

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

SAMIRA CASSOTE GRANDI

**UMA PROPOSTA PARA A ABORDAGEM DAS LEIS DE NEWTON  
NO ENSINO MÉDIO: EM QUE O *PRINCIPIA* PODE AUXILIAR?**

MARINGÁ  
2013

SAMIRA CASSOTE GRANDI

**UMA PROPOSTA PARA A ABORDAGEM DAS LEIS DE NEWTON  
NO ENSINO MÉDIO: EM QUE O *PRINCIPIA* PODE AUXILIAR?**

Monografia apresentada ao  
Departamento de Física da  
Universidade Estadual de Maringá  
como requisito parcial para obtenção  
do título de Licenciada em Física.

Orientador: Prof. Dr. Luciano  
Carvalhais Gomes

MARINGÁ  
2013

SAMIRA CASSOTE GRANDI

**UMA PROPOSTA PARA A ABORDAGEM DAS LEIS DE NEWTON  
NO ENSINO MÉDIO: EM QUE O *PRINCIPIA* PODE AUXILIAR?**

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Física.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes (orientador)  
- Assinatura -

---

Prof. Me. Alice Sizuko Iramina (UEM)  
- Assinatura -

---

Prof. Me. Daniel Gardelli (UEM)  
- Assinatura -

Maringá, 31 de outubro de 2013

## EPÍGRAFE

*“O principal objetivo da educação é criar homens que sejam capazes de fazer novas coisas e não de simplesmente repetir o que outras gerações fizeram, homens que sejam criativos, inventores e descobridores; o segundo objetivo da educação é formar mentes que possam ser críticas, que possam analisar e não aceitar tudo que lhes é oferecido.”*

Jean Piaget (1996)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por dar-me condições para a realização do mesmo.  
Aos meus pais Sebastião e Vera, pelo apoio e por permanecerem sempre presentes em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Grata a Deus pelo dom da vida, e pelas oportunidades proporcionadas que me fizeram chegar até aqui. Ainda pelo dom do entendimento, responsável pela realização desse trabalho.

Aos meus pais Sebastião e Vera, por cada momento juntos. Obrigada pela compreensão, incentivo e conselho, sem falar nas orações, preocupações, e amor incondicional.

Ao meu irmão Severaldo, pelas conversas, conselhos e brincadeiras, as quais sempre me distraíam quando eu mais precisava.

Aos meus tios Sérgio e Anita e minha avó Maria, pela compreensão nos momentos ausentes, pelos gestos de amor, força e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos da Física, Tamiris, e Bianca, obrigada pela amizade, carinho, conversas, risos e horas de estudos durante todos esses anos que foram inesquecíveis e me fizeram me sentir em casa durante esse tempo longe de casa.

Aos meus amigos do grupo de oração Bruna, André Paixão, Andressa, André Marino, Érica, Carol, pelas palavras de força, fé, amizade e por ter me acolhido tão bem.

Aos amigos do projeto PIBID, Glécilla, Ana Carolina, Diego, Alisson, pela amizade, troca de conhecimentos e risos.

Aos amigos de São José do Ivaí, Janaina, Érica, Claudiê, Diego, Érica, Amarildo, Poliana, pela amizade, compreensão, risos, viagens de ida e volta à Maringá, conselhos e pelo apoio.

Ao meu orientador e sub-coordenador do projeto PIBID, Luciano Carvalhais Gomes, pela atenção, paciência e disposição de seu tempo para me ouvir e orientar, como também pelos ensinamentos e por sempre acreditar em mim.

À professora Alice Sizuko Iramina pela amizade, compreensão, atenção, pelos conselhos e por sempre acreditar no meu potencial.

E a todos os meus familiares e amigos que de uma forma ou de outra estiveram presentes em algum momento de minha vida, dando-me força, conselho e em suas orações.

