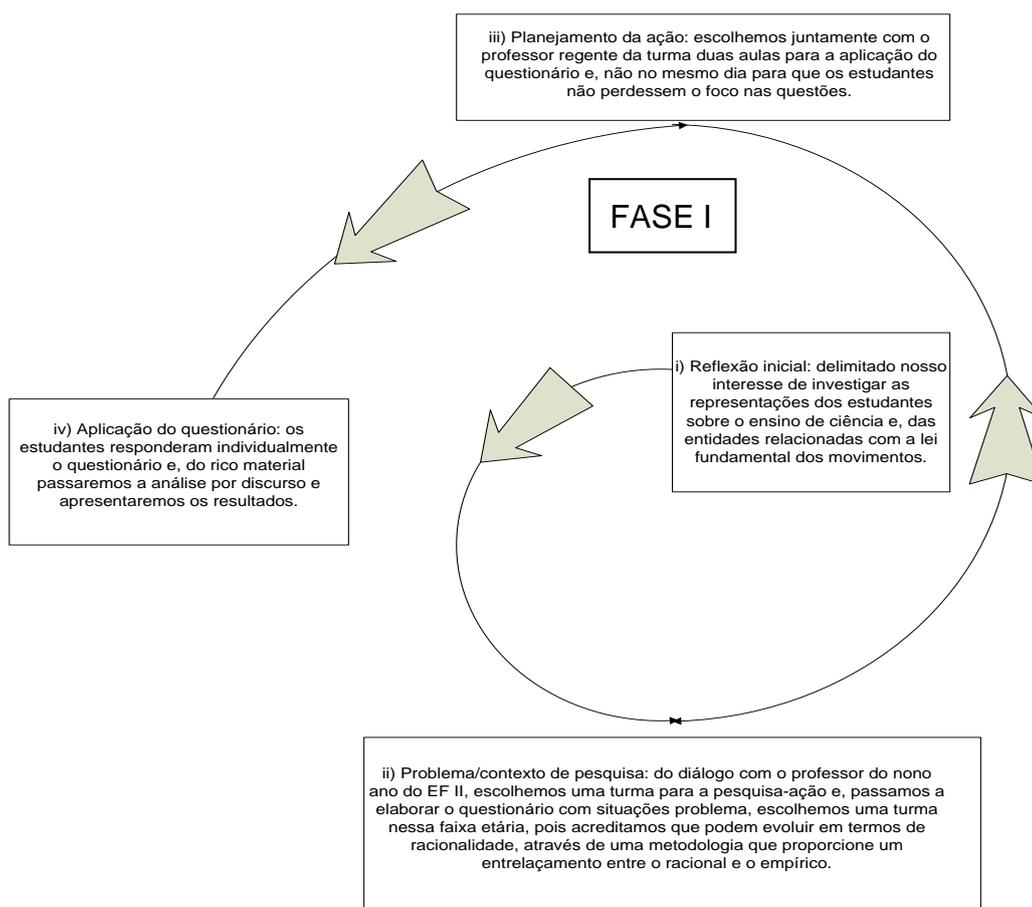
ii) Estava estabelecido um contexto de pesquisa, um colégio com estrutura de laboratório de Física, com rotina de práticas experimentais, entretanto com percepção de atividade experimental ancorada em um ensino tradicional de ciência. Do diálogo com o professor do nono ano do EF II, que já havíamos estabelecido uma parceria desde 2013 com a turma piloto, escolhemos uma turma para a pesquisa-ação e, passamos a elaborar o questionário com situações problema. Destacando que a escolha da turma na faixa etária do EFII é por nossa atividade docente conforme descrevemos no capítulo dois, que mostramos que é possível ensinar física ainda no ensino fundamental com um método para dialetizar o racional e o empírico na experimentação. E sem aparelhos metafóricos que poderiam constituir mais tarde obstáculos epistemológicos.

iii) Planejamos a aplicação do questionário em duas aulas não no mesmo dia devido a sua extensão. Antecipadamente da aplicação foi dialogado com os estudantes que foram devidamente informados que fariam

parte de uma investigação com objetivo educacional, e depois de convencidos sentiram-se à vontade de contribuir com a pesquisa.

iv) Na aplicação do questionário que justificamos a intencionalidade no capítulo três, os estudantes responderam individualmente e tiveram a liberdade para pedir sinônimos de palavras que eventualmente não conheciam, porém não interferimos na interpretação dos questionamentos, pois não queríamos influenciar nas respostas. Com a ação coletamos dados para uma análise preliminar afim de obter o perfil da turma em relação como representam imagens sobre ciência e dos tipos da física que se relacionam com a segunda lei de Newton.

A seguir apresentaremos um diagrama da primeira fase da nossa espiral:



**Figura 20: espiral representando a primeira fase da nossa pesquisa-ação.**

Portanto para esta primeira análise de dados em relação a turma escolhida, temos o primeiro questionário aplicado, e da escolha pela codificação temática e da

extensa coleta de dados, resultado da produção por parte dos estudantes, questões respondidas individualmente. Optamos em investigar nas 4 primeiras questões temas relacionados com concepção de ciências e, nas 5 últimas questões temas relacionados com a lei fundamental dos movimentos.

#### 4.4.1.1 Recorte do corpus de dados do questionário

Depois da leitura flutuante sobre o material relativo a elaboração das respostas do questionário, optamos em realizar um primeiro olhar para o entendimento de ciências pelos estudantes que encerram o ciclo do ensino fundamental II, pois completam um ciclo onde já iniciaram sua educação científica formal na escola, portanto já devem possuir concepções sobre temas relacionados com a ciência, relações entre ciências e a sociedade e sobre ciências e as tecnologias.

Escolhemos iniciar a apresentação dos dados pelas primeiras quatro questões que aparecerão na próxima tabela, pois sondar as noções dos estudantes em relação como os estudantes segundo o seu sistema de crenças representa a imagem da ciência, é relevante para escolher a melhor sequência didática para aprimorar as concepções dos estudantes, pois esses podem conceber a ciência como processo dinâmico e em construção, ou uma visão associada com uma imagem de uma ciência estática, automatizada e doutrinária, reforçada pelo ensino tradicional de ciência que tiveram no ensino fundamental. O ensino de ciência pode estar alinhado com uma concepção ou outra. Agimos assim, pois propomo-nos a pensar sempre a prática, com essas primeiras informações podemos estruturar um planejamento em espiral bem alicerçado, cada etapa deve ser pensada considerando os seus objetivos.

Optamos por análise de conteúdo em relação aos dados, com recortes dos textos com relevância para nossa investigação primeiro em relação as possíveis representações dos estudantes que formam as suas concepções a respeito da ciência, alicerçadas em algumas características de base filosófica que acaba por influenciar o ensino. E também um segundo olhar para a concepção de laboratório e as origens de tal conhecimento, e conforme a categorização, em que as letras também serão entendidas como índices, optamos em criar categorias para cada questão do questionário, conforme apresentaremos na tabela a seguir:





20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
33												
36												
37												
Total	00	14	01	01	04	05	08	12	01	05	02	03

Dos 37 estudantes matriculados na turma, 02 foram transferidos, e no dia da aplicação do questionário faltaram 06 estudantes. Portanto para a análise dos dados do questionário consideraremos 29 estudantes que o responderam. E por economia de espaço para a tabela não incluímos os números correspondentes a essas estudantes.

Apresentaremos agora os gráficos construídos e relacionados com as tabelas 23 e 24:

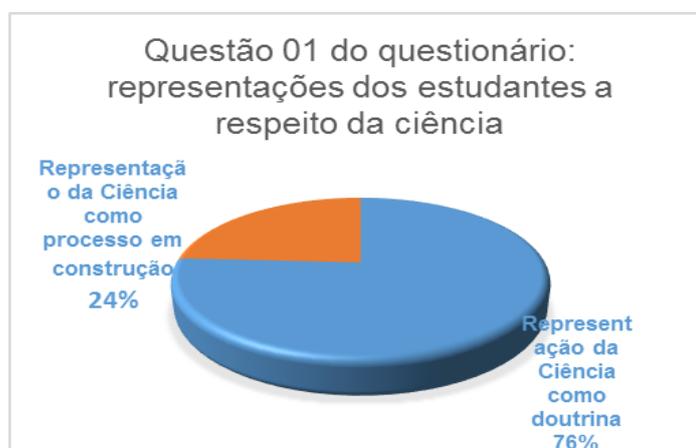
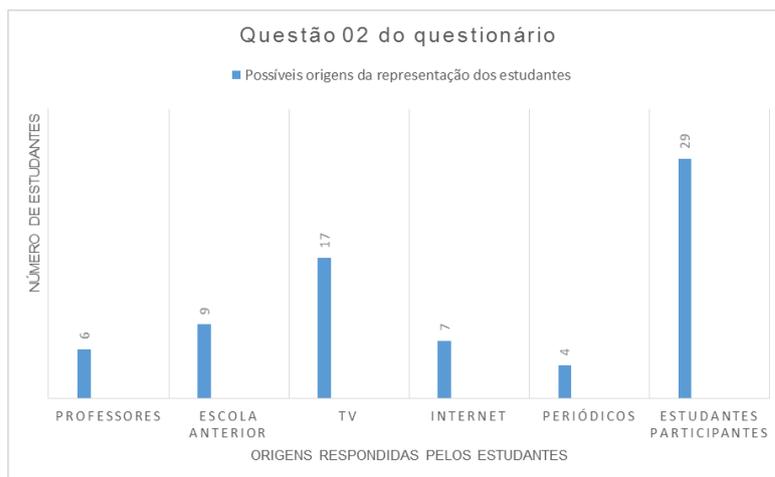
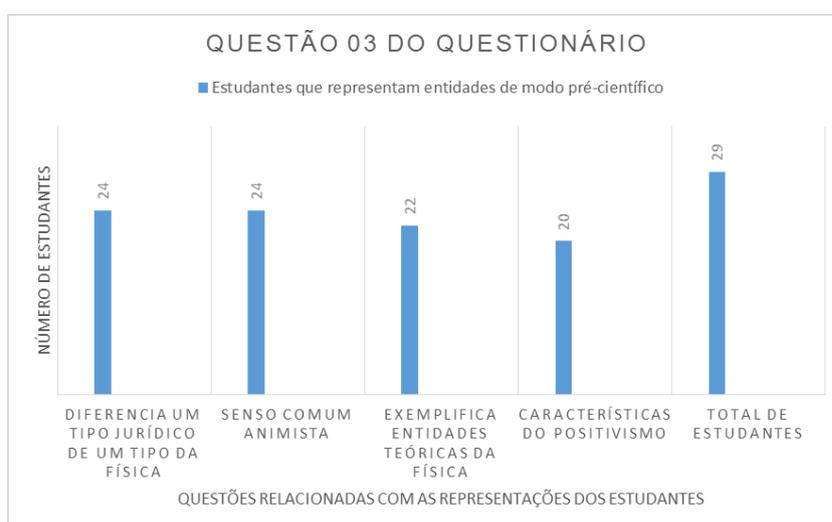


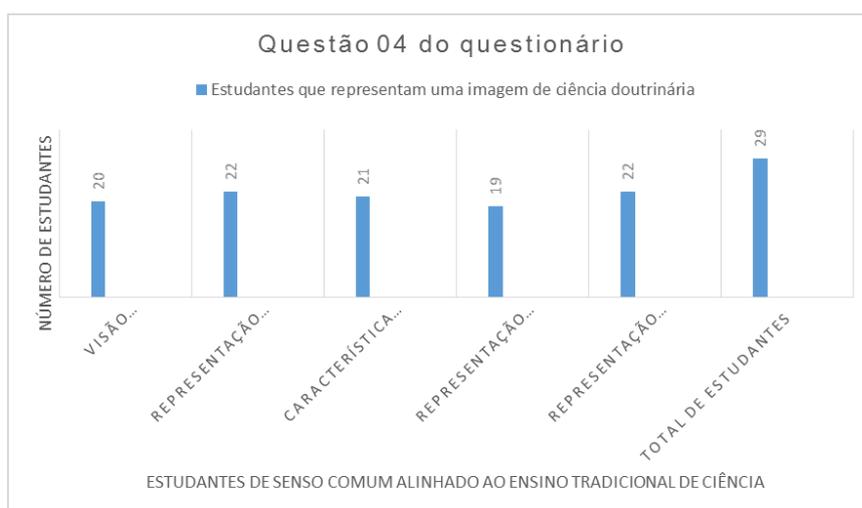
Gráfico 1: investigação de como os estudantes representam imagem da ciência e da experimentação.



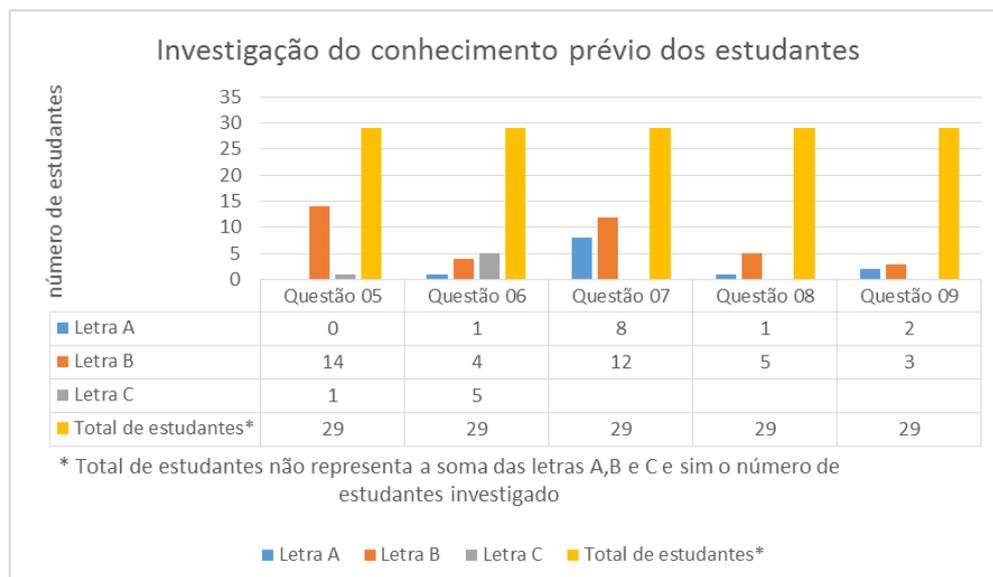
**Gráfico 2: investigando possíveis origens da representação dos estudantes a respeito da experimentação em ciência.**



**Gráfico 3: estudantes que representam as entidades de modo pré-científico.**



**Gráfico 4: visão alinhada com o ensino tradicional de ciência.**



**Gráfico 5: frequência dos estudantes em relação a categorização das questões de 05 à 09, para investigar no senso comum dos estudantes as entidades da lei fundamental dos movimentos.**

O CEP possui em seu quadro estudantes de toda a grande Curitiba, e considerando que existe uma seleção para ingresso no colégio por análise curricular, significa que temos um quadro representativo de estudantes de padrão bom e homogêneo entre as escolas públicas da capital Curitiba e região metropolitana. Portanto deve acender uma luz de alerta, quando o ensino de ciência daquele colégio tido como referência entre as escolas públicas do estado do Paraná, que apresenta indícios de um modelo de ensino tradicional, de características de justaposição de conteúdos de modo panfletário, conforme nossa primeira análise apontará que não contribui para o afastamento do senso comum animista e pré-científico dos estudantes.

#### 4.4.1.2 Análise dos dados da fase I: das representações dos estudantes a respeito da ciência e, das entidades associadas a lei fundamental dos movimentos.

Queremos mencionar sobre os mecanismos que os governos utilizam para medir como vai à educação brasileira, por exemplo o IDEB para o CEP (6,3 em 2009, 6,1 em 2011 e 6,4 em 2013), no qual o CEP apresenta bons resultados entre outras escolas avaliadas e muito próximo das metas estabelecidas pelo INEP, portanto para esse índice avaliativo trata-se de uma escola de excelência, então o que há de errado?



Figura 21: tela do INEP mostrando o IDEB observado e o projetado para o CEP. Fonte portal do INEP disponível: <http://ideb.inep.gov.br/resultado/resultado/resultado.seam?cid=5381442>. 03/01/2015, às 18:01h.

Somos completamente a favor da existência de mecanismos para medir como anda o ensino brasileiro, porém tais mecanismos mostram-se falhos em identificar problemas de concepção de ensino, como no caso do ensino de ciências, pois nossa escola que apresenta bons resultados em tais índices, mesmo com um ensino de ciências de valorização da memorização, da reprodução e de transmissão automática, ou seja tradicional.

Para corroborar com nosso discurso, o resultado do desempenho de estudantes brasileiros em mecanismos avaliativos internacionais, como o ranking do PISA 2009 o Brasil entre 65 países participantes ocupa a 53ª posição em ciências (fonte PISA 2009), o Brasil apresenta resultados que na América Latina superado por países como México, Chile e Uruguai, equiparando-se para demérito nosso com países que possuem condições muito inferiores em termos de financiamento educacional, evidenciando falta de planejamento e, um estudo para revolucionar o currículo.

#### 4.4.1.2.1 Apontamentos em relação a representação dos estudantes a respeito da ciência e da experimentação

Creemos que o índice inicial de 75% dos estudantes com visão tradicional para a ciência, conforme o gráfico<sup>1</sup>, pode consistir em um índice modesto diante do real quadro de formação em educação científica dos estudantes, devemos avançar na análise para posicionarmos de forma mais incisiva, mas até aqui temos um quadro que não nos agrada.

A concentração dos apontamentos dos estudantes para os meios midiáticos para formação da concepção de laboratório e experimentação em ciências, apresentado no gráfico 2, corrobora com a primeira impressão que obtivemos na questão 01 do questionário, na qual a maioria dos estudantes (em torno de 75%), possuem uma representação da ciência possivelmente reforçado pelo ensino tradicional da ciência, o qual parece-nos não exorcizar as intuições animistas dos estudantes. Tal influência da mídia nas primeiras intuições dos estudantes em relação à experimentação na ciência, pode constituir obstáculos epistemológicos para cada estudante, cujo chamamento para experimentação foi feito de forma equivocada. Vejamos em dois relatos dos estudantes essa influência midiática:

*Estudante 17: eu já vi em desenhos da Marvel, em séries de TV como The Big Bang Theory, que eu me lembro.*

*Estudante 21: Laboratório mesmo, eu vim conhecer aqui no CEP, mas nunca fiz alguma experiência “extraordinária”. Outro lugar que tive contato com isso foi na internet no manualdomundo.com.br.*

Ricos em imagens lúdicas de chamamento que permeiam os filmes de ficção científica, animações que ignoram o rigor de modelos da física e programas de divulgação científica que abusam de experimentos “mágicos”, que como fomos orientados por Bachelard (2013), tal imagens associadas a aparelhos metafóricos acabam por mostrar uma ciência “fácil”, “mágica” e “divertida”, mas que esvaziado da linguagem físico matemática, afasta os estudantes da abstração que precisamos para especulação científica. Canais do Youtube, como por exemplo: Manual do mundo, de autoria de Iberê Thenorio, no endereço <https://www.youtube.com/user/iberethenorio>. Todas essas fontes midiáticas acabam por prestar um desserviço ao letramento científico no sentido que propomos de especulação complexa pelos estudantes da escola básica.

Nosso apontamento e inquietação aos obstáculos estabelecidos por uma mídia não especializada foi reforçado pelo gráfico 2, outra contribuição da produção dos estudantes que conduz para dados desconcertantes, em constatarmos que existe indícios que o letramento científico não acontece principalmente no ambiente escolar, não podemos ser incisivos com uma amostra de pesquisa tão modesta, mas devemos alertar para uma maior investigação neste sentido, pois está claro que devemos diagnosticar o ensino de ciências no ambiente escolar, a qual parece que não vai bem, pois é pouco lembrada pelos estudantes quando especulados a respeito.

Ou quando é associado com a escola, percebemos o quanto esse contato constituiu obstáculos a representação da imagem de experimentação adequada para a formação científica, pois a modalidade de chamamento que foi feito estabeleceu uma imagem equivocada para os estudantes, conforme destacamos no relato do estudante a seguir:

*Estudante 09: eu, quando estudei em colégio particular fui para um laboratório de química e fiz vários experimentos, como sabão líquido. Vários desenhos animados, jornal e laboratório de exames médicos.*

O que pode evidenciar que a própria escola pode fomentar primeiras imagens da experimentação, de reprodução de guias e de manipulação de materiais em laboratório, que mais tarde criarão barreiras de uma experimentação mais especulativa e que exija uma maior abstração por parte dos estudantes, que esperam com seu animismo um laboratório de caráter mais lúdico.