## RESUMO

A educação hoje no Brasil vive uma época de grandes desafios e inovações. Desafios que propõem uma nova metodologia em oposição ao método tradicional de ensino ao qual o construtivismo está inserido. As diversas disciplinas das áreas da ciência como Física, Química e Biologia sofrem com o acúmulo de informações, transmitidas aos alunos por meio dos livros didáticos, com imensas listas de exercícios, equações, e um resumo da história, tidos estes como verdades absolutas, impedindo-os de exporem suas pré-concepções. Neste sentido, os Parâmetros Curriculares Nacionais estabelecem como alternativa a utilização da História da Ciência, para aproximar os alunos da ciência, despertando o interesse e a curiosidade. Assim, no presente trabalho, analisaremos como as Leis de Newton são ensinadas no Ensino Médio, a partir das aulas que observamos no projeto PIBID - Física, e como os autores dos livros didáticos de Física do Ensino Médio abordam esses conceitos. Além disso, iremos comparar o modo com que os livros didáticos e alguns professores de Física do Ensino Médio abordam esses conteúdos com o modo que Newton apresentou no *Principia*. A partir dessas reflexões, utilizando-se da discussão newtoniana do *Principia*, apresentaremos algumas sugestões de atividades didático-pedagógicas para tornar mais eficaz o ensino desse conteúdo.

**Palavras-chave:** PIBID – Física; Livros didáticos; *Principia*; Ensino de Física; História da Ciência; Leis de Newton.

## LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SÍMBOLOS

CBA	Certificating Business Administration (Administração de Empresas Certificadoras).
CNE	Conselho Nacional de Educação
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FAI	Física Auto-Intuitiva
FUNDEF	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério
GETF	Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
INAF	Indicador de Alfabetismo Funcional
LD	Livro Didático
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
PBEF	Projeto Brasileiro de Ensino de Física
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PEF	Projeto de Ensino de Física
PISA	Programme for International Student Assessment (Programa para Avaliação Internacional do Estudante)
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PSSC	Physical Science Study Committee (Comissão de Estudos de Ciências Física)
PREMEN	Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências
PROUNI	Programa Universidade para Todos
SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SAEB	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica
USAID	United States Agency for International Development (Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional)

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Equante, epiciclos e excêntricos adotados pela astronomia grega.....	58
<b>FIGURA 2:</b> Um grave sobre o plano horizontal.....	69
<b>FIGURA 3:</b> Representação do choque entre dois corpos não-elásticos.....	82
<b>FIGURA 4:</b> Choque direto usando pêndulos.....	83
<b>FIGURA 5:</b> Regra do paralelogramo.....	99
<b>FIGURA 6:</b> Decomposição de forças.....	100
<b>FIGURA 7:</b> Experimento do pêndulo.....	103
<b>FIGURA 8:</b> A Terra é representada por FI, sendo cortada por EG e HK.....	104
<b>FIGURA 9:</b> A força $\vec{F}$ imprime ao corpo um movimento acelerado.....	117
<b>FIGURA 10:</b> Força proporcional à aceleração.....	118
<b>FIGURA 11:</b> $F \times a$ representa a massa do corpo.....	119

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL.....</b>	<b>14</b>
2.1	HISTÓRICO.....	14
2.1.1	METODOLOGIAS PEDAGÓGICAS.....	18
2.2	REFORMAS CURRICULARES PARA O ENSINO DE FÍSICA (DCNEM E PCNEM).....	23
2.3	POR QUE CONHECER A HISTÓRIA DA CIÊNCIA?.....	33
<b>3</b>	<b>MATERIAIS DIDÁTICOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM .....</b>	<b>39</b>
3.1	O LIVRO DIDÁTICO EM FOCO .....	39
3.2	LIVRO DIDÁTICO x APRENDIZAGEM.....	42
<b>4</b>	<b>PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA-PIBID .....</b>	<b>47</b>
4.1	DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA.....	47
4.2	ANÁLISE DOS DIÁRIOS E VISÃO DO PIBID .....	48
<b>5</b>	<b>DE ARISTÓTELES A NEWTON: O CONCEITO DE FORÇA E MOVIMENTO.....</b>	<b>52</b>
5.1	ARISTÓTELES E AS PRIMEIRAS IDEIAS.....	52
5.2	PTOLOMEU E COPÉRNICO .....	57
5.3	DEFENSORES DE COPÉRNICO .....	62
5.4	CONTRIBUIÇÕES DE GALILEU.....	65
5.5	KEPLER.....	70
5.6	DESCARTES .....	75
5.7	WALLIS, WREN, HUYGENS, MARIOTTE E O CHOQUE MECÂNICO ..	81
<b>6</b>	<b>ANÁLISE DO <i>PRINCIPIA</i>- LEIS DE NEWTON .....</b>	<b>85</b>
6.1	PRINCÍPIOS MATEMÁTICOS DE FILOSOFIA NATURAL DE ISAAC NEWTON.....	85
6.1.1	PRINCÍPIOS MATEMÁTICOS DE FILOSOFIA NATURAL .....	86