Na questão 03, apesar de juízo que nos pareceu elementar alicerçado em um senso comum de base animista, encontramos nas representações da maioria dos estudantes um certo realismo em relação a entidades teóricas por parte dos estudantes, que mostra que não haverá maiores dificuldades na manipulação e na crença de certas entidades teóricas relacionadas com a lei fundamental dos movimentos. Esse realismo ingênuo possivelmente adquirido na escola da maioria dos estudantes de leis e teorias podemos evidenciar em uma das respostas: *Estudante 04: (3b). Nas leis tipo jurídicas, são as leis impostas pelo homem, e que seria possível infringi-las. Já na natureza não é possível infringir e foi imposta pela própria natureza... (3d). As leis da natureza já existem, pelo que sabemos são descobertas e testadas pelos cientistas.*

No senso comum do estudante, um exemplo entre muitos, percebemos uma representação de um realismo ingênuo em crer que leis da física já existem na natureza e com um bom garimpo podemos encontrá-las, não as reconhece como criações humanas. Por outro lado, diferencia o tipo jurídico, declinando como elaborações humanas e que assim podem ser infringidas

Apesar de tal representação equivocada, ainda assim nesse realismo ingênuo da existência de leis, poderemos utilizar em nossa sequência didática na manipulação de tipos da física, relacionados com a lei fundamental dos movimentos.

Encontramos estudantes que apresentam uma racionalidade com aspectos mais científicos, que ajudarão nas atividades em grupo como “andaimes” e, que representam imagens a respeito de tipos da física diferenciados do grande grupo:

*Estudante 09: (3d) acho que são criações humanas, como a teoria dos multi-universos, que aliás não é uma lei.*

*Estudante 17: (3b) as leis jurídicas são criadas para preservar algo ou manter a organização. As leis da natureza são criadas para explicar alguns fenômenos. (3d). Eu acho que são criações humanas numa tentativa de explicar a natureza.*

Ainda na questão 03 encontramos alguns disparates, alguns estudantes tiveram dificuldades para diferenciar uma lei jurídica de uma lei física, deixando claro que não se pedia definições formais de cada lei, apenas era apresentado um quadrinho retirado do GREF (grupo de reelaboração do ensino de física).

Por exemplo o estudante 30, que se equivocou em diferenciar uma lei física de uma lei jurídica, corroborou com seu equívoco quando interpelado sobre exemplificar leis físicas e respondeu de forma equivocada como transcrito a seguir:

*Estudante 30: (3c). Não poluir os meios da natureza, não destruir as florestas e não fazer nada que possa prejudicar a natureza.*

Ficou evidente conforme o gráfico 04, que a maioria dos estudantes possuem uma representação da imagem da ciência doutrinária, que constitui uma forte evidência de obstáculo epistemológico, em relação a supervalorização de fatos à priori, característicos de obstáculos animistas, pois a maioria dos estudantes compram convencidos do tom panfletário de valorização do fato do “cientificamente comprovado”, que agrada a subjetividade animista do estudante, que deixa de refletir e torna-se um escravo do fato valorizado à priori. Utilizaremos de um dos relatos dos estudantes para corroborar com nosso discurso:

*Estudante 05: Escolho um que diz que foi testado e não reflito.*

Quando há essa supervalorização do cientificamente comprovado, estanca-se a razão, pois não existe um chamado para pensar em conjunto sobre uma evidência. Em vez disso em um tom imperativo anuncia-se a evidência científica como um fato e pronto, tornou o ouvinte um servo da ciência.

A confiabilidade dos estudantes diante da ciência, mostrado no gráfico 4, também evidencia dados que podemos relacionar com o ensino que proporciona um letramento pré-científico, repleto de intuições animistas, que constituem obstáculos epistemológicos. Desde o item 4.a que interpela os estudantes sobre produtos com eficiência comprovada cientificamente, propusemos tal questão com a intencionalidade de identificar se os estudantes acreditam em uma ciência que propõe a possibilidade de algo ser comprovado experimentalmente.

Constatamos que 20 estudantes escolhem produtos nas compras, que são anunciados pelas mídias e que estampam em suas embalagens, que são testados cientificamente. Estes estudantes acreditam de forma doutrinária em uma superioridade da ciência, que diz possuir um método capaz de atestar que um produto é verdadeiramente eficaz.

Que desafio a escola possui de exorcizar tais representações que os estudantes possuem diante da ciência, para que os estudantes sejam mais racionais, que pensem contra a sua razão e que em uma sociedade de consumo, perceba que a ciência como doutrina torna-se uma ferramenta de alienação que as campanhas publicitárias fazem uso.

No próximo item 4.b, o escopo era o de identificar se os estudantes no seu letramento científico apoiam-se em práticas indutivistas ingênuas e na crença de que leis físicas podem ser descobertas através da observação experimental em um laboratório bem aparelhado, e 22 entre os 29 estudantes apontaram ser uma possibilidade real a dedução de uma lei a partir de proposições tomadas como verdadeiras a partir de observações experimentais, tal evidência traz-nos mais segurança em reafirmar que o ensino de ciências corrobora para um ensino de ciências arcaico e que reforça intuições animistas, que permeiam um realismo ingênuo e um empirismo ingênuo dos estudantes.

Convergente com nossas afirmações, o item 4.c vem para aumentar a credibilidade na afirmação de que o ensino de ciências está alicerçado em características de um positivismo ingênuo, que não ajudam na evolução das

intuições animistas dos estudantes, alicerçadas em seu realismo ingênuo e empirismo claro. Pois o objetivo da questão era o de sondar se os estudantes acreditam que uma lei física pode ser comprovada experimentalmente, o resultado obtido foi definitivamente contundente, onde 22 estudantes produziram respostas alinhadas com esta concepção tradicional da ciência. Como exemplo das nossas afirmações citamos o estudante 07 no item 4.c:

*Estudante 07: Ela deve ser comprovada por simulações e sim tem de ser respeitada para sempre.*

Por fim analisando os dois últimos itens da questão 4, os itens 4.d e 4.e, investigamos mais uma vez o atestado de que leis da física como comprovadas cientificamente, com a intenção se na opinião dos estudantes esta característica positivista possui consistência, novamente a maioria dos estudantes, 19 para 4.d e 22 para 4.e estudantes ao todo, posicionaram-se com tal concepção do ensino tradicional da ciência, conforme a transcrição do estudante 18 para o item 4.d:

Estudante 18 – Eu acredito nas leis que são comprovadas cientificamente, não fico procurando estudá-las, mas sempre memorizá-las.

Percebemos no estudante 18 uma crença na ciência como doutrina, em uma atitude não reflexiva, e modo de interagir com as leis é no sentido de memorização, característica que remete ao ensino automático e de reprodução. O mesmo estudante quando interpelado no item 4.e, caso uma lei física fosse contestada com uma falsificação por experimentação, o estudante sem titubear da sua crença, escreve:

Estudante 18 – Continuaria acreditando nessa lei, apesar que seja contestada.

Inferimos, portanto, que o quadro inicial que apontava um percentual de 75% dos estudantes com uma formação de ensino tradicional de ciência, foi corroborado à medida que analisamos as demais questões e determina, portanto, um quadro de maior gravidade em termos de percepção de ciências por parte dos estudantes, tal percepção pode funcionar como uma barreira epistemológica para uma educação científica que exija uma especulação complexa.

#### 4.4.1.2.2 *Conhecimentos prévios dos estudantes sobre quantidade de movimento e conservação da quantidade de movimento*

Na leitura e análise dos dados relativos as questões de 05 à 09 e, com a intencionalidade de apurar se os conceitos associados a lei fundamental dos movimentos, mesmo que pouco elaborados, faziam parte do senso comum dos estudantes, não tivemos nenhuma surpresa em encontrar representações que remetem a obstáculos como o da substancialização, em que os estudantes procuram aplicar um conceito parcialmente entendido em diferentes situações, uma espécie de explicação que utilizam de modo geral para explicar diferentes contextos, que caracteriza um espírito pré-científico, que conforme já apontamos na nossa primeira análise com o questionário, nas questões de 01 à 04, trata-se de um espírito de um realismo ingênuo e empirismo imediato, que foi reforçado pelas mídias e também pelo ensino tradicional de ciência.

O que os indícios apontam é reduzida formação conceitual dos estudantes sobre elementos como quantidade de movimento, o conceito de conservação e, precária a utilização de termos como força, variação da velocidade e intervalo de tempo. Atendo-nos a entidade força, que aparece na interação entre as bolas do pêndulo, os estudantes escrevem que em vez da quantidade de movimento ser transferida de uma esfera para a outra, o que é transferido é a força, como se uma esfera passasse para a outra a entidade força, muitos não concebem que a força existe enquanto há interação. Transcrevemos a representação do estudante 09:

*Estudante 09: O algo que é transferido é a força, como expliquei na questão 5.a., ela vai sendo reutilizada ao longo do processo. Passa de uma bolinha a outra, lei da ação e reação.*

Apesar de compreender que existe na interação a terceira lei de Newton, apresenta um equívoco em afirmar que a força passa de uma esfera para a outra, que constitui uma imagem que atrapalhará na compreensão do funcionamento do pêndulo e que a entidade transferida se trata da quantidade de movimento.

A utilização dos conceitos ocorre de maneira geral de forma equivocada, trocando um conceito por outro, ou então existe na representação de imagens do estudante, porém não da maneira formal como o letramento científico deve alcançar. Em muitos casos existem equívocos, que constituirão obstáculos, que serão de difícil retificação, pois essas primeiras imagens são sempre de difícil exorcismo.

E encontramos um ponto que terá que ser considerado na nossa sequência didática, em que os estudantes ultrapassem o obstáculo da substancialização e, que com diferentes situações experimentais com a transferência da quantidade de movimento, vasculhando sua razão para diminuirmos as explicações de modo geral e que se atenham em uma especulação complexa e particular daquele tipo de problema envolvendo o pêndulo.

Com os resultados obtidos para a categorização da questão 05 que estabelecemos, podemos ressaltar que da turma investigada, os estudantes não conhecem os juízos de quantidade de movimento e da conservação da quantidade de movimento, ao menos não os conhece com essas denominações, pois apenas 02 dos 29, estudantes 08 e 11, ensaiaram utilizar o termo movimento como o “algo” transferido. E apenas 03 dos estudantes conceberam que o funcionamento do pêndulo continuaria, caso o sistema fosse isolado, ou seja com resultante de forças externas nula, conforme identificamos na resposta do estudante 33:

*Estudante 33: O pêndulo ficaria se movendo eternamente se não houvesse a interação com nada, como o ar, ou qualquer outro atrito.*

Agradou-nos que o tipo força como capaz de alterar a quantidade de movimento apareceram nas respostas dos estudantes, 14 estudantes dos questionados. Por exemplo o estudante 01 refere-se a presença da força como uma interação externa no item 5.b, conforme suas palavras apresentadas a seguir:

*Estudante 01: Acredito que sim, o pêndulo pode parar por uma interação de fora.*

Os estudantes que possuem alguma elaboração sobre interação, e que concebem a entidade de força adequadamente, poderão enriquecer o seu perfil epistemológico da entidade com a abstração através das diferentes especulações complexas da sequência didática. Assim como contribuir como estudantes “andaime”, auxiliando outros estudantes no entendimento e manipulação da entidade, desde que a atividade proporcione contextos que contemplem as zonas proximais de aprendizagem dos estudantes.

Para a questão seis queríamos sondar se os estudantes percebiam a compensação entre a massa e a velocidade, em particular o item “6.a”, 1 dos estudantes conseguiu perceber na situação da trombada, com os dois jogadores presos depois do choque e conseqüente aumento da massa, que deveria haver uma compensação da velocidade dos dois jogadores, portanto diminuindo a velocidade

do par preso pelo equipamento de segurança denominado shoulder pad. O estudante 03 elabora a resposta, apesar do equívoco entre massa e peso:

*Estudante 03: “A velocidade diminui, o peso do segundo jogador, retarda o movimento do primeiro jogador.*

No item 6.c os resultados corroboram com o item 6.a, pois apenas 05 dos estudantes souberam compensar a relação entre velocidade e massa, da definição da quantidade de movimento. Portanto considerando que a próxima atividade dará oportunidade de discussão em pequenos grupos no laboratório, os estudantes aqui descritos como detentores do juízo correto, poderão auxiliar os pares estudantis na formação desses juízos. Com esses dados podemos propor nas atividades experimentais, situações que os estudantes possam exercitar a abstração da compensação entre grandezas proporcionais de forma direta e inversa, aperfeiçoando a especulação com uma maior abstração. Ainda na questão 06 surgiram entre as respostas dos estudantes, pelo menos 08 estudantes, o termo impulso e não sabemos se elaborado de forma adequada, mas que surge a possibilidade de explorar como a força aplicada em um corpo durante um determinado intervalo de tempo.

Na questão 07 apresentamos na situação problema, a importância do cinto de segurança como contexto, com a intenção de como os estudantes entendem a relação entre força e tempo durante uma colisão, para uma mesma variação da velocidade. Em outras palavras queríamos identificar quantos dos estudantes eram capazes de perceber se a duração da interação entre o cinto e a pessoa, quanto mais demorada, menor é a intensidade da força, para uma mesma variação da quantidade de movimento.

Propositalmente os itens “a” e “b” da questão 07, tinham a intenção de provocar a contradição nas respostas dos estudantes que não possuem uma representação clara da relação entre a força e o tempo de interação, durante a colisão. E constatamos que apenas 08 entre os 29 estudantes corroboraram a resposta do item 7.a. com a resposta do item 7.b., portanto mesmo que de forma elementar sem a geometrização, possuem uma representação adequada da relação inversa de proporcionalidade entre força e tempo de interação.

Por outro lado, no restante dos estudantes, 21 dos 29, apareceram respostas contraditórias, entre os itens “a” e “b”, sempre no item “a” apelaram para a primeira intuição, a qual sabemos apoiada no seu realismo ingênuo é na maioria das

vezes equivocada. E apontamos aqui um outro obstáculo epistemológico, associado ao mito da digestão, em que se valoriza aquele processo que é mais demorado de maior tempo de duração, portanto muitos estudantes intuitivamente acreditam que os passageiros que sofrerão mais, são aqueles que estão em uma colisão mais demorada e os que sofrerão menos são aqueles que estão em uma colisão rápida, conforme descrito pelo estudante 18 e 20:

*Estudante 18: Na colisão rápida pois há mais chances de ela não ser letal.*

*Estudante 20: Na colisão rápida porque não irei ter muitas lesões.*

Por senso animista, consideram que a batida rápida, no tempo menor (mito da digestão), será o efeito da batida minimizado. Respondem de forma animista alicerçado em mito que constitui um obstáculo epistemológico, mesmo com a resposta induzida no item “b”, percebemos, portanto, o quanto é enraizado as intuições primeiras que permeiam o realismo ingênuo dos estudantes.

Na ótica CTS, percebemos em relação a utilização do cinto de segurança, apesar de não utilizarem dos termos  $I = F \cdot \Delta t$  e, das relações de proporcionalidade, representam de forma adequada a função do cinto de segurança, pois saíram-se melhores no item “b”, associando a mais demorada em termos de amortecimento, mesmo sem a clareza do porquê de aumentar o tempo de interação, com a diminuição da força. Auxiliando assim o entendimento de contexto de situações problema que envolvam colisões e a importância da utilização do cinto de segurança, nesse sentido orienta-nos na elaboração da sequência didática.

Encontramos nas repostas de alguns estudantes para a questão 07, novamente outro obstáculo epistemológico do tipo do mito da substancialização, aplicando a representação de um tipo aprendido, em outras situações de modo geral sem muita reflexão, que é a imagem da inércia, conforme respondido pelo estudante 09:

*Estudante 09: Pois se pensarmos que o veículo estava devagar, quando ele parar, pela lei da inércia o seu deslocamento também vai ser demorado.*

Que dependendo da problematização seria adequado relacioná-la, entretanto não foi nesse sentido que exploramos a questão, mas sim em termos de proporcionalidade entre força e tempo, na relação de impulso e variação da quantidade de movimento.

A deformação de carros e as situações problema na questão 08 e 09, nestas o intento era que os estudantes além de perceber a relação entre força e o tempo de

interação da força, também relacionassem com aspectos de CTS. Neste sentido na proporção com o avanço científico na indústria e também a preocupação em termos de segurança, em termos de sociedade.

Os automóveis têm perdido em rigidez e ganho em segurança, pois a medida que considerando para uma mesma variação da quantidade de movimento, aumenta-se o tempo da colisão pelo fato do carro ser mais deformável, a força de interação com o obstáculo diminui, e o que os especialistas chamam de célula de segurança do automóvel é preservada, assim também seus ocupantes, portanto uma relação de CTS implícita no problema e que pode ser explorada pelo fato de apenas 05 dos 29 estudantes apontarem alguma relação com CTS na questão 08 e apenas 03 estudantes na questão 09. Conforme destacamos o estudante 02:

*Estudante 02: São usados materiais mais leves e mais frágeis, porém existe a zona de deformação programado em cada carro, que consiste em proteger o habitáculo do veículo, minimizando danos aos passageiros.*

Na abordagem em relação com as relações de proporcionalidade inversa, na colisão entre a força durante o intervalo de tempo da interação, somente 01 estudantes na questão 08 e 02 estudantes na questão 09, representam de forma provisória o teorema do impulso como variação da quantidade de movimento, claro não nestes termos formais. E aqui podemos identificar que existe um grande obstáculo epistemológico, que nos parece relacionado com a intuição animista da interiorização, ou mito da valorização do juízo de menor valor.

Esclarecendo o que percebemos é que se torna difícil para os estudantes pensarem contra a sua razão, esta que raciocina no sentido de que aquele veículo que é mais rígido, que na interação acontecerá rápida e que devido à rigidez deforma menos, e que na compreensão animista dos estudantes os passageiros estariam mais protegidos e que sobre eles atuaria uma força de interação muito menor, pois no senso comum pré-científico é contra intuitivo pensar que algo guardado numa caixinha mais dura, estaria no contexto da colisão menos protegido.

Aqui teremos um grande desafio em trabalhar na sequência didática em diferentes contextos experimentais, criando diferentes fenômenos em que o modelo associado com o teorema do impulso, poderá contribuir para desconstruir a representação animista dos estudantes alicerçado no mito da interiorização, para que compreendam de fato que a estrutura do carro é pensado de forma que na diminuição da rigidez, aumenta-se o tempo de interação intencionalmente para que

a força de interação diminua, fazendo com que o estudante entenda que nesse caso o lema “menos é mais”, representa mais segurança.

#### 4.4.2 Perfil da Turma Definido: da Análise dos Dados Para Escolha da Primeira Atividade Experimental/Fase II da Espiral Auto Reflexiva

O questionário permitiu especularmos sobre o conhecimento prévio dos estudantes a respeito das entidades da física, que serão manipuladas nas próximas atividades, que já descrevemos no capítulo três e que apresentamos como uma metodologia diferente daquela que criticamos, inspirada nos manuais do PSSC. Os dados coletados do questionário apontam para um senso comum pré-científico na representação em relação as entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, possuem representações provisórias e inadequadas em termos de abstração.

Muitos estudantes possuem intuições animistas equivocadas, que identificamos constituir obstáculos epistemológicos e que na sequência didática deverão de certa forma serem desconstruídas, com experimentações que não serão repetidas de uma atividade para outra, evitando qualquer acomodação e reprodução sem reflexão de forma automática de conforto do especulador leigo, que repete uma técnica durante longo tempo com felicidade por não ter que refletir. Experimentações que exigirão especulação complexa, exigindo uma crescente abstração.

Utilizaremos em alguns momentos de elementos da nossa matriz dialógica problematizadora, para apontar certos aspectos e particularidades que vivenciamos no laboratório e também faremos referência com nosso espiral auto reflexivo, em ambas utilizaremos dos índices que já explicamos ainda neste capítulo.

##### 4.4.2.1 Manipulando as entidades quantidade de movimento, conservação da quantidade de movimento e conservação da quantidade de movimento

Relembrando que a intenção conforme descrevemos era o de manipulação por parte dos estudantes do tipo teórico da conservação da quantidade de movimento e de um sistema isolado, descreveremos a seguir as ações e reflexões constituintes da segunda fase do espiral auto reflexivo:

(i) elaboramos as atividades dois e três, para formação da representação dos estudantes da conservação da quantidade de movimento, depois de conhecido um pouco do realismo ingênuo, que as intuições primeiras dos estudantes alicerçavam suas concepções depois de aplicado o questionário; (ii) organizamos o espaço do laboratório com um rodízio de experimentos, com material de baixo custo e de fácil manipulação, com experimentos problematizados; (iii) a turma foi dividida em grupos para a manipulação dos experimentos e das entidades envolvidas; (iv) depois da manipulação fizemos um chamamento para o grande grupo para uma discussão e (v) por fim os estudantes passaram a elaborar as respostas dos questionamentos propostos em cada experimento.

No dia 23/10/2014 iniciamos com um vídeo para auxiliar na representação da imagem da quantidade de movimento, seguido de uma problematização. Na continuação conforme os itens [3c] e [3d] da nossa matriz dialógica proporcionamos a criação de fenômenos, com a aproximação de sistemas fechados, modelando utilizando material de baixo custo, explorando variações do pêndulo de Newton, consideramos as montagens de baixa complexidade conforme registramos no elemento [4d], porém cada uma em situações problema, promovendo assim uma provocação aos estudantes para a investigação e busca de respostas para cada problematização.

Na segunda atividade os estudantes não tiveram nenhuma dificuldade em perceber o que se conservava era o número de figurinhas, desta representação pelos estudantes fizemos a associação com a proposta da terceira atividade, na manipulação da conservação da quantidade de movimento em sistemas com uma boa aproximação de sistemas fechados, para um lapso de tempo pequeno. Percebemos conforme registramos nos itens [2c] e [2d], os estudantes como contexto de primeiro laboratório demoraram alguns minutos para ambientação, pois não estão habituados no papel de experimentadores e sim de expectadores. Também percebemos os estudantes muito mais empíricos do que reflexivos, o que no princípio os atrapalhou em pensar no que observar durante a manipulação, como manipular o experimento e como considerar o sistema aproximado.

Por exemplo no experimento de lançamento do projétil no barco, os grupos tiveram dificuldade em perceber a conservação da quantidade de movimento, primeiro devido à dificuldade em identificar o sistema isolado, pois possuem a crença ingênua da correlação universal e assim para conseguir abster-se do mundo

para os estudantes constitui o obstáculo epistemológico de conhecimento geral, que se alicerça no mito da substancialização.

Entretanto conforme registramos nos itens [1b], [2a] e [2b] foi estabelecido um jogo bilateral e os elementos “andaime” de cada grupo e os professores de laboratório e o regente, contribuíram externando verbalmente a compreensão do que observar na interação de lançamento do projétil e, que para a conservação da quantidade de movimento acontecesse, houve uma compensação entre a massa e a velocidade para cada elemento, barquinho e projétil de papel. A seguir transcrevo um dos jogos bilaterais que travamos em um dos grupos:

*Estudante 33: Quando queimo o fio e o elástico faz o lançamento, perceberam que o pedaço de papel sai mais rápido, enquanto o barco é mais lento. Com sentidos opostos.*

*Professor participante: A questão é a seguinte, houve conservação da quantidade de movimento antes e depois do lançamento do projétil. Já que antes o sistema estava em repouso e, agora cada elemento saiu em um sentido?*

A primeira resposta intuitiva instantânea e liberta de reflexão, foi em coro do grupo um sonoro:

*Grupo: Não!*

Depois de alguns instantes de hesitação e reflexão os integrantes se entreolharam e um dos estudantes “andaime” contribui:

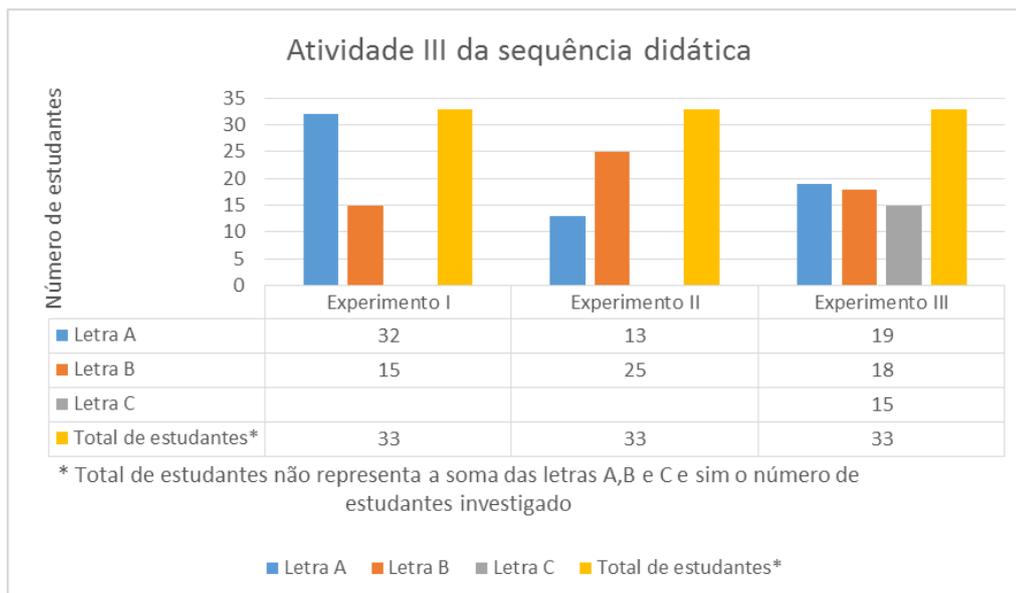
*Estudante 36: Acho que houve porque cada um deles saiu em um sentido diferente e, tem também a diferença das velocidades.*

O jogo bilateral entre os grupos é muito enriquecedor, pois na utilização no diálogo de uma razão contra outras, aperfeiçoam as representações das imagens das entidades manipuladas. E depois que cada grupo fez o rodízio nos experimentos, reunimos a turma no grande grupo e discutimos as particularidades de cada experimento e utilizamos o quadro para diminuir um pouco o empirismo que aconteceu nessa primeira atividade experimental e aumentarmos abstração em relação aos tipos da física que foram manipulados. Na próxima tabela registramos algumas categorias que reconhecemos na produção dos roteiros produzidos pelos estudantes em relação a terceira atividade:

**Tabela 25: registros das representações dos grupos de trabalho, uma compilação da produção de cada grupo das entidades manipuladas durante o rodízio experimental.**

GRUPOS	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II		EXPERIMENTO III		
	a) Manipula a relação $Q = m \cdot V$	b) Reconhece o sistema isolado na condição de $\Sigma \text{forças} = \text{zero}$	a) Descreve as diferenças em cada manipulação, compensação entre "m" e "V".	b) Considera a ideia de conservação	a) Reconhece a conservação da quantidade de movimento	b) Reconhece a compensação entre "m" e "V", para $Q = \text{constante}$	c) Reconhece a relação de proporcionalidade entre "m" e "V. para $Q = m \cdot V = \text{const.}$
Grupo 1: do estudante 01 ao 07	06 dos 06 estudantes	04 dos 06 estudantes	04 dos 06 estudantes	04 dos 06 estudantes	04 dos 06 estudantes	06 dos 06 estudantes	00 dos 06 estudantes
Grupo 2: do estudante 08 ao 14	06 dos 06 estudantes	00 dos 06 estudantes	01 dos 06 estudantes	04 dos 06 estudantes	03 de 06 estudantes	01 de 06 estudantes	03 de 06 estudantes
Grupo 3: do estudante 15 ao 21	07 dos 07 estudantes	03 dos 07 estudantes,	04 dos 07 estudantes	06 dos 07 estudantes	07 de 07 estudantes	07 dos 07 estudantes	07 de 07 estudantes
Grupo 4: do estudante 22 ao 28	06 dos 07 estudantes	02 dos 07 estudantes	03 dos 07 estudantes	05 dos 07 estudantes	05 de 07 estudantes	03 de 07 estudantes	05 de 07 estudantes
Grupo 5: do estudante 29 ao 37	07 dos 07 estudantes	06 dos 07 estudantes	01 dos 07 estudantes	06 dos 07 estudantes	00 dos 07 estudantes	01 de 07 estudantes	00 dos 07 estudantes
Estudantes que responderam/ total dos 33 participantes	32	15	13	25	19	18	15

Em seguida o gráfico representativo dos dados coletados e registrados na tabela 25:



**Gráfico 6: dados relativos as manipulações da quantidade de movimento e, conservação da quantidade de movimento e sistema isolado.**

Tivemos impressões relevantes em relação aos dados coletados na fase II, que analisaremos da próxima subseção.

#### 4.4.2.2 Análise dos dados da fase II do nosso espiral auto reflexivo

Para o experimento I, identificamos como os estudantes tem dificuldade em desprezar o atrito, para isolar o sistema, apenas 45,5% dos estudantes possuem alguma compreensão segundo as suas representações de um sistema isolado, como o estudante 01 escreveu: *A quantidade de movimento é mantida quando não há nenhuma interação exterior.* E assim reconhecem as condições para que ocorra a conservação quantidade de movimento.

Os outros 54,5% não conseguem para um lapso de tempo pequeno perceber que por uma aproximação é possível descartar forças dissipativa, como o atrito, conforme o estudante 12 relata: *A quantidade de movimento antes de bater é maior, porque o atrito diminui a velocidade.* Que constitui um obstáculo epistemológico de conhecimento geral, no qual os estudantes creem correlacionar universalmente e, não poderemos ignorar tal obstáculo, antes da próxima atividade que insistiremos que os estudantes identifiquem o sistema, voltaremos para o quadro para trabalharmos a ideia de sistema e que forças externas podem ser desconsideradas, para o seu isolamento e aproximação com o modelo de conservação manipulado nos experimentos.

Com os dados do experimento II, percebemos que 60,6% dos estudantes possuem dificuldade em perceber a compensação entre massa e velocidade e a relação de proporcionalidade inversa, isto leva-nos em elaborar para a próxima atividade IV, problematizações que envolvam a manipulação da proporcionalidade entre massa e velocidade em colisões. Apontando a necessidade da utilização da articulação através do cálculo, para dialetizar o empírico e o teórico.

Por outro lado, apesar dos resultados em relação a representação do sistema isolado que obtivemos no item 1.b. do experimento I, de obstáculo epistemológico por parte dos estudantes. Para o experimento II 75,75% percebem que depois da interação entre o projétil e o barco, deve haver uma compensação contrária ao movimento do projétil, representada pela produção de um movimento no barco. Destacado pelo estudante 10: *No primeiro disparo o barco não se movimentou, já no segundo ele se movimentou em sentido contrário para compensar a velocidade do projétil.* Que mostra que é um ponto de partida interessante para a próxima fase III, na atividade IV, que pode apresentar simulações de colisões com diferentes configurações de massa e velocidade, explorando compensações que auxiliarão no entendimento das relações de proporcionalidade.

Em termos de estudantes “andaime” encontramos no grupo 3, estudantes com uma boa representação em termos de conservação da quantidade de movimento e, das relações de proporcionalidade, podemos escolher o estudante 21 como exemplo: *Sem o projétil o barco permaneceu parado, mesmo depois de queimar o barbante. E com o projétil, se moveu lentamente, mas o projétil se moveu rápido. O barco teve de se mover para continuar a conservação.*

Para o experimento III, tivemos resultados que corroboram com os apontamentos que realizamos em relação a representação dos estudantes em relação a conservação da quantidade de movimento e, também a dificuldade na articulação através das relações de proporcionalidade entre o racional e o empírico. Para a representação 42,4% não apresentam nenhuma percepção e para o restante a representação ainda é provisória e incompleta, o novamente ressaltamos que estamos diante de um obstáculo epistemológico de conhecimento geral, colocaremos um exemplo para ilustração, com o estudante 32: *A quantidade de movimento foi menor com o peso, pois o carrinho mais pesado quebra o sistema sendo mais pesado. Menor também, pois tinha mais atrito com a superfície da mesa.*

É difícil devido ao obstáculo de correlação universal, conseguirem desprezar forças externas ao sistema e admitir para manipulação da entidade conservação, que se trata de um sistema isolado. Também aparece termos animistas de “*quebrar o sistema*” sinal de um espírito pré-científico e ainda o equívoco na representação entre a entidade massa e peso, também reflexo de um senso comum alicerçado no cotidiano de realismo ingênuo que esses estudantes representam seu empirismo imediato.

Consideramos as impressões que obtivemos na manipulação dos dados em relação a atividade III, que nortearam a elaboração da atividade IV, que descrevemos no capítulo três, com a proposição aos estudantes de uma atividade experimental para dialetizar através da articulação das relações de proporcionalidade, o aumento do realismo em relação a entidade teórica quantidade de movimento. Com a intencionalidade de aumentarmos a abstração, exigindo mais da razão dos estudantes, pois apostamos no aperfeiçoamento do perfil epistemológico desses estudantes.

#### 4.4.3 Desconstrução das Representações Equivocadas da Experimentação/Fase III do Nosso Espiral Auto Reflexivo

Na terceira atividade que já descrevemos, nos deparamos com um obstáculo epistemológico dos estudantes em relação a representação de experimentação que investigamos com o questionário e conforme destacamos a influência do chamamento para experimentação de fontes midiáticas, que reforçam uma imagem lúdica, mágica e de um certo ocultismo, que permeiam as mentes dos nossos estudantes. E constatamos na prática o quanto tal representação de um devir, forte obstáculo relacionado a fantasia de um laboratório que “explode” ou que inventa “coisas” e, foi com esse ímpeto que muitos estudantes manipularam os experimentos, portanto muito mais empírico imediato do que racional.

##### 4.4.3.1 Manipulações da entidade quantidade de movimento, através das relações de proporcionalidade

Refletimos sobre como contornar tal obstáculo que permeiam representações equivocadas da experimentação e passamos para as seguintes

etapas da fase III do nosso espiral, que transcreveremos aqui: (i) Retomada de conteúdos; (ii) Chamamento para a abstração; (iii) Montagem do aparelho experimental pelos estudantes; (iv) Manipulação experimental; (v) Discussão no grande grupo em relação as particularidades da experimentação; (vi) Nossas reflexões e preparo para a próxima fase.

Para o elemento [1b] da nossa matriz dialógica relativa a essa atividade desenvolvida, voltamos para o quadro no dia 27/10/2014 e fizemos uma recuperação do que aconteceu na última atividade no laboratório, sempre solicitando a contribuição dos estudantes aos pontos que queríamos reforçar daquela prática e, preparando o espírito para a próxima atividade que ocorreria um equilíbrio entre o empírico e o racional;

Recordamos da última atividade as condições de um sistema isolado associado ao elemento [4c], identificação de forças externas e internas ao sistema e o possível descarte de alguns tipos. Por último lembramos as variações que experimentaram em relação ao pêndulo de Newton, com o “algo” que era transferido de uma esfera para a outra era a entidade chamada quantidade de movimento, que depende da massa e da velocidade.

Com um chamamento para a nova prática a busca do equilíbrio entre o racional e o empírico, destacamos os elementos [4a], [4b], [4c] e [4d] que nessa fase da experimentação haveria uma maior exigência da abstração e que tivessem o espírito fortalecido, pois a manipulação da entidade quantidade de movimento exigiria uma articulação com elementos do cálculo com relações de proporcionalidade. Envolvidos em situações problematizadora.

Depois da problematização inicial com vídeo de contexto do jogo de rugby e das problematizações que o acompanharam relativos ao elemento [3c], fizemos uso dos carrinhos de madeira para ilustrar as problematizações, destacando as colisões com massas e velocidades diferentes.

Os estudantes em termos do elemento [2d], foram solicitados para montar o aparato experimental de forma artesanal e destacamos a importância da montagem correta e com a intenção de manipular a quantidade de movimento em diferentes atropelamentos, discutimos com o grande grupo o que iríamos observar no experimento, evitando assim a desorientação dos estudantes e fazendo-os pensar o que observar no experimento, olhar para a montagem experimental e refletir nas

manipulações que serão feitas e quais os motivos, equilibrando o racional e o empírico.

O diálogo inicial surtiu efeito no desenrolar da quarta atividade, com os grupos pensando o experimento antes da manipulação, com a preocupação latente do que manipular e com que intenção de observação. E durante uma das simulações de atropelamentos, os estudantes foram provocados em resolver dois problemas de execução do experimento, o primeiro em alterar o tempo de interação da força sobre o carrinho e o segundo alterar a massa do carrinho sem alterar a variação da sua velocidade. Preferimos abrir a discussão no grande grupo para resolução dos problemas de execução e, depois de várias soluções que os grupos apresentaram como:

*Integrante do grupo 01: basta colocar um obstáculo na frente do carrinho, atrapalhando o movimento.*

*Integrante do grupo 05: podemos encurtar o barbante ou deixando o carrinho sair de uma posição mais próxima do livro que será atropelado.*

*Professor participante: são soluções possíveis, porém podem dificultar a execução e, mas agora quero que todos reflitam sobre a ideia do obstáculo, se não colocássemos sobre a mesa, onde poderia?*

*Integrante do grupo 2: no caminho da queda do suporte com a massinha, uma pilha de livros por exemplo. (Hesitação), já sei a banqueta.*

Dentre estes exemplos, queremos destacar que todos os grupos manifestaram algum tipo de solução, que já tinham exercitado nos grupos segundo o elemento [2b] o jogo bilateral e, que durante a discussão no grande grupo e com exemplos e contraexemplos, acabamos optando pela banqueta como elemento que poderia alterar o tempo de interação da força.

Para o segundo problema de execução, a condução foi até mais simples, nos grupos foi percebido que com o aumento da massa do carrinho, haveria uma diminuição da variação da velocidade, os grupos aqui estavam utilizando da relação inversa de proporcionalidade ente a massa e a variação da velocidade. No jogo bilateral nos grupos logo surgiu a solução e da outra relação agora de proporcionalidade direta entre a força aplicada pelo suporte e massa suspensos e a variação da velocidade, nas palavras de um dos integrantes do grupo 04:

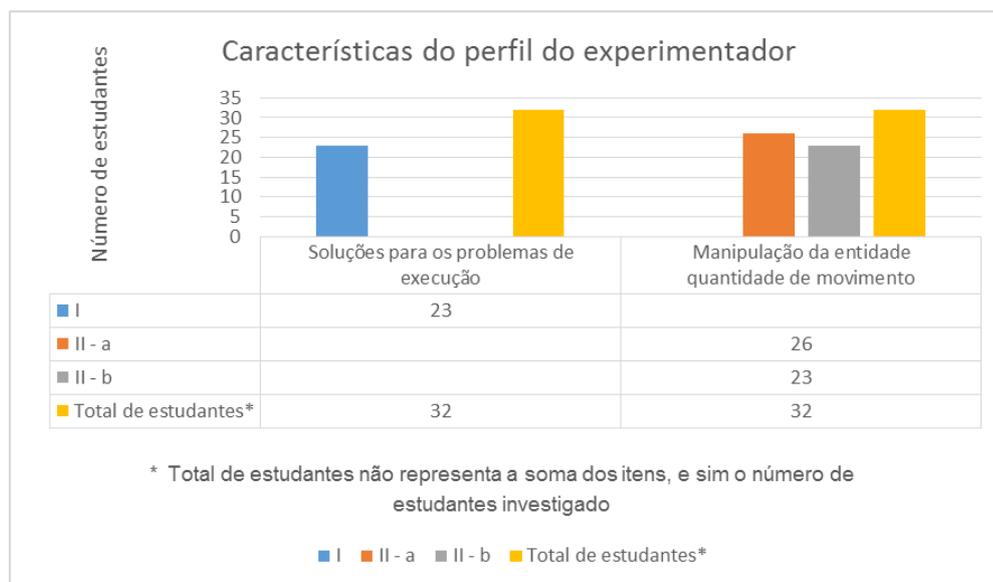
*Integrante do grupo 04: acho que para garantir a mesma rapidez, vamos colocar outra massa no suporte. Já que dobramos a massa do carrinho, vamos dobrar a massa no suporte que está suspenso.*

Procuramos através da análise de conteúdo nas respostas elaboradas pelos estudantes nos roteiros, dados relativos como representaram as relações de proporcionalidade entre massa e velocidade, entre força e tempo de interação, mesmo que representações provisórias são do nosso interesse. E também como experimentadores, se portaram em relação ao manuseio e montagem do aparelho experimental e na solução de problemas de execução. Dados que organizaremos na próxima tabela.