6.1.2	LEIS DO MOVIMENTO – <i>PRINCIPIA</i> .....	97
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DO LIVRO DIDÁTICO</b> .....	<b>106</b>
7.1	ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS MEDIANTE CATEGORIAS .....	109
<b>8</b>	<b>NOVAS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS</b> .....	<b>124</b>
8.1	PROPOSTAS .....	124
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>128</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>131</b>

## 1 INTRODUÇÃO

É comum e normal ouvirmos em noticiários, jornais e revistas sobre o histórico atual da educação no Brasil e no mundo, sendo este alvo de vários debates e discussões, seja no combate ao analfabetismo, ou a promover a alfabetização científica da população. Segundo Aristóteles (384 - 322 a.C), “Todo homem, por natureza, deseja saber”, e é de acordo com essas palavras que se baseia toda a construção da educação. Dessa forma, vemos que o Ensino e a Aprendizagem são vertentes que se entrelaçam e o objetivo da educação é uni-las de forma que sejam fatores de cunho especial para uma proposta de ensino de qualidade para o país (CARVALHO, 2009). Ainda nesta visão, Lacanallo et al (2007, p.157) comenta que:

[...] O sistema de ensino, diante dos dados revelados por pesquisas nacionais (SAEB, ENEM, INAF) e internacionais (PISA), vem sendo criticado em razão do baixo nível de qualidade apresentado. Afinal, o que está acontecendo com o processo de ensino? E, com o processo de aprendizagem? Será que os problemas educativos podem ser explicados pelos métodos de ensino?

De acordo com algumas pesquisas, vemos que a grande defasagem no ensino-aprendizagem se dá pela falta de interesse, ou, mais precisamente, pela repulsão que as matérias científicas provocam pela maneira como são ensinadas. Em cima dessas duas vertentes, Carvalho propõe,

[...] ensinar Ciências a partir do ensino sobre Ciências. O conteúdo curricular ganha novas dimensões ao antigo entendimento do conceito de conteúdo. Passa a incluir, além da dimensão conceitual, as dimensões procedimentais e atitudinais, esta representada pela discussão dos valores do próprio conteúdo (CARVALHO, 2009, p.3).

Fazendo uma análise sobre como vem sendo dirigido o ensino de Ciências nas escolas, vemos que o professor sempre utilizou como recurso para a montagem e aplicação de suas aulas o livro didático. Gayan e García (1997 apud NÚÑEZ et al, 2003, p.2), descreve que:

As diversas pesquisas sobre o livro didático no ensino fundamental no Brasil, como em outros países, têm mostrado como o livro passou a

ser o principal controlador do currículo. Os professores (as) utilizam o livro como o instrumento principal que orienta o conteúdo a ser administrado, a sequência desses conteúdos, as atividades de aprendizagem e avaliação para o ensino das Ciências. O uso do livro didático pelo (a) professor (a) como material didático, ao lado do currículo, dos programas e outros materiais, instituem-se historicamente como um dos instrumentos para o ensino e aprendizagem.