**Tabela 26: Características do perfil do experimentador.**

Grupos	Características do perfil de experimentador		
	I - Soluções para os problemas de execução	II - Manipulação da entidade quantidade de movimento	
		a) Relação de proporcionalidade de Q em relação a massa e a velocidade	b) Concebe a entidade $Q = m \cdot V$
Grupo 1: do estudante 01 ao 07	06 dos 06 estudantes	06 dos 06 estudantes	05 dos 06 estudantes
Grupo 2: do estudante 08 ao 14	01 dos 06 estudantes	04 dos 06 estudantes	06 dos 06 estudantes
Grupo 3: do estudante 15 ao 21	07 dos 07 estudantes	03 dos 07 estudantes	04 dos 07 estudantes
Grupo 4: do estudante 22 ao 28	06 dos 06 estudantes	06 dos 06 estudantes	03 dos 06 estudantes
Grupo 5: do estudante 29 ao 37	03 dos 07 estudantes	07 dos 07 estudantes	05 dos 07 estudantes
Estudantes que responderam/total de 32 participantes	23	26	23

Os dados escolhemos apresentar no gráfico a seguir:



**Gráfico 7: Características do perfil de experimentador**

Nesta fase do nosso espiral, os estudantes adquirem características de forma provisória de experimentadores, que defendemos na cultura de experimentação e da racionalidade que acompanha tal cultura, estudantes experimentadores que manipulam o aparato experimental e, que resolvem problemas de execução. Ao mesmo tempo que especulam através de articulações de relações de proporcionalidade entidades da física. Aumentando o realismo destas na maneira como as representam. Na próxima subseção exploraremos aspectos dos dados obtidos e que se articulam com as características que os estudantes apresentam ao manipular e especular a experimentação.

#### 4.4.3.2 Análise dos dados da fase III

O resultado para o item I, que investiga a iniciativa dos estudantes em buscar soluções para os problemas de execução do experimento, são encorajadores com 72% dos estudantes registrando em seus roteiros encaminhamentos que consideramos adequados para o funcionamento do experimento, que atingiu uma proporção de estudantes que estão pensando o experimento e que conseguem expressar sua representação nos roteiros. Conforme o estudante 23: *No procedimento II, colocamos um banco embaixo do suporte que passa pela roldana, para interromper a queda do suporte e, conseqüentemente a velocidade. No*

*procedimento II, como dobramos a massa do carrinho também dobramos a massa no suporte.*

Acreditamos que aqueles que encontraram dificuldade no registro, não significa que não tem representação de como resolver os problemas, porém possuem de forma incompleta e provisória e que está em um processo de aperfeiçoamento e que nos orienta em continuar nas próximas atividades a provocação a manipulação experimental, e também precisamos para a atividade de manipulação do carrinho de Fletcher apresentar em forma de minicurso as particularidades do carrinho, para que a sua manipulação não funcione como reforço ao obstáculo epistemológico, que estamos em um processo de desconstrução, da imagem mística da experimentação que identificamos nas origens que incrementam o sistema de crenças dos estudantes e que são alicerçadas nas mídias de um tipo de divulgação científica não especializada e de factoides.

Com os resultados que obtivemos na manipulação adequada do aparelho experimental, o chamamento aos estudantes de uma maior reflexão a respeito da atividade que exigia o pensar o experimento, equilibrou segundo os números que melhorou o equilíbrio entre o racional e o empírico durante a experimentação. O que nos orienta para a próxima atividade um ritmo de crescente desafio na manipulação do aparelho experimental. E com a intenção de afastar qualquer comodidade em propiciar rotina em experimentos repetidos, em que o *homo Faber* contenta-se em repetir as mesmas tarefas por longo períodos de tempos, apresentaremos na próxima atividade outros contextos de manipulação de entidades e outros contextos com o aparelho experimental.

Para o outro item relativo a característica do perfil de estudante experimentador que desejamos, com a manipulação de entidades da física, em particular as relações de proporcionalidade entre quantidade de movimento, massa e velocidade. As várias colisões problematizadas pelas trombadas entre os jogadores de rugby e, as manipulações de colisões durante a experimentação aumentaram o realismo da entidade teórica quantidade de movimento pelos estudantes, em que 81,3% dos estudantes percebem a proporção direta em relação a massa e a velocidade, com a intensidade nos atropelamentos simulados, aumentada ou com o aumento da velocidade ou com o aumento da massa.

Diante desses números sentimo-nos à vontade na próxima prática propor manipulações do tipo teórico quantidade de movimento associada com o carrinho,

com diferentes tempos de interação de forças aplicadas, ou seja, com o realismo que os estudantes apresentaram em relação à quantidade de movimento, representação que segundo nossa investigação inicial com o questionário, simplesmente o tipo teórico quantidade de movimento não existia na representação dos estudantes, entretanto agora mesmo de forma provisória e incompleta possuem um perfil epistemológico a respeito da quantidade de movimento. Destacamos aqui outra característica que enriquece a racionalidade do estudante na cultura do laboratório e da experimentação, que é a manipulação de entidades teóricas, que passam a relacionar com outras entidades da física, provocando variações em outras entidades e aplicando-as em diferentes contextos e problemas.

Com 72% concebendo quantidade movimento como o produto da massa pela velocidade, podemos ousar na próxima prática provocar os estudantes com articulações através das relações de proporcionalidade com força e tempo de interação da força e, uma articulação através do cálculo, tabelas e diagramas, que ao nosso ver aumentará a abstração em relação as entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, auxiliando uma especulação complexa pelos estudantes. Consideramos nesta fase do nosso espiral que o laboratório de experimentação do ensino de física, começa a adquirir vida própria, com estudantes especuladores complexos como manipuladores das demandas dos aparelhos experimentais e das demandas dos tipos da física.

Assim inserimos na próxima prática uma experimentação que possibilite sua manipulação, diminuindo cada vez mais a influência equivocada da representação que os estudantes tinham da experimentação no laboratório de física. Deixando de lado a imagem do lúdico e do mágico, e evoluindo com a especulação dos aparelhos e do preparo para criar fenômenos e decidir o que observar, especulando os modelos para entender os fenômenos criados. E também uma maior articulação através da abstração com a linguagem físico matemática, com a intenção que os estudantes aperfeiçoem seu perfil epistemológico das entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos.

#### 4.4.4 Manipulando a Lei Fundamental dos Movimentos/Fase IV do Nosso Espiral Auto Reflexivo

Conscientes de que com as atividades experimentadas pelos estudantes, com a desmistificação da imagem como representavam a experimentação e, também com o realismo das entidades teóricas que puderam manipular, intencionamos agora avançar e passar a manipular a lei fundamental dos movimentos. Na quinta atividade, escolhemos primeiro uma manipulação artesanal com os carrinhos de madeira e com observação simples sem medições precisas, porém com articulações envolvendo relações de proporcionalidade. E em segundo uma manipulação tecnológica da lei fundamental dos movimentos, com a especulação complexa através da linguagem físico matemática, com manipulação de dados obtidos com precisão do carrinho de Fletcher e, depois com a manipulação de filmes no Tracker.

Nesta fase da nossa espiral almejamos estimular a observação alerta dos estudantes na montagem dos aparelhos experimentais, tomando os cuidados para que o fenômeno criado seja observado de forma razoável. E também objetivamos uma articulação através do cálculo, tabelas e diagrama, um aumento do realismo científico como os estudantes representam as entidades manipuladas experimentalmente e racionalmente. E que assim aperfeiçoem o perfil epistemológico a respeito dos tipos que se relacionam na lei fundamental dos movimentos.

##### 4.4.4.1 Manipulação artesanal da lei fundamental dos movimentos/articulação através das relações de proporcionalidade

Com as intenções estabelecidas, planejamos ações para o nosso espiral auto reflexivo, que descreveremos: (i) Retomada de conteúdos; (ii) Solicitação dos estudantes na montagem do aparelho experimental; (iii) manipulação empírica e racional do aparelho experimental de acordo com a problematização da atividade experimental; (iv) representação dos estudantes da lei fundamental dos movimentos e (v) discussão no grande grupo das particularidades da atividade experimental manipulada.

Preferimos retomar as relações de proporcionalidade direta e inversa, que os estudantes articularam nas duas últimas atividades, mas que no nosso entendimento merecia mais um reforço, para tanto utilizamos de uma problematização ilustrando com imagens a construção de um muro de arringo por empreita e, exploramos em relação a tempo de construção, número de operários e salários. Representando utilizando a linguagem formal matemática para representar as relações de proporcionalidade e orientando os estudantes que adotariam essa linguagem no roteiro experimental.

Refletindo sobre os elementos da nossa matriz [1b], [1c] e [1d] do dia 03/11/2013, retomamos a relação que define a quantidade de movimento através do produto da velocidade pela massa e, ainda recordamos a condição da conservação da quantidade de movimento com força resultante externa nula e, se não fosse o caso haveria variação da quantidade de movimento. Com a intenção de preparar o espírito dos estudantes para a próxima problematização envolvendo cinto de segurança e a força impressa, como elemento capaz de alterar a quantidade de movimento no tempo de interação.

Em relação aos elementos [3a], [3b], [3c] e [3d] relativo a data de desenvolvimento da atividade, consideramos a problematização envolvendo o contexto do cinto de segurança adequado, pois o questionário indicou que a maioria dos estudantes apresentavam o entendimento da sua importância em termos de preservação da vida. Ilustramos no dia 06/11/2014 o contexto com vídeos de simulações com bonecos em colisões e com questionamentos em termos de minimizar danos fatais, com a intenção de manter os estudantes observadores e em alerta. Também foi nossa intenção apresentar na atividade com os carrinhos de madeira contextos de manipulação da relação de proporcionalidade entre força, quantidade de movimento e tempo de interação.

Observamos através da ótica dos elementos [2b], [2c] e [2d] que os estudantes conscientes de que queriam manipular as entidades força, tempo de interação e variação da quantidade de movimento, prepararam o aparelho experimental com os estudantes “andaime” orientando no sentido de que para a variação de tempo e de velocidade, deveria ser trocado as massas no suporte. Conforme esclarecido pelo estudante 33 ao grupo 5: *Vamos trocando os pesos no suporte e assim a força que puxa o carrinho também vai mudar a aceleração, o suporte funciona como um motor gravitacional.* A realização do filme do movimento

do carrinho com o aparelho celular, também foi de fácil manipulação pelos estudantes.

Porém para o filme recuperamos segundo os itens [4a], [4b] e [4c] algumas particularidades que exigem e que enriquecem características que permeiam o gênero de raciocínio de laboratório. Os estudantes apesar de não ter dificuldade de acessar o aplicativo para filmar, tiveram uma série de questionamentos em termos de problemas de execução, como descreveremos a seguir que não aconteceram exatamente nesta ordem:

*Integrante do grupo I: Qual é o melhor lugar que devemos filmar o carrinho e, depois fazemos o que com o filme.*

*Integrante do grupo II: E aquelas fitas na mesa tem que aparecer no vídeo, vejamos também existem nas outras mesas.*

*Integrante do grupo III: Professor posso subir sobre o armário das mochilas para filmar.*

Como professor participante escolhemos dar exemplos e contraexemplos para o grande grupo, com a intenção de atender as dúvidas que poderiam ser comuns nos grupos. Por fim ficou esclarecido com um exemplo simples utilizando um dinamômetro do ângulo que deve ser medido uma força, para evitar erros de paralaxe, os estudantes compreenderam que a melhor posição para filmar seria perpendicular à trajetória do carrinho. Em relação as marcas na mesa com fitas argumentei com os estudantes perguntando como mediríamos o tempo e as distâncias nos filmes. As medidas do tempo responderam sem dificuldades que o filme registraria e, compreenderam então conforme orientamos que as fitas funcionariam como uma espécie de escala para medir distâncias no filme.

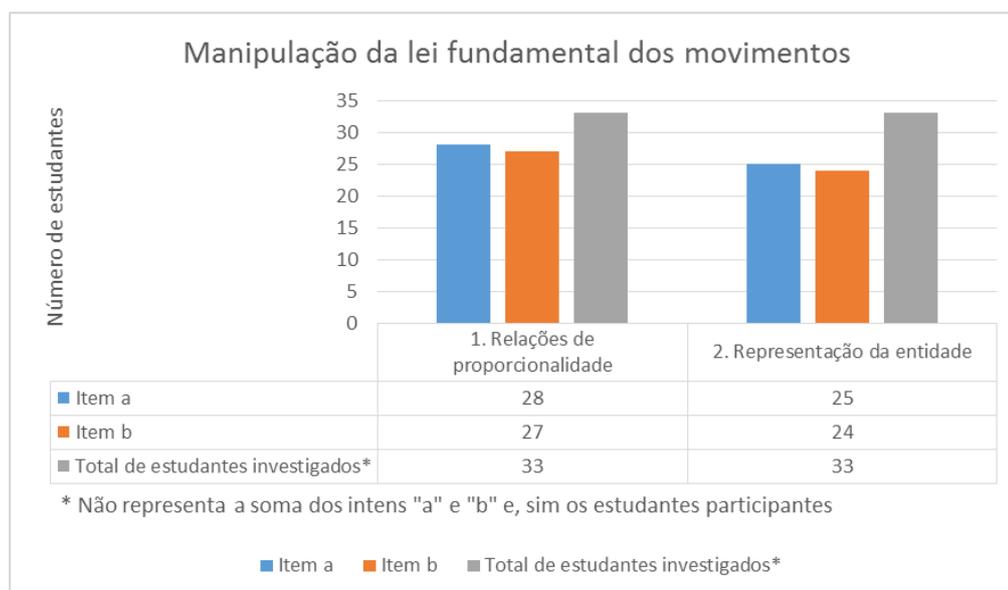
Ainda em relação ao item [4c] a criação do fenômeno que escolhemos para manipular os tipos relacionados com a lei fundamental dos movimentos, parece ter propiciado um bom entendimento por parte dos estudantes na compreensão das relações de proporcionalidade entre os tipos, afirmamos devido aos resultados que apresentaremos na próxima tabela, em que os estudantes não tiveram dificuldade em manipular aumentando o realismo na forma como passaram a representar a segunda lei de Newton. Manipulação associado com o contexto artesanal que permitiu aos estudantes por observação simples perceber as diferenças de um procedimento para o outro, sem tomadas de tempo por algum tipo de cronômetro, pois os filmes nesse momento da atividade não foram solicitados com esse intento.

Na próxima tabela escolhemos registrar a geometrização que a manipulação artesanal dos carrinhos de madeira permitiu, aos estudantes em relação a lei fundamental dos movimentos, em termos das relações de proporcionalidade, da representação da lei fundamental dos movimentos e também as unidades no sistema internacional de unidades dos tipos da física envolvidos:

**Tabela 27: Especulando a lei fundamental dos movimentos artesanalmente.**

Grupos	Manipulação da lei fundamental dos movimentos			
	1.Relações de proporcionalidade		2.Representação da entidade	
	a) $F \propto \Delta Q$	b) $F \propto 1/\Delta t$	a) $F = \Delta Q / \Delta t$	b) [F] no S.I.
Grupo 1: do estudante 01 ao 07	04 dos 05 estudantes	04 dos 05 estudantes	05 dos 05 estudantes	04 dos 05 estudantes
Grupo 2: do estudante 08 ao 14	07 dos 07 estudantes	07 dos 07 estudantes	04 dos 07 estudantes	04 dos 07 estudantes
Grupo 3: do estudante 15 ao 21	05 dos 06 estudantes	06 dos 06 estudantes	03 dos 06 estudantes	03 dos 06 estudantes
Grupo 4: do estudante 22 ao 28	07 dos 07 estudantes	03 dos 07 estudantes	06 dos 07 estudantes	06 dos 07 estudantes
Grupo 5: do estudante 29 ao 37	05 dos 08 estudantes	07 dos 08 estudantes	07 dos 08 estudantes	07 dos 08 estudantes
Estudantes que responderam/total dos 33 participantes	28	27	25	24

Os dados escolhemos apresentar no gráfico a seguir:



**Gráfico 8: estudantes participantes que a manipulação da entidade foi satisfatória.**

Definitivamente em termos do elemento [4d], a primeira parte da atividade de caráter mais artesanal, foi de fundamental importância para que os estudantes representassem de forma adequada a entidade teórica lei fundamental dos

movimentos, e o contexto intencionava o preparo dos estudantes para a especulação complexa do carrinho de Fletcher e do Tracker com uma maior exigência tecnológica, pois sabendo exatamente o que deveriam observar e medir e desta forma como pensar o preparo e montagem do aparelho. Com a articulação físico matemático que a segunda etapa exigirá, proporcionará o aumento da especulação complexa em relação a entidade teórica.

#### 4.4.4.2 Manipulação tecnológica da lei fundamental dos movimentos/articulação através do cálculo, tabelas e diagramas

Estabelecido o contexto que ajudou na representação para os estudantes do fenômeno criado e das entidades manipuladas relacionadas com a lei fundamental dos movimentos na primeira etapa da fase IV do nosso espiral, agora descreveremos as ações que completam a segunda parte da fase, iniciada na seção anterior e que daremos prosseguimento: (vi) retomada da equação manipulada pelos estudantes da lei fundamental dos movimentos; (vii) apresentação do carrinho de Fletcher como projeto; (viii) manipulação do carrinho de Fletcher; (ix) articulação através da linguagem físico-matemática e (x) filme do movimento do carrinho, acompanhado da apresentação do Tracker como projeto.

Registramos na matriz dialógica do dia 13/11/2014, aspectos interessantes da atividade experimental que nos interessam, por exemplo para o registro dos elementos [1b], [1d] e [3d] ao recuperarmos a lei fundamental dos movimentos  $F = \Delta Q / \Delta t$ , que os estudantes manipularam na primeira etapa com as relações de proporcionalidade, tivemos a oportunidade de voltar ao quadro e discutirmos a lei como causa (F) e efeito ( $\Delta Q / \Delta t$ ), chamando a atenção dos estudantes da equivalência entre os dois lados da equação, que auxiliou em pensar o que eles deveriam medir no aparelho experimental, decisões tomadas de medir a força com o dinamômetro, massa com uma balança, velocidades e tempo no carrinho de Fletcher.

Para os elementos [3c] e [3d] a apresentação do Carrinho de Fletcher como projeto permitiu a especulação de uma série de particularidades, que enriqueceram a representação dos estudantes e a apropriação da tecnologia que manipulariam. Que os ajudaram na preparação do aparelho para medir, tomando os cuidados característicos na execução dos procedimentos experimentais, tais como:

> Foi estabelecido um consenso do que seria o sistema carrinho de Fletcher, que era constituído do carrinho, barbante, massas aferidas e suporte e, conjunto que caracterizava a massa constante total do sistema e que a força motora impressa seria a força-peso aplicada pela Terra sobre o suporte com a respectiva massa aferida. Entretanto um dos estudantes questionou sobre a força de atrito, e pudemos questionar se ela poderia ser desprezada, logo estudante 01 do grupo 1 veio em auxílio alegando que seria desprezada devido ao colchão de ar, que completou: *parece um aspirador invertido*. Entrou então na pauta da discussão calibrar a intensidade do fluxo de ar com a intenção de desprezar a força de atrito, desprezo discutido e decidido no grande grupo; e que o estudante 33, integrante do grupo V destacou quando questionado do motivo de desprezar o atrito: *vamos desprezar o atrito para manter o sistema livre de força dissipativa*.

> A manipulação da interface para conhecer as funções de imantação do eletroímã que na posição ligado retém o carrinho antes do movimento e que desligado libera o carrinho para o movimento e, as outras funções de medição do tempo e da velocidade, percebendo através da manipulação livre a sensibilidade dos fotogates e a altura adequada para perceber a passagem do carrinho.

> Discussão das vantagens em relação à parte artesanal com o carrinho de madeira em termos de desprezar a força de atrito entre o carrinho e o trilho, devido à presença do colchão de ar e, também a possibilidade do registro objetivo do tempo e das velocidades, principalmente o segundo com a possibilidade de medidas aproximadamente instantâneas de velocidade para cada posição do trilho de ar. Aqui o estudante 9 do grupo II questionou: *posso medir o tempo com o cronômetro do meu celular, então o carrinho de Fletcher nesse ponto não é vantajoso*.

> Foi o momento para discutirmos o alcance do nosso aparelho, comparado com o método de medida de tempo com um aparelho objetivo de tempo, o cronômetro do celular, porém manuseado de forma subjetiva, pelo dono do celular. Se forneceria uma medida melhor que do carrinho de Fletcher para aquele contexto, fizemos então um teste, a proposta foi medir o tempo para uma distância percorrida de 10 cm por uma régua, em queda na sala.

Porém primeiro foi solicitado um voluntário, pelo menos 10 estudantes apresentaram-se, optamos por um deles e solicitamos que mantivesse a posição da mão com os dedos indicador e polegar na forma de pinça horizontalmente e, posicionamos uma régua entre os dedos em pinça a uma distância de 10 cm, do

ponto mais alto da régua até os dedos em pinça. Explicamos a turma a tarefa do nosso voluntário, que quando abandonado a régua ele deveria segurá-la, explicando que a nossa intenção era o de verificar se uma pessoa teria o reflexo suficiente rápido para acionar o cronômetro e realizar uma tomada de tempo precisa.

Passamos a execução do teste e depois de várias tentativas o estudante desistiu de pinçar a régua com os dedos, pois não foi eficiente em nenhuma delas. Outros se apresentaram para o teste, que realizamos mais uma vez com outro voluntário e o resultado não foi diferente. Mesmo assim os grupos argumentaram, relatando o estudante 18, do grupo III: *É professor, mas o carrinho é bem mais lento e está correndo na horizontal, diferente da régua*. Foi o momento para destacar a importância de um teste com nosso aparelho, o carrinho de Fletcher, então um grupo preparou os sensores de uma distância de 10 cm e que mediríamos o tempo através de um cronômetro manualmente e através da sensibilidade do carrinho de Fletcher.

Depois de algumas tentativas que nossos voluntários acionadores do cronômetro não conseguiram nenhum registro de tempo, pois além de acionarem com um atraso, quando cravavam o tempo o carrinho já havia avançado uns bons centímetros e quando conseguiram foram tempos variados e diferentes daqueles tempos medidos no carrinho de Fletcher, sempre muito próximos. E um dos estudantes, o estudante 36 observou: *olhem que a medida do celular tem duas casas decimais de diferença a menos que comparado com o cronômetro do carrinho*. Com a falta de sucesso nas tentativas em cronometrar manualmente e pela observação de uma maior precisão do aparelho experimental, pareceram convencidos e empolgados com a sua utilização.

>Para o elemento [4d], aproveitamos para provocar o tempo todo o entrelaçamento entre o racional e o empírico, por exemplo questionando os estudantes em como poderíamos averiguar se não surgiriam erros durante as medições, encaminhamos a discussão utilizando nossa equação causal da lei fundamental dos movimentos, onde poderíamos comparar a equivalência da medida com o dinamômetro da força, com as medidas e depois de manipulados pela articulação através do cálculo do termo  $\Delta Q/\Delta t$ , o qual pelos estudantes foi observado e manifestado que o esperado seriam valores aproximados entre “F” e “ $\Delta Q/\Delta t$ ”.

> Aproveitamos nesse momento, para com os estudantes esboçarmos a tabela que seria preenchida com as medidas do aparelho experimental e com a

articulação através do cálculo e, o que iria balizar os bons resultados seriam as aproximações com o nosso modelo, a lei fundamental dos movimentos, aqui destacamos a importância em comparar na tabela que esboçamos no quadro a aproximação entre as colunas da força “F” e da coluna de “ $\Delta Q/\Delta t$ ”.

> Elementos [2a] e [2b] remete-nos ao que desejamos como característica do estudante experimentador que compartilha, sentimos um espírito de parceria e camaradagem na manipulação do aparelho experimental, com uma intensa discussão sobre a divisão e escolha de tarefas, que o grupo decidiu e distribuiu entre os membros do grupo, como quem acionaria a interface, mediria a força, seguraria o carrinho no final de linha do percurso do trilho, quem anotaria os dados e por fim qual dos estudantes seria o responsável pelo registro do filme que seria trabalhado em outra atividade no software Tracker.

Houve ainda em termos do clima de parceria também a manipulação dos elementos da tabela e sua articulação através do cálculo que nos agradou, pois, estudantes tiveram dificuldade com a linguagem físico matemática, porém não fraquejaram diante das dificuldades e os estudantes “andaime” fizeram toda a diferença. Destacamos a importância da dificuldade que aparece, pois possibilita o aperfeiçoamento individualmente dos perfis epistemológicos das entidades manipuladas pelo cálculo.

Por fim os estudantes de modo geral, com algumas instruções particulares e tarefas distribuídas no grupo e cientes de como operar a interface, manipularam o carrinho de Fletcher sem dificuldades e foram provocados a refletir o tempo todo o experimento, não permitindo o conformismo do *homo Faber* em simulações repetidas sempre com o mesmo aparelho experimental.

Com a decisão em mente do que deveriam comparar na tabela e do que mediriam no aparelho, passaram para a tomada de dados objetivos e ao exercício da articulação através do cálculo e, com uma especulação complexa da experimentação os grupos manifestaram comentários que nos interessavam e que transcrevo um deles, do estudante 21: *nossa as duas colunas são praticamente iguais*. Aqui de fundamental importância o entendimento que uma aproximação é o esperado em relação ao modelo manipulado. Relevante o elemento [4d] em que o aparelho tecnológico permitiu ir além do aparelho artesanal, com os dados objetivos a articulação de maior abstração comparado com as relações de proporcionalidade fornecidas pela parte artesanal.

A ideia de aproximação foi reforçada com a construção de gráficos pelos estudantes, que foram provocados em prever se o diagrama seria uma curva ou uma reta, para auxiliar fomos para o quadro e recuperamos o plano cartesiano e duas formas de geometrizar dois tipos de dados, com uma função do primeiro grau e como identificá-la e com uma função do segundo grau e como classificá-la, reconheceram a familiaridade com o que estavam estudando em matemática e, logo ficou definido que a lei fundamental dos movimentos tratava-se de uma relação do primeiro grau e que determinava um resultado gráfico linear.

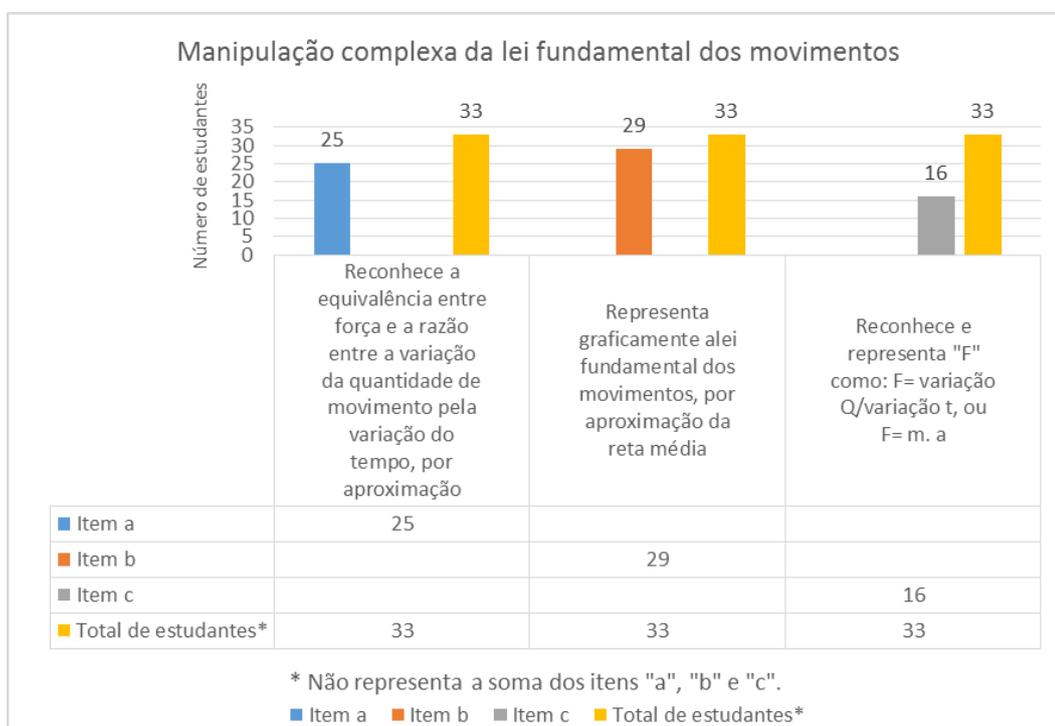
Foi solicitado a manipulação gráfica, pela oportunidade novamente do reforço da ideia de aproximação, pois os estudantes tiveram que ajustar a reta média em relação aos pontos traçados e, eventualmente deixando alguns pontos fora da reta, Portanto uma compreensão de aproximação com o modelo e uma forma de representação através de diagrama gráfico, que caracteriza um uma sondagem do aperfeiçoamento individual epistemológico das entidades manipuladas, daqueles que conseguiram realizar os gráficos.

Outro aspecto que sondamos é a representação dos estudantes da lei fundamental dos movimentos, com “F” definido como “ $\Delta Q/\Delta t$ ”, e quantos conseguem perceber que se trata da segunda lei de Newton, definida como a igualdade  $F = m \cdot a$ . Definido nossos apontamentos sempre orientados por nossa matriz dialógica, apresentaremos os dados que recortamos da produção dos estudantes em relação a segunda parte da atividade V, que explicamos no capítulo três:

**Tabela 28: registro da manipulação complexa da lei fundamental dos movimentos.**

Grupos	Manipulação complexa da lei fundamental dos movimentos		
	a) Reconhece a equivalência entre "F" e " $\Delta Q/\Delta t$ ", por aproximação	b) Representa graficamente $F=\Delta Q/\Delta t$ , por aproximação da reta média	c) Reconhece e representa "F" como: $F = \Delta Q/\Delta t$ ou, $F = m \cdot a$ .
Grupo 1: do estudante 01 ao 07	00 dos 05 estudantes	04 dos 05 estudantes	00 dos 05 estudantes
Grupo 2: do estudante 08 ao 14	07 dos 07 estudantes	04 dos 07 estudantes	00 dos 07 estudantes
Grupo 3: do estudante 15 ao 21	06 dos 06 estudantes	06 dos 06 estudantes	04 dos 06 estudantes
Grupo 4: do estudante 22 ao 28	05 dos 07 estudantes	07 dos 07 estudantes	05 dos 07 estudantes
Grupo 5: do estudante 29 ao 37	07 dos 08 estudantes	08 dos 08 estudantes	07 dos 08 estudantes
Estudantes que responderam/total dos 33 participantes	25	29	16

Representados graficamente:

**Gráfico 9: representa os estudantes que especularam de forma complexa a lei fundamental dos movimentos.**

Neste ponto da manipulação das entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos e, retomando os elementos [3c] e [4d] com os

contextos de problematização e a manipulação racional e experimental das entidades, de forma artesanal e tecnológica, os estudantes adquiriram uma representação razoável das entidades e como elas relacionam-se, com todas estas imagens de uma entidade provocando a variação de outras, aplicado em diferentes contextos, já existe um realismo da entidade teórica lei fundamental dos movimentos e podemos propor uma outra especulação complexa, utilizando a ferramenta tecnológica Tracker e com outros exercícios de abstração. Novamente apostamos na diversificação da manipulação experimental racional e empírica, em diferentes aparelhos tecnológicos fugindo do comodismo de repetidas ações em um mesmo aparelho, isto já conhecido que atrai o *homo Faber*.

#### 4.4.4.3 Manipulação com o Tracker da lei fundamental dos movimentos

Chegando perto do final da nossa sequência didática e com a intenção que os estudantes extraíssem particularidades que os carrinhos de madeira e de Fletcher não permitiram, ainda para a fase IV do nosso espiral auto reflexivo, planejamos mais algumas ações: (xi) agendamento do laboratório de informática do CEP; (xii) instalação do software Tracker nos computadores de um dos laboratórios; (xiii) apresentação do Tracker aos estudantes para manipulação com tutorial e (xiv) manipulação da lei fundamental dos movimentos a partir dos filmes dos carrinhos de madeira ou de Fletcher.

Um trabalho conjunto com o setor de informática, tivemos a colaboração de um dos técnicos no agendamento e na instalação do programa e, também adicionamos uma pasta com os vídeos dos filmes realizados no laboratório de física e, que os estudantes enviaram por e-mail conforme solicitado no roteiro da atividade relacionado com a manipulação da lei fundamental dos movimentos, incluímos filmagens nossas, caso algum grupo tivesse dificuldade de acesso aos vídeos próprios. O número de computadores foi suficiente para que os estudantes desenvolvessem a atividade em duplas, que conforme o elemento [2b] da matriz dialógica, enriquece o jogo bilateral entre os estudantes.

Reservamos duas aulas do dia 20/11/2014, para a familiarização do programa com o acompanhamento por tutorial, das ferramentas de delimitação do vídeo e assim o recorte da natureza e a delimitação do fenômeno que interessava

para a análise, permitindo segundo os elementos [3b] e [4b] uma representação do contexto e de pensar o experimento pelos estudantes. Os estudantes ainda orientados pelo tutorial foram levados a trabalhar as ferramentas como escala, orientação de eixos, gráficos, escolha de elementos nos eixos do gráfico e análise matemática. Recordamos dos elementos [3c] e [4d] com a manifestação dos estudantes, que entre outras descrevemos uma delas, do estudante 02 do grupo 1: *Veja, agora entendi porque tinha aquelas fitas no caminho do carrinho de madeira e a fita pintada de vermelho no trilho de ar do outro carrinho.*

Considerando os elementos [2c] e [2d], os estudantes com empolgação inicial que demorou para o desenrolar da manipulação, utilizaram muito do elemento [2a] para buscar orientações, porém usuários frequentes de computadores não tiveram dificuldade na manipulação das ferramentas do Tracker e, ficou claro a percepção de que poderiam repetir a manipulação experimental com os carrinhos, porém agora nos filmes dos experimentos, com a vantagem que a parte artesanal dispendida nos cálculos e na construção do gráfico o programa forneceria, desde que manipulado adequadamente. E fornecendo vantagens em relação a manipulação artesanal do carrinho de madeira, em termos de registro de velocidades e tempos. E também em relação ao carrinho de Fletcher, na possibilidade de o programa fornecer a tabela, o gráfico e o modelo matemático que corrobora com a reta obtida no gráfico.

Parece-nos que o manuseio antecipado nos carrinhos e também a articulação através do cálculo, enriquece em termos de compreensão e de exploração as particularidades do programa. Pois com a parte artesanal criou-se para os estudantes uma série de imagens, os estudantes através da manipulação dos contextos trabalhados nos carrinhos e na construção da tabela e gráfico, tiveram a possibilidade de representação das entidades da física manipuladas. Representações que enriquecem a exploração complexa do Tracker.

Estudantes manipuladores de forma provisória no Tracker e relativo aos elementos [2c] e [2d], agendamos mais uma data no dia 27/11/2014, no laboratório de informática para a manipulação com a intenção de tomadas de tempo, velocidades, quantidade de movimento, elaboração de gráficos e a análise matemática. Praticamente trata-se da mesma tabela da atividade V da sequência didática de manipulação da lei fundamental dos movimentos, entretanto com a inclusão do elemento quantidade de movimento.

As elaborações da tabela e do gráfico que não precisam ser construídos artesanalmente e, também a particularidade do ajuste da reta média com o modelo matemático que o programa também fornece, são melhores entendidos desde que os estudantes já possuam representações adquiridas nas etapas anteriores da sequência didática. A seguir exemplificamos com uma das duplas de trabalho, os estudantes 33 e 36 do grupo 5, com sua manipulação no Tracker do movimento do carrinho de Fletcher:

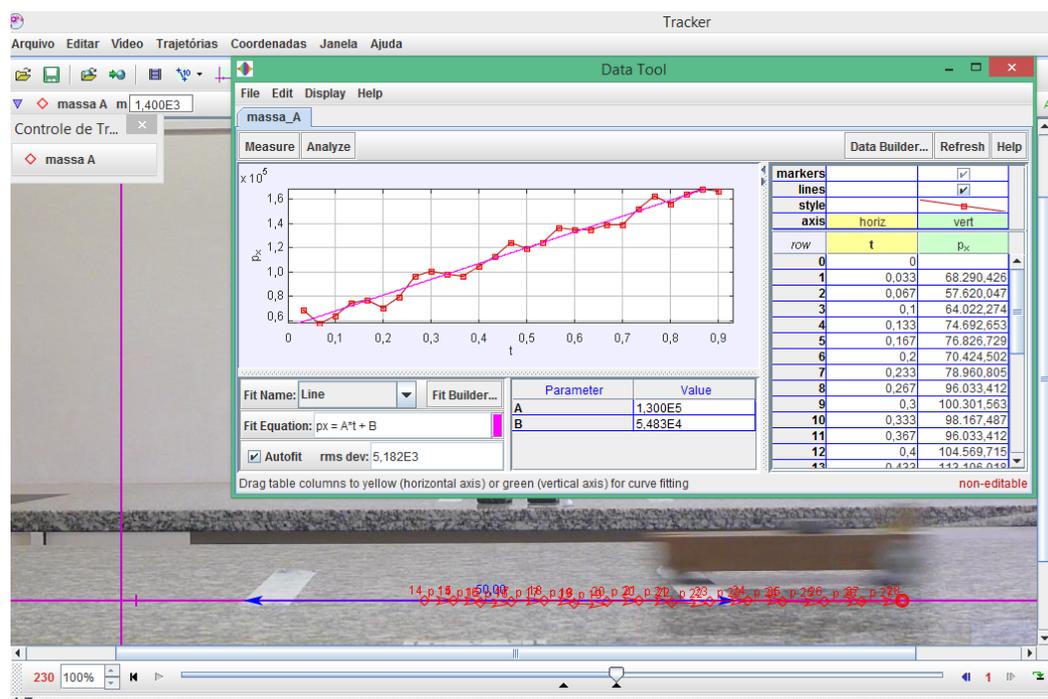


Figura 22: manipulação da lei fundamental dos movimentos para o carrinho de madeira.

Os estudantes esperavam para a razão  $\Delta Q/\Delta t = F$ , com  $F$  medido no dinamômetro um valor de 2,03 N para força impressora, referente ao conjunto massa e suporte de 210 g. Entretanto o valor de manipulação pelo programa, encontraram um resultado de 1,3N. Imediatamente consideraram o resultado errado, porém depois de questionados o que poderia ter produzido uma intervenção na quantidade de movimento, recordaram a presença do atrito e o consideraram como possível força dissipativa ao sistema considerado.

Escolhemos como ilustração o trabalho dos estudantes 15 e 16 do grupo 3, para o carrinho de Fletcher, analisado no Tracker:

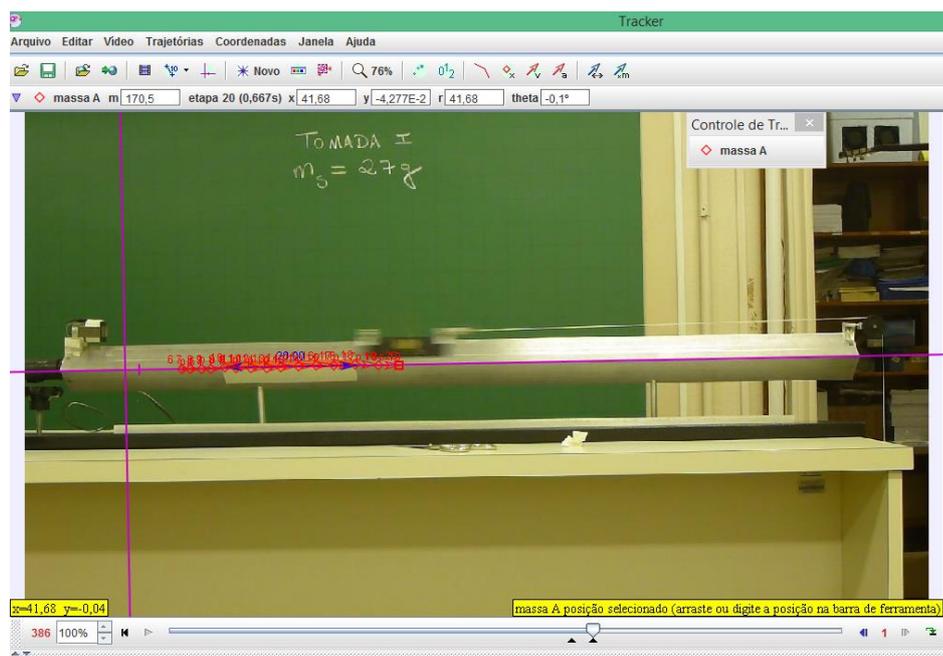


Figura 23: manipulação do vídeo do carrinho de Fletcher, com as ferramentas disponíveis no Tracker.



Figura 24: tabelas de dados, gráfico e relação matemática, obtidos com as ferramentas do Tracker.

Neste caso o valor medido pelo dinamômetro foi de 0,26N para a força impressora, e, portanto, os estudantes esperavam o resultado da manipulação de  $\Delta Q/\Delta t = F$  igual a 0,26N; entretanto para o valor manipulado no Tracker, foi encontrado o resultado de 0,23N. Um resultado melhor em termos de erros do que o analisado para o carrinho de madeira, porém pior que o manipulado pelo cálculo na tabela para o carrinho de Fletcher, observado assim pelos estudantes.