Logo, vemos que “[...] os livros didáticos apresentam uma ciência descontextualizada, separada da sociedade e da vida cotidiana, e concebem o método científico como um conjunto de regras fixas para encontrar a verdade. [...]” (SIGANSKI, 2008, p.4). Desse modo, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais, (2000 apud SPIASSI, 2008, p.47):

[...] é preciso que os professores estejam atentos à qualidade, à coerência e a eventuais restrições que apresentem em relação aos objetivos educacionais propostos. Além disso, é importante considerar que o LD não deve ser o único material a ser utilizado, pois a variedade de fontes de informação é que contribuirá para o aluno ter uma visão ampla do conhecimento.

Novas práticas, além de proporcionar o acesso a recursos educativos e tecnológicos mais avançados, contribuirão ainda para o desenvolvimento intelectual do aluno. Em consequência da defasagem do ensino-aprendizagem, seja por meios pedagógicos, ou estruturais, Neubauer et al (2011, p.13) ressalta que:

Visando à promoção de uma “escola jovem” e inclusiva, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para o ensino médio – elaboradas no Parecer CEB/CNE nº 15/98 e instituídas com força de lei pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) por meio da Resolução nº 3/98 – fazem a crítica da transmissão de conteúdos enciclopédicos e dos métodos tradicionais de ensino, buscando colocar o aluno no centro do processo de aprendizagem. Para tanto, propõem como princípios norteadores do currículo o desenvolvimento de competências básicas, a interdisciplinaridade e a contextualização dos conteúdos, que têm em comum o protagonismo dos alunos e da comunidade.

Para isso Carvalho (2009, p. 1-2) afirma que:

Não podemos mais continuar ingênuos sobre como se ensina, pensando que basta conhecer um pouco o conteúdo e ter jogo de cintura para mantermos os alunos nos olhando e supondo que enquanto prestam atenção eles estejam aprendendo. Temos, sim, de

incorporar a imensa quantidade de pesquisas feitas a partir dos anos 50 sobre a aprendizagem em geral e especificamente sobre a aprendizagem dos conceitos científicos, incluindo, com destaque, as discussões de como os trabalhos em história e filosofia das ciências podem contribuir para uma melhor compreensão dos próprios conteúdos das Ciências, funcionando como auxiliar em seu ensino e sua aprendizagem.

Desse modo, devem ser pensados novos critérios ao elaborar um plano de ensino, organizando temáticas e práticas que tenham por finalidade envolver o aluno e o contexto em que tal se encontra. Nesse novo contexto, a atuação dos educadores deverá também ser repensada, como afirma Bocca (1999 apud SPIASSI, 2008, p.48), “[...] a função do educador passa a ser o de construtor de uma ponte, uma ligação entre o cotidiano, o passado e possíveis perspectivas para o futuro, e o ensino, transformando-o não somente como ser transmissor de informações”.

Assim, mediante este novo impasse, o presente trabalho tem como objetivo principal comparar criticamente o modo como as Leis de Newton são apresentadas no *Principia* com a maneira com que elas são explicadas pelos livros didáticos e pelos professores de Física do Ensino Médio, focando as aulas presenciadas no projeto PIBID-Física. A partir dessas reflexões, utilizando-se da discussão que Newton fez no *Principia*, apresentaremos algumas sugestões de atividades didático-pedagógicas para tornar mais eficaz o ensino desse conteúdo, visando desta forma contribuir para que os profissionais do ensino de Física compreendam por conta da história da ciência, como foram apresentadas as Leis do Movimento e ainda através desta torná-los mais aptos a entender os pensamentos dos alunos, como também ajudá-los a elaborarem atividades didático-pedagógicas diferenciadas diante desta nova perspectiva de ensino.

## 2 ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

### 2.1 HISTÓRICO

No Brasil, o Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica e integraliza a formação que todo brasileiro deve ter para enfrentar com melhores condições a vida adulta, em que as disciplinas devem ser voltadas para capacitá-los a resolver problemas de cunho científico, moral, crítico e social do ambiente que o cerca. No entanto nem sempre foi assim no Brasil. O ensino de Física, por exemplo, demorou um tempo para que chegasse à em posição que se encontra hoje.

O processo de desenvolvimento da educação no Brasil é iniciado pela vinda dos portugueses em 1500, ao qual trouxeram além de outra cultura, um padrão de educação própria da Europa, tendo como primeiros alunos os índios. Tem-se como primeiros professores o Padre Manoel da Nóbrega e dois outros jesuítas. Com a chegada deles, além de novos costumes, moral e religiosidade, trouxeram também métodos pedagógicos<sup>1</sup>. Porém, com a expulsão dos jesuítas, a educação virou um caos e só mudou com a chegada da família real ao Brasil por volta de 1808. Desse modo, o conhecimento científico visava atender aos anseios da corte para a formação de uma intelectualidade local e dessa forma, o ensino não era para todos, sendo destinado inicialmente para a formação de engenheiros e médicos (NARDI, 2004 e NASCIMENTO et al, 2012).

Por volta de 1837, foi criado, no Rio de Janeiro, o Colégio Pedro II. Esse serviu de padrão de ensino secundário e modelo para os demais colégios a serem criados nas províncias. O ensino de Física era transmitido de forma matematizada, quantitativa, ensinada por meio dos manuais franceses, com ênfase na transmissão e aquisição de conteúdos, relacionados aos problemas europeus, distantes da realidade brasileira (LORENZ, 1986 apud BRASIL, 2008).

---

<sup>1</sup> As escolas primárias correspondiam ao ensino religioso e catequização, já as escolas secundárias tinham como objetivo o ensino dos filhos dos colonos e demais membros da Colônia, ou seja, desenvolvimento do sistema educacional (alfabetização e letramento).

No período do Império, a disciplina de Física era vista no quinto ano do Ensino Secundário, em que somente 20% das horas de estudo eram distribuídas para a área de Matemática e Ciências. Já na República, o direito à educação aparece pela primeira vez na constituição de 1934, estabelecendo um aumento gradativo na carga horária para 27,3% na área de ciências e matemática e após a revolução de 1930 um novo aumento para 33,3% da carga horária. Desse modo percebe-se que foi ocorrendo um reconhecimento acerca da importância dessa área no currículo do ensino secundário (PILETTI, 1989 apud BEZERRA et al, 2009).

Como descreve Nardi (2005), em seu artigo intitulado “Memórias da Educação em Ciências no Brasil: A pesquisa em ensino de Física uma retrospectiva sobre a pesquisa em ensino de Física no Brasil”, revela que as primeiras manifestações de grupos de pesquisa em Física, como também a necessidade da normalização do Ensino Primário, o ensino normal e o ensino agrícola, e ainda a criação de cursos como o SENAC (Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial) e o surgimento do IBECC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura), cuja importância era a construção de material para laboratório, livros didáticos e paradidáticos, e ainda a implantação de vários projetos no ensino de Ciências no país, teve como marco o fim dos anos 40 e início dos anos 50 (NARDI, 2005).

Com o passar dos anos as atenções ao ensino de Ciências foi ganhando também atenção no Brasil, e por volta de 1950 a 1980, começaremos a seguir materiais didáticos voltados ao ensino secundário. Antes desse período, os livros didáticos no Brasil “[...] refletiam o que havia de melhor no pensamento europeu sobre o ensino de ciências” e “[...] não só estabeleciam os conteúdos a serem ensinados como também influíam na metodologia empregada pelos professores na sala de aula [...]” (NARDI, 2005, p.67).

Mais a frente, devido ao lançamento do *Sputnik* pelos russos em 1957, é que há uma renovação geral no ensino de ciências no mundo, que devido a esse sucesso técnico-científico, trouxe sérios questionamentos sobre o ensino científico desenvolvido nas escolas de língua inglesa (EUA e Inglaterra), o que desencadeou uma produção de material didático mais moderno nas áreas de Química, Física e Biologia (NARDI, 2005).

A partir de 1959, surgiram grandes projetos para a melhoria do ensino de Ciências. Com o financiamento da Fundação Ford e a garantia da USAID foram introduzidos no Brasil alguns textos como CBA e PSSC (Physical Science Study Committee), aos quais foram traduzidos por professores universitários e secundários a fim de garantir a fidelidade dos textos, e ao mesmo tempo, adaptar informações apropriadas tornando os livros úteis para as escolas brasileiras (BARRA; LORENZ, 1984 apud NARDI, 2005).