Aqui desejaríamos prolongar mais algumas aulas, pois seria muito rico a discussão entre as vantagens e desvantagens entre uma tecnologia e outra, pois teríamos os resultados obtidos pelos estudantes e que poderíamos levar para discussão do grande grupo. Entretanto com a finalização do ano letivo não foi possível. Pois ainda reaplicaríamos o questionário, com a intencionalidade de aferir se a sequência didática tinha contribuído para alguma alteração do perfil epistemológico dos estudantes em relação as entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos.

#### 4.4.4.4 Análise dos dados da fase IV do nosso espiral auto reflexivo

Para a manipulação da lei fundamental dos movimentos, na fase IV, tivemos três momentos bem distintos, o primeiro totalmente artesanal com a manipulação do carrinho de madeira com observações simples sensoriais e uma primeira geometrização com as relações de proporcionalidade. O segundo tecnológico com o carrinho de Fletcher em termos de coleta de dados e de articulação com linguagem físico matemática com a manufatura de tabela e gráfica pelos estudantes. E o terceiro também tecnológico com o programa Tracker na especulação complexa dos vídeos e obtenção da tabela, gráfico e relação matemática, porém com as ferramentas do próprio programa. Vamos encaminhar a análise dos dados para cada momento para facilitar a organização.

##### 4.4.4.4.1 *O primeiro momento: artesanal com o carrinho de madeira*

Percebemos na atividade a riqueza das parcerias entre os estudantes e, entre estudantes com os professores participantes. A atividade conforme relatamos nos procedimentos de pensar o experimento, permitiu em vários momentos depois de uma etapa realizada, momentos para socializar as ideias dos estudantes e suas expectativas, pois eles podem ter tido diferentes representações do aparelho experimental e da manipulação do mesmo fenômeno, com diferentes interpretações. Com o objetivo de proporcionar uma espécie de reconciliação entre as proposições individuais e aquelas elaboradas pelo grupo de bancada e também o grande grupo, incluindo todos os estudantes e os professores.

Essas reconciliações através do diálogo e exercício de uma razão contra a outra e também o manuseio do aparelho experimental, refletiram quando os estudantes registraram suas representações nos roteiros de acompanhamento, com uma expressiva quantidade de estudantes que manipularam de forma adequada as relações de proporcionalidade e que registramos no gráfico 8, com 87,9% dos estudantes representando a proporção direta entre  $F$  e  $\Delta Q$  e 81,8% a proporção inversa entre  $F$  e  $\Delta t$ , números que avançaram comparados com as atividades anteriores que exploramos relações de proporcionalidade.

Para o número da percepção correta em relação a força e tempo de interação, de razão inversa para contexto da manipulação experimental, um pouco inferior ao entendimento dos estudantes da relação direta. Pode ser um indício de um obstáculo epistemológico relacionado uma valorização à priori do tempo, alicerçado no mito da digestão, que resiste em aceitar para uma maior força um tempo menor, o obstáculo que ainda é difícil para alguns estudantes transporem tal dificuldade prefere uma força maior em um tempo maior. Ou o número menor simplesmente deve-se ao fato de uma dificuldade de abstração matemática.

A especulação com as relações de proporcionalidade parece ter contribuído para o aumento do realismo da lei fundamental dos movimentos, que também conforme registrado no gráfico 8, 75,8% representaram de forma adequada a relação  $F = \Delta Q/\Delta t$ , incluindo a unidade de medida para a força no sistema internacional, em que 72,7% apontaram a unidade [newton] como  $[\text{kg.m/s}^2]$ . Que corrobora com uma das intenções da experimentação como a concebemos, o aumento do realismo de uma entidade teórica através da sua manipulação racional e empírica. E de como os estudantes expressam nas suas representações da lei fundamental dos movimentos.

#### *4.4.4.2 O segundo momento: tecnológico com o carrinho de Fletcher*

O carrinho de Fletcher tomado como projeto e sua consequente manipulação pelos estudantes conhecendo suas particularidades, acabou por combater o obstáculo da sua representação que possui algo de misterioso. Através da sua especulação complexa no sentido de identificar suas funções e como seria a execução para as tomadas dos dados, acabou por desmistificar na representação

dos estudantes, possíveis imagens pictóricas do laboratório de física. Diminuindo assim a subjetividade daquele que espera o oculto, com um valor à priori, passa a objetividade na medida que os estudantes se instrumentalizam com o aparelho.

Outro ponto interessante para destacarmos é o reconhecimento da limitação sensorial e em termos de reflexo para a medição do tempo, que escolhemos comparar com registro manual de tempo por cronômetro do celular e através dos sensores do carrinho de Fletcher. Que evidenciou a clara necessidade do elemento tecnológico, com a intenção de aumentar a objetividade da medida e a consciência dos estudantes da necessidade de instrumentalizar-se.

O contexto manipulado no carrinho de madeira permitiu o entendimento do que medir no carrinho de Fletcher e, como pensar a tabela como elemento de registro e de articulação através do cálculo, que ao nosso ver especializa o estudante na medida que passa de simples geometrização com as relações de proporcionalidade que os ajudaram na representação da lei fundamental dos movimentos, para uma manipulação abstrata com a linguagem físico matemática.

O exercício da razão dos estudantes “andaime” que auxiliaram os estudantes com os cálculos e, que compararam com os modelos na busca das aproximações evidenciando um realismo na manipulação das entidades que favoreceram a diminuição da subjetividade e o aumento da objetividade como investigação racional de laboratório.

O jogo bilateral entre os participantes do laboratório nas comparações entre os elementos da tabela, buscando aproximações e a equivalência com o lado causal da lei fundamental dos movimentos, a entidade força, com o lado efeito da lei,  $\Delta Q/\Delta t$ , aponta que nas representações dos estudantes que compreendem uma particularidade da atividade científica que é muito especial em se tratando de como aprender sobre uma parcela da natureza que nos colocamos a modelar, é nesse fenômeno criado e o modelo escolhido para explicá-lo, aproximando-os através dos dados que registraram e que manipularam através do cálculo, que enriquecem um estilo de investigação racional que especula de forma complexa. Trata do que intencionamos com o ensino de física entrelaçando o racional e o empírico.

Este ritmo de manipulação diversa da parte experimental e racional, contribui através do constante incômodo da razão pela exigência de uma abstração com a articulação matemática, busca de aproximações com o modelo que explica, acaba

por afastar o estudante de tarefas repetitivas, estas que dominadas oferecem um tempo para sonhar levando o estudante espiritualmente para longe da sala de aula.

A característica do experimentador que busca aproximações entre os dados coletados e manipulados através dos cálculos com o modelo escolhido, os resultados da manipulação complexa em termos de equivalência entre  $F$  e  $\Delta Q/\Delta t$  e, o ajuste da reta média na construção artesanal do gráfico relativo a lei fundamental dos movimentos são expressivos, com 75,8% e 87,9% respectivamente. Que fortalecem a nossa crença que uma manipulação racional e empírica de uma entidade da física, acaba aumentando o seu realismo para aqueles que a experimentam, mesmo que se trate de uma entidade teórica.

Ainda em termos da especulação complexa surgem insights que corroboram com nossa decisão de não contornar a utilização da linguagem físico matemática, necessária a manipulação da lei fundamental dos movimentos, indicamos para corroborar com nosso argumento que 48,5% dos estudantes passaram a reconhecer a Força “ $F$ ” como o produto da massa pela aceleração, assim como a razão da variação da quantidade de movimento pela variação do tempo.

Esses dados ilustram indícios de um afastamento da especulação leiga e intuitiva para uma especulação complexa, como exemplo descrevemos a representação do estudante 32 do grupo 5, quando procura a equivalência entre as colunas da tabela relativo a “ $F$ ” e “ $\Delta Q/\Delta t$ ”: *Que a equação parece estar correta, portanto a lei de Newton se sustenta conforme a tabela mostra um resultado aproximado.* E outro exemplo do estudante 36 também do grupo 5, que ao calcular “ $F$ ” como o produto de massa e aceleração, argumenta: *Que “ $m \cdot a$ ” e “ $\Delta Q/\Delta t$ ” são numericamente aproximados, sustentando novamente a lei de Newton.*

Ainda refletindo em relação ao entendimento da tabela e da aproximação com o modelo, um dos grupos percebeu que algum erro surgiu durante o experimento, pois quando buscavam a equivalência entre “ $F$ ” e “ $\Delta Q/\Delta t$ ” os valores estavam muito afastados, somente o observador alerta percebe na manipulação dos dados que algo saiu equivocado e repensa a execução do experimento. Neste caso uma nova calibração do fluxo de ar, revelou novos dados que apontaram que na primeira execução havia sido a força de atrito a provável fonte de erro.

#### 4.4.4.4.3 O terceiro momento: tecnológico com o programa Tracker

A lição que aprendemos na utilização do programa Tracker, é que pode ser uma ferramenta poderosa como mediação do ensino aprendizagem de dinâmica, que foi o que exploramos neste trabalho. Entretanto sua utilização é potencializada na medida que os estudantes o percebem como projeto, investigando suas ferramentas com as suas particularidades. Somente depois que dominam essas ferramentas o ensino de física começa, caso contrário o programa pode tornar-se um obstáculo epistemológico, devido ao caráter tecnológico de chamamento do programa.

Orientamos ainda no sentido de potencializar a utilização do programa, o trabalho artesanal em experimentos de caráter artesanal, que em vez dos estudantes manipularem filmes de carrinhos, possam manipular carrinhos. Acreditamos que com a criação de fenômenos primeiramente de forma artesanal, amplia as representações dos estudantes e a formação de imagens dos contextos que serão estudados, pois as possíveis entidades da física, sejam da dinâmica como trabalhamos ou da cinemática, se trabalhados antecipadamente em contextos artesanais aumentam o realismo dessas entidades, que quando forem manipuladas no Tracker serão melhor compreendidas.

Mesmo aquelas escolas que diferente do CEP, não possuem os aparelhos tecnológicos de apoio da experimentação, ainda assim podem ser criados contextos mais artesanais de experimentação, desde que o professor e os estudantes estejam engajados em um processo de letramento científico. Uma vez criado os contextos artesanais, o aparelho celular nativo dos estudantes pode realizar os filmes para análise no Tracker em computadores. Cujas a maioria das escolas públicas do Paraná, mesmo que de forma provisória e as vezes precária, são disponibilizados para aqueles professores engajados.

A manipulação do Tracker em dispositivos móveis, como tablets, poderia ser um elemento facilitador em termos de acesso para estudantes e professores, entretanto até a data que encerramos nossa pesquisa ainda não era possível utilizar o programa como um aplicativo para aquele dispositivo móvel. Devemos chamar a atenção para as instituições de fomento, para o financiamento de pesquisas, em termos de programação, para tornar o Tracker uma ferramenta de manipulação em dispositivos móveis. Pois já é do nosso conhecimento que existem planos de

aquisição de tablets para distribuição em larga escala para estudantes da escola básica.

Apontamos também a possibilidade de comparação entre os aparatos de manipulação da lei fundamental dos movimentos: a artesanal com carrinho de madeira, a tecnológica com o carrinho de Fletcher e a tecnológica com o programa Tracker. Comparação dialogada com os estudantes, nos grupos e no grande grupo, com a indicação de particularidades de cada aparato, apontado pontos fortes e fracos, limitações, enfim vantagens e desvantagens.

A intenção aqui é a de que o estudante perceba o papel da tecnologia, quando a parte artesanal é limitada e, que em termos de investigação no ensino de física estaria comprometida se limitasse a premissas de simples observações sensoriais. O estudante que se instrumentalizando com a tecnologia especula de forma complexa, diminuindo a extensão das suas intuições animistas e a sua subjetividade, para o aumento da sua objetividade das parcelas da natureza que o ensino de física se dedica a investigar.

#### 4.4.5 Reaplicação do Questionário: Verificação se Houve Inícios de Aperfeiçoamento do Perfil Epistemológico dos Estudantes

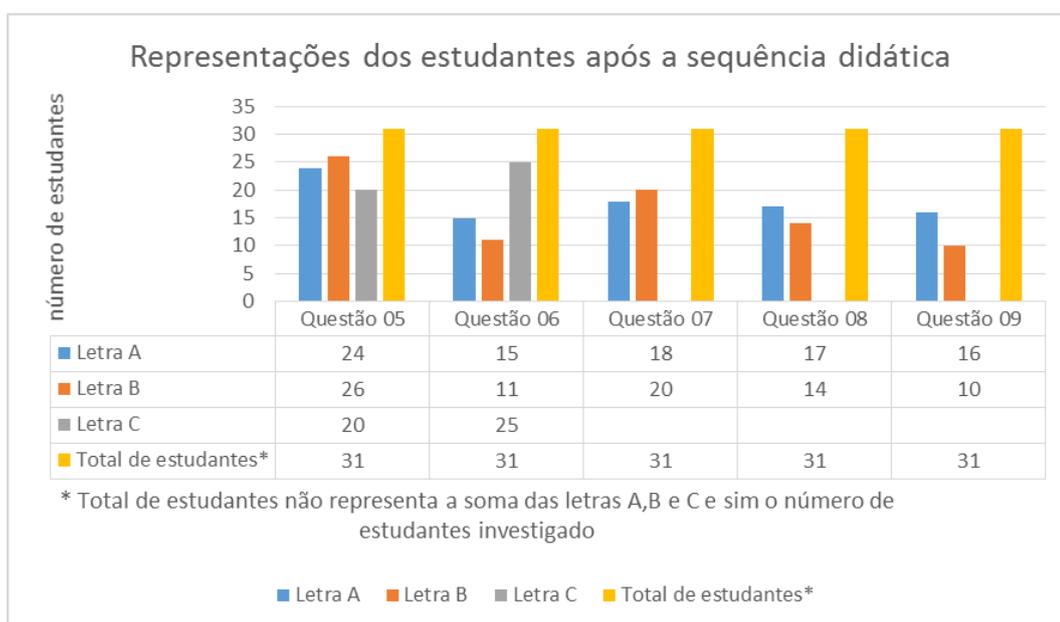
Com a intenção de avaliarmos o alcance da sequência didática trabalhada segundo um ensino de física com a cultura de laboratório, com um gênero de raciocínio característico reforçado pelo entrelaçamento entre o racional e o empírico, reaplicamos o questionário no dia 04/12/2014, para as questões de 05 à 09 depois de encerrado a fase IV e, portanto a sequência de atividades experimentais. Observando que o questionário foi respondido individualmente pelos estudantes e, estavam presentes no dia da reaplicação do questionário 31 estudantes.

A seguir tabelamos as codificações que realizamos em relação a análise de conteúdo, que investigamos nas representações dos estudantes, quando utilizaram das entidades da física manipuladas nas atividades, para responder as problematizações de cada questão:



31												
32												
33												
36												
37												
Total	24/31	26	20	15	11	25	18	20	17	14	16	10

E também reproduzimos os dados no gráfico a seguir, com a intenção da visualização entre os estudantes que representaram as entidades, mesmo que de forma provisória, em relação ao número total de estudantes investigados:



**Gráfico 10: registro do número de estudantes que representam, de forma provisória e incompleta, imagens das entidades manipuladas.**

Queremos comparar as tabelas 24 e 29 e os gráficos 5 e 10 e, na próxima subseção com a análise dos dados apresentaremos um modelo de ilustração da possível evolução do perfil epistemológico dos estudantes, este sendo de caráter exclusivo dos estudantes não podemos elaborá-lo, entretanto podemos ilustrar como possivelmente pode acontecer para alguns estudantes.

#### 4.4.5.1 Analisando as representações dos estudantes nos questionários, antes e depois da manipulação da sequência didática

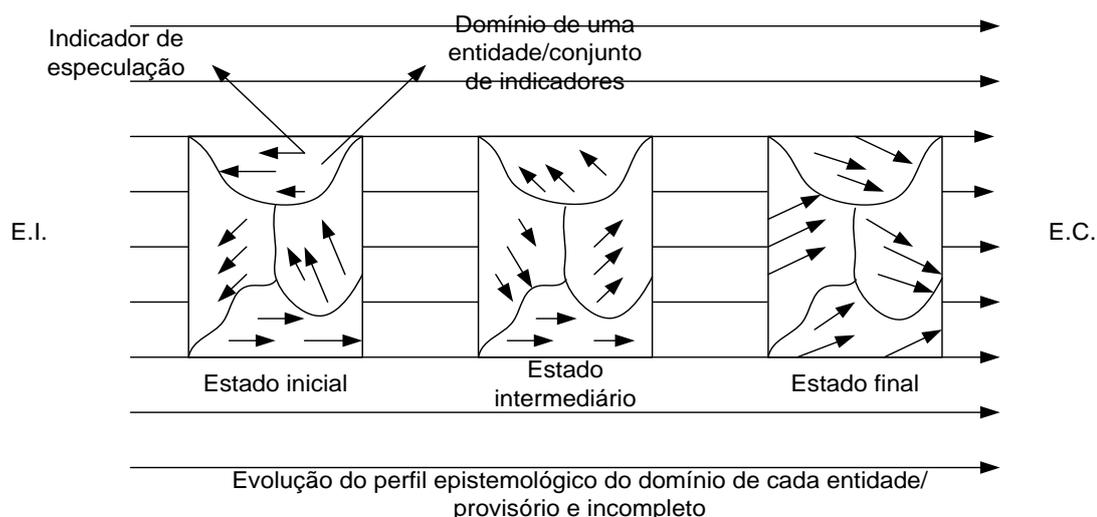
Buscando inspiração na linguagem físico matemática com a ideia de domínios e a influência com a interação de campos externos, também na forma

como Hacking (2012) representa a ideia de especulação e por fim como Bachelard (2009) descreve a evolução do perfil epistemológico, este provisório e incompleto em relação a representação de entidades.

Buscamos uma forma de ilustrar esses elementos, como escrevemos e queremos enfatizar é apenas uma ilustração, de como envolver os elementos de inspiração e como possivelmente pode acontecer a orientação do que vamos chamar de indicadores de especulação, que em conjunto formam uma espécie de domínio de uma determinada entidade por exemplo da física. E que tais domínios de indicadores de especulação, podem ser orientados na medida que interagem com um processo de ensino de física teórico e experimental, que procuramos desenvolver ao longo da sequência didática que trabalhamos com nossos estudantes.

Esses chamados indicadores de especulação, foi inspirado nos vetores de abstração de Bachelard (2013), porém diminuimos o formalismo de vetor para indicador, pois estamos tratando de uma ilustração e com a troca aumentamos a liberdade de explorarmos a ideia de mudança de orientação do indicador de especulação, sem o rigor da análise vetorial, pois não é o caso. Também esclarecemos que o que chamamos de domínio de indicadores de especulação de uma entidade que reúne elementos de especulação como os estudantes representam essa entidade alicerçados nas suas crenças: da articulação através do cálculo através da linguagem físico matemática; da manipulação e criação de fenômenos através de aparelhos tecnológicos e artesanais; representam com tabelas e gráficos; modelos analisados com aproximações encontradas através da manipulação com o cálculo, tabelas e gráficos.

Para que o leitor entenda o esquema que apresentaremos a seguir e que reúne os elementos que definimos, descreveremos mais alguns elementos: destacamos nos extremos do eixo orientado que representa a possível evolução do perfil epistemológico de entidades pelo estudante, na origem a especulação ingênua (E.I.) e na outra extremidade a especulação complexa (E.C.), para a primeira de intuições animistas de representação dos estudantes no seu realismo ingênuo e empirismo claro. Para a segunda alicerçada em uma cultura de laboratório, com um gênero de raciocínio de articulação entre elementos teóricos e empíricos, através do cálculo, tabelas, gráficos, linguagem físico matemática e investigação na busca de soluções de situações problema. E apresentamos nosso modelo de ilustração:



**Figura 25: modelo de ilustração de evolução do perfil epistemológico de entidades.**

Diante dos dados das tabelas e dos gráficos que estamos comparando, percebemos indícios que a sequência didática altera na sua interação com os indicadores de especulação, altera a disposição no seu alinhamento. Essa interação mostra-se muito forte na medida que influenciam como os estudantes representam as entidades, que no nosso modelo ilustrativo, cada domínio representa uma determinada entidade da física. Produzindo um tipo de alinhamento e uma organização com uma clara mudança de orientação de E.I para E.C., ou seja, desorientando-se em relação ao senso comum com aspectos animistas de um espírito pré-científico para um senso comum com aspectos de abstração para um espírito científico.