Em decorrência desse fator, com a implantação da Lei de Diretrizes e Bases de 1961, permitiu que os conteúdos nas escolas fossem trabalhados de maneira mais livre, permitindo a escolha dos conteúdos de ensino (KRASILCHIK, 1980 apud NARDI, 2005). A partir de então, o livro didático passou a ser visto como um meio de renovação e transformação, capaz de modificar comportamentos, sendo úteis para as escolas brasileiras. O que dessa maneira possibilitou a adaptação dos materiais traduzidos de outros países, investindo também na compra de kits experimentais para o ensino (NARDI, 2005).

Com o passar do tempo, devido à dificuldade de adaptação dos projetos americanos, no caso da Física, houve um grande interesse interno por parte dos pesquisadores levando-os a desenvolverem projetos nacionais, modificando de certa forma a estrutura do ensino de ciências, tornando-a mais adequada à realidade das escolas brasileiras. Dentre os projetos temos o PEF (Projeto de Ensino de Física), o Física Auto-Instrutiva (FAI), o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF) e o Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física (GETF) em 1964, com o projeto Piloto de Ensino de Física durante o golpe militar, entre outros (NARDI, 2005).

Após 1964, houve intensa busca dos militares pela modernização, ao qual além de valorizar o ensino buscava-se mão de obra qualificada. Dessa forma o Segundo Grau devia preparar aluno para o trabalho (ROSA; ROSA, 2005).

Um projeto importante que fez se desenvolver o movimento curricular foi o PREMEN (Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências), ao qual criou o curso profissionalizante.

Os primeiros grupos de pesquisa de ensino de física só começaram a aparecer no final da década de 60 e início da década de 70. Sobre a origem desses grupos de pesquisa, Moreira (1977), afirma que:

De fato, assim aconteceu: a partir de (1967) e até o fim dos anos sessenta, foram contratados vários professores com a finalidade, mais ou menos explícita, de lecionarem Física Geral. Esses professores, no entanto, não se limitaram somente a dar aulas, pois partiram para a busca de soluções para o grande problema que era o ensino de Física Geral. Essa busca, a princípio à base de tentativa e erro, foi aos poucos assumindo o caráter de pesquisa em ensino de Física e contribuiu, pelo menos em parte, para a formação do grupo de ensino (MOREIRA, 1977 apud NARDI, 2005, p.72).

Desse modo, as pesquisas passaram a se desenvolver mediante a comparação de métodos já utilizados, e com o passar do tempo a adotar metodologias e modelos de aprendizagem baseados em aprendizagem de conceitos, dando atenção à importância do ensino com a utilização do laboratório como método facilitador da aprendizagem, e ao ensino de Física nas escolas como também a formação de professores na área de Física (NARDI, 2005).

Além do desenvolvimento de projetos, desenvolveram-se também trabalhos de docentes ligados ao programa de pós-graduação, como por exemplo: História e Epistemologia da Física (A. I. Hamburger); produção de materiais experimentais de baixo custo e fácil utilização (N.C.Ferreira) entre outros (NARDI, 2005).

Para os paranaenses, em 1993, foi proposta uma reestruturação do ensino, inclusive de Física, que buscava proporcionar ao aluno uma educação voltada à compreensão crítica da sociedade para enfrentar as mudanças e atuar sobre elas, sendo condição improvável sem a aquisição do conhecimento científico, como também a relação ciência-tecnologia, que evitaria o entendimento da ciência como verdade absoluta (BRASIL, 2008).

Porém, vemos que o processo de desenvolvimento do ensino além de se desenvolver como disciplina, é marcado pelo surgimento de metodologias pedagógicas, que teve papel principal na maneira de ensinar de cada época. Juntamente com elas se desencadeou algumas reformas educacionais para a Educação Básica, entre elas o surgimento e concretização da LDB em 1996, e posteriormente as Diretrizes

Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's).