Existem conforme o modelo um maior grau ou menor grau de orientação em relação a E.C., esperado pois para cada entidade a evolução do perfil epistemológico é sempre provisório e incompleto e em diferentes níveis de compreensão, mesmo para aquele estado chamado de final. Assim como existem tantos outros domínios que não são afetados para as entidades da física e que não são alterados com a interação com a cultura de laboratório. E justificando que escolhemos um modelo de ilustração, justamente porque o perfil epistemológico e sua evolução é próprio do estudante e somente ele pode traçar um perfil fidedigno de determinado tipo da física, mesmo assim com nossos resultados sentimo-nos à vontade em afirmar que houve indícios de uma possível reorientação de entidades manipuladas no laboratório e, que à medida que foram trabalhadas em um nível de

abstração mais avançado, os estudantes puderam especulá-las de forma mais complexa.

Por exemplo nomenclatura de tipos da física que não faziam parte do vocabulário dos estudantes, passaram a constituir como representaram nas respostas em relação à questão 05 do questionário, por exemplo o tipo quantidade de movimento no item 5.a 77,4% citaram o tipo como sendo o “algo” que era transferido de uma esfera para outra no pêndulo de Newton, inclusive apresentada formalmente, conforme o estudante 09: *O algo que é transferido é a quantidade de movimento, que é composta por massa (m) multiplicada pela velocidade (v)*. Tipo que não tinha aparecido nas representações dos estudantes na primeira aplicação do questionário.

Ainda na questão 05 muitos escreveram associado com a problematização a necessidade do sistema isolado, para que o pêndulo funcionasse por tempo indeterminado, como escrito pelo estudante 08: *O pêndulo funciona através da transferência da quantidade de movimento, fazendo assim uma bolinha de mover batendo na outra e o movimento continua. Se não houver forças externas atuando ele continua, como por exemplo atrito com o ar*.

Nas questões 06 à 09 exploramos as relações de proporcionalidade entre massa e velocidade e entre força e tempo de interação e, comparando os números das duas tabelas, encontramos indícios que muitos estudantes melhoraram seu entendimento de como manipular as relações de proporcionalidade entre as entidades, envolvidas nas problematizações. Por exemplo para a questão 6.c 80,6% manipularam de forma, mesmo que de forma provisória, a compensação entre massa e velocidade na colisão que foi problematizado. Conforme a descrição do estudante 36: *O de massa menor vai ir mais rápido ainda, por causa do de massa maior que na colisão parou, e que transferiu a quantidade de movimento para o outro*.

Para ilustrar a relação inversa entre força e tempo de interação, na representação dos estudantes para questão 08 foram 54,8% e para questão 09 foram 51,6% dos estudantes, utilizaram da relação quando representaram na resposta do questionário, escolhemos o estudante 09: *Com o carro antigo mais rígido, a batida é mais “rápida”, com mais força, já nos novos veículos, a batida é sim mais demorada, mas a força é bem menor, o que pode não te machucar muito ou até salvar sua vida, pois é a intensidade, a força da batida que vai te afetar*.

Também nos interessou nas questões 08 e 09, questões relacionadas a CTS, e tivemos 45,2% na questão 08 e 32,3% na questão 09 dos estudantes que assim relacionaram as problematizações com CTS, por exemplo o estudante 27 na questão 08: *Com maior elasticidade as batidas são mais demoradas e a força é menor. Alguns dos materiais utilizados nos carros novos são plásticos, isopor, espuma e o metal do carro é mais fino.*

Para a questão 09 muitos estudantes representaram de forma adequada a relação inversa entre força e tempo e não pudemos contabilizar suas respostas, pois equivocaram-se em afirmar que o maior dano seria no antigo, considerando por ser nele a aplicação da maior força, entretanto justamente o que deforma menos no menor tempo é o antigo em que a força é maior.

Tem uma complexidade de raciocínio que atrapalhou muitos estudantes, entretanto esperávamos os resultados, haja visto que nem todos os estudantes atingiram o mesmo perfil epistemológico de uma entidade no mesmo tempo. Tiveram dificuldades justamente de entender a relação CTS, de aumentar a deformação com a intencionalidade de aumentar o tempo de interação. Tal equívoco em admitir que naquele carro que a força é maior o estrago pode ser menor em termos de deformação, salienta ainda a presença de obstáculos epistemológicos, que dificulta a manipulação inversa da relação de proporcionalidade, pois o obstáculo da substancialização manifesta-se no sentido que força maior deveria produzir um estrago maior e, o fator elasticidade dos materiais é ignorado. O ensino como já afirmamos antes não deve negligenciar os obstáculos que alicerçam o senso comum dos estudantes, pois são estruturas animistas muito bem instauradas.

## **CAPÍTULO 5**

## 5 CONSIDERAÇÕES

### 5.1 O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Acreditamos que a escola básica, ensino fundamental fase I, II e ensino médio, deve ser compreendida por parte do estudante, que não se trata de um instante, um momento escolar e, sim que a escola é algo perene para a vida toda, tal característica fará parte do letramento científico que esse estudante adquirirá e exercitará ao longo de uma vida. Porém a escola básica de hoje mostra sinais que não proporciona a formação do raciocínio científico, pelo contrário, com um ensino tradicional de ciência, alicerçado em livros didáticos que se assemelham com guias turísticos, que valorizam a memorização e a reprodução, com conteúdo justapostos que não seguem uma racionalidade, não problematizado e não instigante. Assim não estimulando a reflexão e a criticidade, características de um espírito científico.

Considerando que: “Na obra da ciência só se pode amar o que se destrói, pode-se continuar o passado negando-o, pode-se venerar o mestre contradizendo-o. Aí, sim, a Escola prossegue ao longo da vida. ” (Bachelard, 2013, p. 309). Portanto deve acontecer uma revolução, uma ruptura do pensamento pedagógico sobre como ensinar na escola básica. Pois conforme Bachelard (2013):

Uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica. Só há ciência se a escola for permanente. É essa escola que a ciência deve fundar. Então, os interesses sociais estarão definitivamente invertidos: a Sociedade será feita para a Escola e não a Escola para a Sociedade. ” (Bachelard, 2013, p. 310).

Nesse novo pensamento pedagógico que se contrapõe ao ensino tradicional da ciência, deve existir lugar privilegiado para como os estudantes entendem as entidades que nos interessam para uma enculturação científica, pois assim identificaremos os obstáculos epistemológicos, formados por intuições equivocadas que formam o senso comum de um espírito pré-científico e, qual a importância de tal conhecimento dos obstáculos? A importância reside no fato que a Escola pode destruir um a um, os equívocos construídos através do realismo ingênuo que faz parte da nossa formação, de percepções primeiras e intuições primeiras que em geral, estão equivocadas.

Com a intenção de compreender e de ajudar os estudantes na correção da sua maneira de pensar, alicerçada no senso comum, para uma busca da objetividade no lugar da subjetividade, levamos em conta o estudante por inteiro

com toda a ansiedade, carga emocional e cultural característicos da sua juventude, de tal forma que constituem e contribuem para a construção e reforço dos obstáculos que entram a evolução do raciocínio pré-científico para o raciocínio científico.

Nosso interesse em vasculhar os obstáculos epistemológicos está associado em avançarmos na elaboração de práticas que envolvam problematizações, que entrelaçam o racional e o empírico e, que provoquem os estudantes e suas intuições primeiras. O conhecimento dos obstáculos epistemológicos permite a construção de sequências didáticas que evidenciam a fragilidade do senso comum dos estudantes em explicar ou manipular uma entidade, como a temperatura, deste ponto instrumentalizamo-los com ferramentas que manipulam a entidade, com a intenção de afastá-los do seu raciocínio pré-científico e com a possibilidade de transporem as barreiras epistemológicas.

As ferramentas que escolhemos alternaram-se desde experimentos de simples manipulação de elementos cotidianos dos estudantes, no caso dos recipientes com água em diferentes temperaturas e, até instrumentos do acervo do laboratório como termômetros termopares. As ferramentas inseridas em uma metodologia de ensino de Física que proporciona na atividade experimental a soma do racional e do empírico. Que promova na proposta de trabalho uma racionalidade que vai do mais simples para o mais complexo; da manipulação do artesanal para o tecnológico, assim os estudantes racionalizam e manipulam em diferentes níveis de complexidade, o juízo envolvido na atividade experimental.

Percebemos também que a discussão nos grupos e com o professor possui uma função fundamental no vasculhar das entidades e, que os estudantes alternam seus desempenhos em diferentes pontos da experimentação e isto facilita a troca de papéis entre eles, ora como quem ensina e ora como quem aprende, ensinando nós professores, como um diálogo liberto de hierarquia pode colaborar nas mediações de ensino aprendizagem e como nós professores podemos aprender com nossos estudantes. Nesse exercício do diálogo, o estudante que explica sobre uma representação da entidade utiliza-se do espírito da razão e, quando troca de papel assumindo o de ouvinte e observador exercita o empírico.

No desenrolar da atividade em que o estudante reconheceu que sua intuição primeira em perceber a temperatura, quente ou frio, poderia estar equivocada e, que tal equívoco é apontado por uma medida objetiva de temperatura através do

termômetro. Imediatamente em uma atitude de valorização da intuição primeira acusou que o aparelho experimental objetivo estava com defeito, pois indicava a mesma temperatura para os diferentes objetos tabelados.

Entendemos que tal defesa está enraizado no obstáculo enraizado nas suas primeiras percepções sensoriais e empirismos primeiros com o mundo e, não devemos nos enganar que seja fácil destruí-lo. Entretanto com a continuação do experimento e após a aferição sugerida por nós do termômetro, medindo a temperatura corporal e das águas em diferentes temperaturas, ficaram convencidos de que o termômetro estava funcionando e surgiram indícios do convencimento que sua intuição primeira dada pela sensação térmica, é que estava equivocada.

De tal forma que acreditamos que a atividade experimental permite que os estudantes possam reconstruir ou construir representações de entidades de forma acertada, que para nós deve estar alinhada com o raciocínio científico e um certo gênero de raciocínio de laboratório. Utilizando de metodologias que considerem aspectos cognitivos e que também valorizem aspectos de formação histórico-sócio-culturais que alicerçam o senso comum dos estudantes. E que o estudante engajado adquira o gosto pela cultura científica e, que esta faça parte da sua vida como uma cultura de laboratório de contínua investigação racional.

## 5.2 INVESTIGAÇÃO DA DEMANDA HISTÓRIA SOBRE A ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Em particular para a segunda Lei de Newton, apesar do aparato tecnológico de apoio que sofreu grande evolução, tal evolução não foi acompanhada pelo aperfeiçoamento do método e pela concepção de elaboração do experimento. Constatação que encontramos aos debruçarmos sobre material de pesquisa no acervo histórico do CEP e que ajudou para apontarmos a não evolução da prática experimental da segunda lei de Newton.

A atividade experimental como importante ferramenta na apresentação da física, deve avançar em termos de sua relação epistemológica, ou seja, a concepção de comprovação científica, de demonstração de leis e teorias, ou reprodução de modelos deve evoluir para uma concepção contemporânea de experimentação. Nesta concepção a experimentação funciona como um elemento que faz ressalvas à teoria que se propõe a modelar determinada realidade, experimentação que,

portanto, valida parcialmente a teoria, mas que não possui o status de prová-la experimentalmente, não é apresentada como dogmática e nem tão pouco como pronta e acabada.

O desafio é de apresentar ao estudante uma ciência que não está pronta, portanto como inacabada que se apresenta deve ser investigada, de forma desafiadora o estudante enfrentará este mundo desconhecido, e com a intencionalidade de oferecer possíveis soluções, adquirirá uma atitude crítica e reflexiva necessária ao indivíduo que é constantemente solicitado em resolver problemas. Aqui evidencia a intenção de substituir a concepção de ensino de ciência tradicional, que apresentava a ciência como algo pronto e acabado, portanto que era ensinado pelos professores e aprendido pelos estudantes, na forma de transmissão automatizada.

A educação científica, que tem sido oferecido nas instituições de ensino da escola básica, mostra – se inadequada para que os estudantes saibam lidar com questões que envolvam ciência e tecnologia (PISA, 2001). Esse ensino não tem sido nem mesmo adequado para motivar os estudantes a se interessarem por ciências. Os estudantes saem da escola com um conhecimento trivial, com fracas conexões entre os conceitos mais importantes, com concepções não científicas de como o mundo natural funciona, saem acríticos e sem capacidade de aplicar o conhecimento em novos contextos (Pisa, 2001). Portanto as mudanças devem ser incentivadas e com os resultados aprimorados.

Enfim uma teoria somente torna-se relevante quando propõe o confronto com a realidade através da experimentação, a intersecção tensionada entre empirismo/racionalismo que precisa de um patamar intermediário, concepção de ciência corroborada por Kuhn (2013):

Teoria e fato científicos não são categoricamente separáveis, exceto talvez no interior de uma única tradição da prática científica normal. É por isso que uma descoberta inesperada não possui uma importância simplesmente fatural. O mundo do cientista é tanto qualitativo transformado como quantitativamente enriquecido pelas novidades fundamentais de fatos ou teorias. (KUHN, 2013, p. 67).

Os resultados da investigação mostraram assim que não existiu evolução didático-metodológica em relação as orientações para a execução das práticas experimentais em torno da segunda lei de Newton, como mostra as comparações entre os documentos do PSSC, do CEP e do antigo CEFET-PR. Mesmo com a evolução tecnológica e equipamentos em laboratórios já interfaceados com fotogates e computadores os roteiros ainda privilegiam uma concepção de ensino de

ciência altamente automatizada e reprodutivista alinhados como uma metodologia de ensino submetido com uma teoria de aprendizagem de cunho comportamentalista, que de certa forma negligencia aspectos cognitivos dos estudantes.

E que apesar de outras teorias de aprendizagem que abordam aspectos cognitivos e aspectos sócio culturais conforme os avanços e concepções contemporâneas de ensino, que procuram tratar da criatividade e curiosidade como nortes de construção e interação de modelos com a realidade foram deixados de lado por aquele método que investigamos na demanda histórica e que criticamos. E é do nosso mote de interesse continuarmos a investigar sobre o papel da experimentação no ensino-aprendizagem de física e que se alinha com teorias de aprendizagem que consideram toda a complexidade de como o estudante interage com o conhecimento, em particular o conhecimento associado à cultura científica.

### 5.3 CONSIDERAÇÕES RELACIONADAS COM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

#### 5.3.1 Investigação de Juízos Relacionados Com a Ciência e Entidades da Física no Senso Comum dos Estudantes

Da aplicação do questionário para a investigação de como os estudantes representam imagens associadas a ciência e as tecnologias, identificamos uma série de crenças de fundo animista; ou seja, de um realismo ingênuo impregnado de primeiras percepções obtidas com um empirismo primeiro e ingênuo de conceber o mundo estabelecendo uma série de obstáculos epistemológicos por exemplo associado a substancialização, por uma valorização à priori em relação ao nosso mote da experimentação e do laboratório, em que os estudantes apresentam uma erudição equivocada, com uma coleção de fatos valorizados a respeito, construídos nas fontes midiáticas e reforçadas na escola de ensino tradicional.

Ambos realizando um chamamento equivocado para a ciência e as tecnologias, com a valorização de fatos à priori ou representando uma imagem lúdica, que favorecem um devir dos estudantes, que afastados da razão sonham com um laboratório com experimentos mágicos, ocultos e misteriosos. Embora a turma investigada seja concluinte de um ciclo de contato com o ensino de ciência,

este parece ter contribuído com o realismo ingênuo dos estudantes diante do mundo da ciência e das tecnologias.

Portanto as mudanças devem ser incentivadas, por exemplo o currículo deve ativamente e intencionalmente propiciar o letramento científico, para que o estudante aperfeiçoe o perfil epistemológico com uma evolução de um raciocínio pré-científico alicerçado de uma filosofia animista, para o raciocínio científico com características de objetivação e abstração. Com relações de aprendizagem em CTS (ciência, tecnologia, sociedade), com problematizações de contextos que envolvam as entidades de cada ciência e suas aplicações no mundo do estudante.

Existe um grande entrave para essa revolução que deve ocorrer no currículo, o pensamento pedagógico dos professores, que em sua inércia acadêmica são resistentes a mudança e um dos sintomas é a negação da sua responsabilidade na ineficácia curricular e, que promovem uma continuidade de conteúdos justapostos não alinhados com uma racionalidade e não respeitando a complexidade do conhecimento.

Os professores de ciência no início de carreira devem ter a consciência de que o espírito científico dos seus estudantes não começa com a sua aula, que como professores não criem a expectativa ingênua de reconstruir uma cultura científica à exaustão das lições, de forma repetida e automática. Tal consciência e reflexão sobre a sua metodologia proporcionaria aos professores um pensamento pedagógico de não ignorar que seus estudantes adolescentes, entram na aula de física por exemplo, com muitas primeiras intuições de mundo baseados nas suas percepções primeiras, com um realismo ingênuo e uma formação empírica primeira bem definidos e que funcionarão como um obstáculo epistemológico (BACHELARD, 2013) para a mudança para uma nova cultura.

Com a clareza do desafio de proporcionar aos estudantes a desconstrução das noções pré-científicas alicerçadas no senso comum e no realismo ingênuo e, que enraízam obstáculos que resistem para uma mudança para um raciocínio científico permeado de racionalidade. Somente com um pensamento pedagógico que considere o desafio de um letramento científico sério, as reformas de currículo, de metodologias, de estrutura e de financiamento serão efetivamente consideradas. Portanto em vez de criticarmos os colegas professores, os convidamos para contribuírem para um novo pensamento pedagógico, de uma nova escola que se mostre eficiente na contribuição da formação científica dos nossos estudantes, com

tal demanda de uma comunidade escolar letrada cientificamente, exigirá do sistema um maior investimento em nossas escolas, nos professores e em nossos estudantes.

O melhor recado que a comunidade escolar pode oferecer aos gestores e assim exigindo uma maior demanda de investimento no sistema escolar, é a contribuição que uma comunidade escolar com uma cultura de laboratório, com um gênero de raciocínio de laboratório, e com uma especulação complexa seja capaz de modelar aspectos do mundo que o cerca e através de uma investigação racional seja capaz de perceber prós e contras de diferentes fatos e, de forma crítica avaliar possíveis anomalias aos modelos que consideram adequados para melhorar as condições de vida de uma comunidade de forma geral além do espaço escolar. Com tal criticidade a comunidade escolar exigirá dos seus gestores da república (municipais, estaduais ou federais), a racionalização do emprego do dinheiro público.

Entretanto existe um longo caminho da escola atual de modo geral, que apresenta indícios que permeia o espírito conservativo por instinto, preferindo aquilo que a confirma em vez daquilo que a contradiz, apreciando muito mais as respostas do que as perguntas. Com tal conservadorismo cessa o crescimento espiritual (BACHELARD, 2013) e a proposta formativa que pretendemos terá muitas dificuldades de ser implantada, portanto convidamos os professores a fugir do pensamento acadêmico inerte e dinamizarmos uma nova maneira de professar.

Portanto chamo a atenção que para nossa empreitada ser bem-sucedida deve acontecer uma revolução do pensamento pedagógico de nós educadores, onde não nos coloquemos em uma posição hierárquica superior aos estudantes como donos do saber, pois muitas vezes a diferença entre os estudantes e professores pode ser quantificada como uma pilha de livros e de vivências a mais. Assim acredito que não criaremos uma barreira ao diálogo com os estudantes e poderemos assim conhecer suas crenças, seus ideais, suas vontades e seus projetos de vida.

Do conhecimento prévio dos estudantes, será o ponto de partida para desconstruirmos representações equivocadas que constituem o perfil epistemológico dos estudantes. Contribuindo para o aspecto formativo, contribuindo para mudar a sua cultura, que ele adquira um raciocínio científico, com uma maior racionalidade e

o afastamento do raciocínio pré-científico alicerçado nas intuições primeiras, que de maneira geral estão equivocadas.

### 5.3.2 Da Atividade II e III

Retomamos que o ensino tradicional de ciência desconsidera um ponto crucial, os obstáculos epistemológicos dos estudantes, que quando apresentado um tipo da física manipulado em uma experimentação, o espírito pré-científico do estudante se contentará com repostas superficiais, dando uma sensação de erudição com a aplicação de alguma representação provisória que faz parte do seu realismo ingênuo. E infelizmente estanca qualquer possibilidade de entrelaçar o racional e o empírico, pois já possuem as respostas e que conserva a mente preguiçosa.

Sejam obstáculos da substancialização, da valorização do juízo de menor valor, valorização dos fatos à priori, todos dificultam a aprendizagem dos estudantes, pois estes refugiam-se nas suas intuições animistas, que permitem o conservadorismo daquele conhecimento que julgam precioso e vital, como dissemos parece que o ensino de ciência ignora esse senso comum pré-científico que entorpece as mentes dos estudantes, que se recusam com aclamados discursos de que qualquer tentativa de abstração com a linguagem físico matemática é extremamente difícil, recusando-se a especulações complexas de entidades.

Vamos mais longe em afirmar que o ensino tradicional de ciência, com toda a sua reprodução, memorização e automatização e supervalorização de fatos à priori, é um reforço a especulação animista dos estudantes, esvaziados de objetividade e preenchidos de subjetividade, em um cenário que nos parece pré-científico, mesmo com todo o avanço científico contemporâneo, no ensino tradicional de ciência remetemo-nos ainda a aspectos escolásticos, com livros didáticos que apostam na conservação de conteúdos justapostos, que ano após ano são repetidos por professores que assim aprenderam e que assim ensinam. Com exaustivas lições e experimentações repetidas em tom panfletário, apostando que é na repetição exaustiva que se encontra a verdadeira aprendizagem.

Iniciamos, portanto, com a sequência didática, em particular na manipulação da conservação da quantidade de movimento e condições de um sistema isolado, um processo de aproximação com os aparelhos experimentais em questões de

manuseio, com a intenção de contornar obstáculos associados a imagens equivocadas do laboratório. E apesar da manipulação da mesma entidade conservação da quantidade de movimento, procuramos variar o contexto e o aparelho experimental, combatendo também a inércia acadêmica do *homo Faber*, que em ações aprendidas e de repetição afastam-se da abstração e passam a sonhar.

Entretanto diante da observação do laboro dos estudantes nos aparelhos, sobrando empirismo pela postura afoita e faltando pensar o experimento, percebemos nessa fase do nosso espiral auto reflexivo, o quanto é difícil exorcizar as primeiras imagens que os estudantes representam o laboratório como mágico, este devir talvez constitua um dos mais fortes obstáculos epistemológicos para a cultura de laboratório.

### 5.3.3 Atividade IV

Percebemos durante toda a sequência didática o quanto é importante o retorno ao quadro, para o exercício da abstração e a busca do equilíbrio entre a manipulação experimental e o pensar o experimento. Sentimos esta necessidade ao perceber o quanto os estudantes nas primeiras atividades comportaram-se como as “formigas” de Bacon, muito atarefadas e ocupadas em inúmeras ações, pulando de um aparato para outro sem muita reflexão. Entretanto ao recuperar os eventos das atividades anteriores e através do jogo bilateral, realizamos um chamamento para a importância do pensar o experimento, ou seja, um pouco mais do perfil “aranha” que Bacon também utilizou como aparelho metafórico.

Os estudantes provocados a racionalização, responderam na sequência das atividades uma busca do equilíbrio entre o empirismo e o racionalismo e, ficamos contentes em olhar para uma turma de “abelhas”, ainda utilizando as analogias que Bacon ilustrou muito bem. Claro que contribuímos com uma maior exigência em termos da necessidade da utilização da articulação por parte dos estudantes, da linguagem físico matemática, nos contextos que constavam dos roteiros elaborados com esta intenção de exercício da abstração.

Experimentos diversificados e a exigência da montagem experimental, contribuíram com o pensar contra o senso comum e as primeiras imagens do experimentar em laboratório, os estudantes já não sonhavam em manufaturar

mágicas, mas sim manipular as entidades da física em manufaturas experimentais, sejam elas mais artesanais ou tecnológicas. E a combinação da articulação das entidades com outras entidades, através da linguagem matemática e com a manipulação nos aparelhos experimentais, aumentam o realismo científico dessas entidades no sistema de crenças dos estudantes. Que criam fenômenos, manipulam entidades que lhe interessam que corroboram com os fenômenos criados e buscam soluções para solucionar problemas de execução do experimento, percebemos surgir habilidades do perfil do experimentador de uma cultura de laboratório.

#### 5.3.4 Atividade V

Foi sempre nossa intenção a desmistificação das imagens pictóricas dos estudantes em relação ao laboratório, a tomada da utilização do carrinho de Fletcher como projeto pelos estudantes, contribuiu no sentido que os estudantes puderam aumentar a objetividade na medida que puderam instrumentalizar-se com o aparelho, pois já possuíam uma boa representação do contexto do fenômeno criado e o modelo que estabeleceram através da geometrização, que a parte artesanal de manipulação da lei fundamental dos movimentos permitiu. Associado a parceria que se estabeleceu durante o projeto do carrinho, os estudantes através do jogo bilateral especializaram-se no manuseio do aparelho, contornando o obstáculo epistemológico das intuições primeiras a respeito do laboratório.

No projeto, particularidades de manuseio e novos problemas de execução, enriqueceram características do gênero de raciocínio de laboratório, tais como: contexto de problematização; pensar o experimento em decidir o que observar e o que medir para construção de tabelas; resolver problemas de execução; articulação através do cálculo, tabelas e gráficos; da parceria e jogo bilateral entre os participantes com o exercício da razão. Alicerçaram uma especulação complexa das entidades manipuladas e enriqueceram o perfil dos experimentadores, na medida que aumentou o realismo das representações das entidades pelos estudantes.

Representações que evoluíram a forma provisória como compreendiam por intuições primeiras o conceito de força e, que depois de toda a especulação complexa passaram a representar como sendo a razão  $\Delta Q/\Delta t$ . E outras geometrizações associadas com relações de proporcionalidade entre massa e

velocidade e, entre força e tempo de interação. Representações adequadas que instrumentalizaram os estudantes quando passaram a propor soluções para as situações problema. Não mais utilizando ferramentas de senso comum animistas repletas de obstáculos epistemológicos, mas sim ferramentas objetivas adquiridas na cultura de laboratório e, que contabilizamos para uma parcela expressiva da turma no final da sequência de atividades que propomos.

Por exemplo, termos que utilizavam como “amortecimento”, quando argumentavam para explicar a deformação dos carros na proteção dos passageiros em uma colisão, passaram a incrementar o argumento com a relação de proporção inversa entre “F” e “ $\Delta t$ ”, expressando que com o material mais elástico, o tempo de interação aumenta diminuindo a força. Portanto apresentaram um formalismo desejado como solucionadores de problemas, característico de um realismo científico de um estilo de investigação racional do experimentador na cultura de laboratório.

Ainda nessa cultura de laboratório entenderam que para aprofundar as investigações de um contexto, muitas vezes o experimentador realiza a troca de um aparelho para outro, de artesanal para tecnológico para aumentar a objetividade instrumentalizando-se. Entretanto a parte artesanal contribui na forma como representam o contexto do problema, a criação do fenômeno e o modelo escolhido. Que permitirá no pensar o experimento no aparato tecnológico, auxiliando nas decisões do que observar, o que medir e articular através das ferramentas do cálculo.

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.

Outro ponto importante é o jogo bilateral no exercício da razão, em que o participante “andaime” enriquecem a racionalização para si e para os outros, pois somente verbaliza aquele que já possui alguma representação. E somente o espaço cultural do laboratório permite o estreitamento da parceria e o jogo bilateral de um diálogo de representações abstratas, não estão jogando conversa fora e sim dialogando sobre entidades da ciência.

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 se esgotou na manipulação da lei fundamental dos movimentos no programa Tracker, pelo contrário mostrou-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.

## 5.4 CONCLUSÕES FINAIS

Em relação a elaboração dos roteiros que acompanham a experimentação por professores, ou por aqueles que trabalham em empresas que constroem aparatos experimentais, quando elaboram os passos para que os estudantes sigam, possuem um realismo ingênuo em relação ao ensino, produzem segundo um senso comum alicerçado em intuições primeiras e empirismo imediato em relação ao ensino que refletem nas suas produções, preenchidos ainda de uma erudição de alma professoral que ignora como os estudantes aprendem, pois é ignorado o senso comum dos estudantes, como se esse fosse de fácil anulação, sabemos que não é!

Sendo mais contundente, afirmamos que a produção naqueles roteiros de reprodução é permeada de um pensamento pedagógico pré-científico em termos de ignorância e negligência dos obstáculos epistemológicos que os estudantes de ciência possuem. Elaborados segundo uma racionalidade de quem possui um perfil epistemológico mais completo e menos provisório a respeito de alguma entidade da física que será abordada no experimento orientado pelo roteiro, que certamente não alcançará os objetivos almejados, pois os estudantes possuem um perfil epistemológico menos completo e mais provisório, comparando com aquele que idealizou o roteiro.

Da investigação da demanda histórica encontramos fortes indícios, de que pelo menos para a delimitação do nosso problema de pesquisa, que a elaboração dos roteiros de instrução para experimentação a respeito da segunda lei de Newton, os professores apresentam indícios de obstáculos epistemológicos a respeito daquela entidade que procuram instruir a aprendizagem. Obstáculo reforçado pela alma professoral da juventude, dos tempos da sua graduação, cujos conteúdos apreendidos são valorizados à priori e desta forma são expostos para os estudantes da escola básica, como verdades e pronto! Não convidando desta forma os estudantes para o diálogo e o exercício da razão, pelo contrário a alma professoral no obstáculo do conteúdo supervalorizado acaba equivocando-se em acreditar que os estudantes aprenderão aqueles conteúdos por longas e repetidas explanações, em tom panfletário repetidos a exaustão.

Cabe o questionamento de quando sistemas de ensino começarão a ensinar ciência de fato, de forma especulativa complexa, em vez de ensinar uma ciência com fatos valorizados à priori, justapostos e repetidos pela alma professoral? Estes

não sejamos ingênuos, aprendemos que somente servem para acalmar a alma do espírito animista pré-científico, que quando é apresentado o fato valorizado estanca a razão. Que repetidos em lições exaustivas e repetidos na erudição dos professores e, ingenuamente pelo animismo educacional dos mestres que acreditam que os estudantes aprenderam ciência, ao serem cobrados em avaliações que não passam de verificações de quem tem boa memória e, que não fogem muito daquilo que foi proposto e cobrado nas longas listas de exercícios modelos e exemplares, mas que depois de algumas semanas já foram deletados das mentes dos estudantes.

Necessitamos de um novo pensamento pedagógico dos professores, para que letramento científico promova um ensino de ciência de fato que provoque a razão, onde os estudantes manipulem os fatos com ferramentas do cálculo, da utilização da linguagem físico matemática para que se tornem manipuladores dos tipos teóricos e observáveis experimentais da física em um nível de especulação complexa das mais diversas problematizações, somente assim os perfis epistemológicos se tornarão mais avançados e somente assim teremos indivíduos letrados cientificamente e, não mais como analfabetos funcionais do mundo da ciência e das suas tecnologias.

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 esse ensaio no trabalho, com a intenção de corroborar com o que defendemos para o ensino de física, com uma cultura de laboratório permeado por um gênero de raciocínio entrelaçado com a experimentação e, que conforme mostramos pode ser trabalhado para faixa etária do EFII.

Para o segundo fomos além de um simples relato de prática bem-sucedida e, apresentamos toda uma sequência didática racional e empírica para manipular a lei fundamental dos movimentos, sequência como alternativa aquele roteiro que

pesquisamos na demanda histórica e que criticamos o seu sentido instrucional: de reprodução, automatização e com uma característica ingênua de indutivismo. Para a sequência didática apostamos no entrelaçamento da teoria e 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.

Encontramos indícios nos dados analisados que houve uma reorientação dos indicadores de especulação dos estudantes investigados, claro que não podemos traçar aqui perfis epistemológicos dos estudantes, pois estes são pessoais, entretanto na forma como os estudantes evoluíram como representam as entidades relacionadas com a lei fundamental dos movimentos, que de especulação ingênua com intuições animistas: de explicações superficiais, generalizadas e permeadas de mitos que reforçam os obstáculos epistemológicos.

Passaram a representar na medida que as atividades foram sendo trabalhadas aspectos de especulação complexa no manuseio da articulação do cálculo e da manipulação dos aparelhos artesanais e tecnológicos. Portanto apesar de não representar os perfis epistemológicos, somos categóricos em afirmar que eles se tornaram menos provisórios e um tanto mais completos. Apresentando assim indícios de um perfil de especulador, característico daquele observador alerta que somente quem está inserido na cultura de laboratório possui, com uma postura empreendedora, crítica, articuladora diante da ciência e das tecnologias.

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

Tratando ainda da sequência didática defendemos que é de fundamental importância não ignorar o senso comum dos estudantes, pois eles já possuem suas

representações de mundo e, o professor que ignora tais representações é ingênuo em acreditar que com sua erudição e de lições repetidas conseguirá exorcizar o peso da tradição do senso comum que os estudantes em seu realismo ingênuo e empirismo claro construíram nos anos que antecederam aquela aula de algum juízo da física. Mas como já dissemos o professor ingênuo que procede ignorando o conhecimento prévio dos estudantes, ensina por intuição animista e por senso comum pré-científico em termos de como os estudantes aprendem.

Por fim afirmamos com convicção que a automatização do ensino tradicional de ciência que constatamos em nossa pesquisa, está associado de certa forma aos métodos de ensino em uma concepção behaviorista, como por exemplo o método Keller, ao menos na forma como foi utilizado na experimentação no ensino de física. Que basicamente impõe um ritmo de instrução de manual, em que os estudantes são levados a seguir uma sequência de pedidos e a completar uma série de lacunas e chegam a uma resposta final esperada e assim ficam com um certo contentamento.

Porém tais métodos behavioristas, ignoram a cognição dos estudantes e são descontextualizados do mundo que forma o senso comum dos estudantes, assim os estudantes completam as sequências instrucionais dos manuais de experimentação e mesmo chegando a respostas satisfatórias ao professor, para os estudantes tirando alguma aprendizagem automatizada e uma certa habilidade motora no manuseio dos aparelhos experimentais, não acontece o aperfeiçoamento da linguagem físico matemática dos elementos articuladores que associam as diversas entidades da física que nos interessam no letramento científico.

Portanto essa forma exótica de método de ensino de repetição da lição, reprodução e memorização, escolhidos para o ensino de ciência em nosso país que ao nosso ver foram escolhidos com uma tentativa de transformar em método algumas características incorporadas de um certo positivismo ingênuo brasileiro, com características compreendidas e incorporadas de forma equivocada do Positivismo de Comte, foi desastroso na tentativa de formar estudantes com alguma especulação complexa. Ao contrário, deturparam algumas características do Positivismo que inclusive temos empatia, como a defesa da união entre a teoria e a prática e o combate a metafísica que não se aplica.

## **6 REFERÊNCIAS**

## REFERÊNCIAS

AAPT Celebrates PSSC's 50th Birthday. In: ComPADRE. PSSC 50 years later. Disponível em: <http://www.compadre.org/portal/pssc/pssc.cfm>. Acesso em: 18/08/2013.

F-m-a Lab Teacher's Guide. In: Physics Classroom. Newton's Second Law of Motion. Disponível em: <http://www.physicsclassroom.com/lab/newtlaws/NL4tg.pdf>. Acesso em: 18/08/2013.

ANDERSON, P. Considerações sobre o Marxismo Ocidental. 2 ed. Tradução de Marcelo Levy. São Paulo: Brasiliense, 1989.

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.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. Introdução à engenharia. Florianópolis: EDUFSC, 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.

BRASIL. MEC – SEMP. Parâmetros curriculares para o ensino médio ciências naturais (PCNEM). Brasília, 1999. Disponível em: <http://www.mec.gov.br> Acesso em: 13/08/2013.

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

BUKTA, H. P.\_\_\_\_\_. Segunda lei de Newton. In: Azeheb: catálogo Física Experimental/Cinemática. Curitiba: Azeheb, 2009.

CARR, W.; KEMMIS, S. Becoming Critical: Education, knowledge and action research. Brighton, UK: Falmer Press, 1986.

CEREZO, J. A. P. Ciencia, tecnología y sociedad. In: IBARRA, A.; OLIVÉ, L. Cuestiones éticas en ciencia, tecnología y sociedad en el siglo XXI. Madrid: OEI, 2003.

CHALMERS, A. F. O que é Ciências afinal? Tradução Raul Filker. Brasília: Editora Brasiliense, 1993.

COMTE, A. Inclui a vida e obra de Comte. São Paulo: Abril Cultural, 1978, São Paulo. (Os Pensadores).

EINSTEIN, A. Física e Realidade, Rev. Bras. Ens. Fis. 28, 9 (2006), trad. de S.R. Dahmen.

DEMO, P. Metodologia do Conhecimento Científico. São Paulo: Atlas, 2000.

DIAMOND J. Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso. Tradução Alexandre Raposo. 5 ed. Rio de Janeiro: Record, 2007.

DRIVER, R. The pupil as a scientist. Milton Keynes: Open University Press, 1983.

FLICK, U. Introdução à Pesquisa Qualitativa. Tradução Joice Elias Costa, 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

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

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2005.

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

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

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

HACKING, I. *Representar e Intervir*. Tradução Pedro Rocha de Oliveira. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2012.

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.

HOLSTI, O.R. *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Massachusetts: Addison-Wesley, 1969.

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.

LEWIN, K. “Action research and minority problems”. *Journal of Social Issues*, 2, 34 – 46.1946.

KANT, I. *Crítica da razão pura*. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989.

KEMMIS, S. *El curriculum: ma’s ala de la teoría de la reproducción*. Madrid: Morata, 1988.

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

MARX, K.; ENGELS, F. *A ideologia alemã*. Tradução de Sílvio Donizete Chagas. São Paulo: Centauro, 2002.

MILLAR. Towards a role for experiment in the Science teaching laboratory. In: *Studies in Science Education*, v. 14, p. 109-118, 1987.

MIQUELIN, A. F. Ensino-Investigativo de Física: Trabalhando numa Abordagem Sistêmica em Ambiente Multimídia-Telemático. 2003. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Maria, RS.

MIQUELIN, A. F. Contribuições dos meios tecnológicos comunicativos para o ensino de Física na escola básica. 2009. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Sc.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. In: apresentação feita na mesa redonda "Retrospectiva de Ensino e Pesquisa". Brasília: Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. Capítulo 1: Teorias behavioristas antigas, p. 19 - 33. 2. Edição ampliada. São Paulo: EPU, 2011.

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.

NEILL, A. *Liberdade sem Medo (Summerhill)*. Tradução Nair Lacerda. 9 ed. São Paulo: Ibrasa, 1970.

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>>.

PALACIOS, Eduardo Marino García et al. Ciencia, tecnología y sociedad: una aproximación conceptual. Madrid: Organización de Estados Ibero-americanos, 2001.

PHILLIPS, B. S. Pesquisa Social. Rio de Janeiro: Agir, 1974.

PINHO, J. A. F. Atividades experimentais: Do Método À Prática Construtivista. 2000. Tese (doutorado em educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, SC.

PISA 2001. Programa Internacional de Avaliação de Estudantes. Relatório Nacional. Brasília, dez. 2001.

PLATÃO. Diálogos – Fedro, vol. V, p. 6 – 99. Belém: Universidade Federal do Pará, 1975.

POSTMAN, N. Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia. Tradução Reinaldo Guarany. São Paulo: Nobel, 1994.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C.: Teaching as a subversive activity. New York: Dell Publishing Co, 1969. 219p.

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.

PSSC. Guia do Professor de Física– Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV, traduzido e adaptado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências e pelo Centro de Treinamento de Professores de Ciências de São Paulo(CECISP). São Paulo: Edart, 1963.

SKINNER, B. F., artigo escrito por FERRARI, M. na revista eletrônica nova escola, disponível em: <[Http://revistaescola.abril.com.br/historia/pratica-pedagogica/skinner-428143.shtml](http://revistaescola.abril.com.br/historia/pratica-pedagogica/skinner-428143.shtml)> Acesso em: 31/08/2013 às 09:33 h.

SKINNER, B. F., artigo escrito por FERRARI, M. na revista eletrônica Educar para Crescer, disponível em:<[Http://educarparacrescer.abril.com.br/aprendizagem/bf-skinner-307060.shtml](http://educarparacrescer.abril.com.br/aprendizagem/bf-skinner-307060.shtml)> Acesso em: 31/08/2013 às 11:24 h.

SNOW, C. P. As Duas Culturas E Uma Segunda Leitura. São Paulo: Edusp, 1995.

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

TORRES, J. C. de O. O Positivismo no Brasil. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1957.

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

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 2009.

VICENTE, J. K.: Homens e Máquinas: como a tecnologia pode revolucionar a vida cotidiana. Tradução Maria Inês Duque Estrada. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

VIENKEN, Pe. A. O Ensino da Física. São Paulo: Indústria - Comércio Bender LTDA, 1966.

VIENKEN, Pe. A. Conjuntos Bender: manual da Física Bender. São Paulo: Indústria - Comércio Bender LTDA, 1966.

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.