### 2.1.1 METODOLOGIAS PEDAGÓGICAS

Em virtude do crescimento da sociedade e com ela a necessidade de trocas de informações, conhecimentos e ainda devido a grande influência da qualificação da mão de obra, surgiram no ambiente educacional mudanças referentes as condutas e métodos para a educação, influenciando o modo de pensar, o modo de agir e os interesses das classes sociais (LIBÂNEO, 1994). Segundo Libâneo (1994, p. 54):

[...] A educação escolar é uma tarefa eminentemente social, pois a sociedade necessita prover as gerações mais novas daqueles conhecimentos e habilidades que vão sendo acumulados pela experiência social da humanidade. [...] não é suficiente dizer que os alunos precisam dominar os conhecimentos; é necessário dizer como fazê-lo, isto é, investigar objetivos e métodos seguros e eficazes para a assimilação dos conhecimentos.

Deste modo, “[...] as tendências pedagógicas<sup>2</sup> influenciaram as práticas pedagógicas e buscaram atender às expectativas da sociedade, seja das classes dominantes ou dos trabalhadores” (QUEIROZ; MOITA, 2007, p.2).

Segundo Libâneo (1994), as tendências pedagógicas podem ser classificadas em dois grupos: as de cunho liberal<sup>3</sup> sendo: Pedagogia Tradicional, Pedagogia Renovada e tecnicismo educacional; e as de cunho progressista, sendo: Pedagogia Libertadora e a Pedagogia Crítico social dos conteúdos.

A Pedagogia Tradicional se encontra no Brasil desde os jesuítas, cujo objetivo da escola estava em preparar os alunos para assumir papéis na sociedade, já que eram advindos da classe burguesa. A escola tinha como papel principal o repasse do conhecimento moral

---

<sup>2</sup> As diversas teorias filosóficas que pretenderam dar conta da compreensão e da orientação da prática educacional em diversos momentos e circunstâncias da história humana (LUCKESI, 1990 apud QUEIROZ e MOITA, 2007, p.2).

<sup>3</sup> Para os Liberais, “o homem é produto do meio”; ele e sua consciência se formam em suas relações acidentais, que podem e devem ser controladas pela educação, a qual deve trabalhar para a manutenção da ordem vigente, atuando diretamente com o sistema produtivo. (LIBÂNEO, 1989 apud QUEIROZ e MOITA, 2007, p.3).

e intelectual, ao qual garantia a ascensão dos burgueses, como também a manutenção do modelo social e político. Assim sendo, a atividade do ensino era centrada no professor, detentor do saber a ser transmitido (QUEIROZ; MOITA, 2007).

As aulas deveriam ser expositivas, podendo ser utilizadas ilustrações, apresentações de objetos, exemplos, porém, mantendo como meio principal a palavra, supondo que ouvindo e fazendo exercícios repetitivos os alunos gravam a matéria para depois reproduzi-la, seja por meio de interrogações ou provas. Para isso é importante o silêncio, e que este preste atenção, pois ouvindo facilita o registro da transmissão na memória, sendo deste modo considerados como papel em branco (LIBÂNEO, 1994).

A matéria de ensino é desvinculada da realidade, da vida e dos interesses dos alunos, tendo como forte presença os métodos intuitivos, utilizando da apresentação de dados sensíveis, de modo que os alunos precisem observá-los e formar imagens deles na mente. Para os professores a chave do ensino atualizado está em partir do concreto (mostrar objetos ilustrações, gravuras etc.), onde o material concreto é mostrado, manipulado, mas o aluno não mantém contato mental com ele, não o repensa, o reelabora com o seu pensamento, onde a aprendizagem continua automática, sem o desenvolvimento das capacidades intelectuais do aluno (LIBÂNEO, 1994).

O processo de avaliação tem caráter punitivo, acarretado na redução de notas devido ao comportamento do aluno em sala de aula (QUEIROZ; MOITA, 2007).

Esta pedagogia tem como principais precursores João Amós Comênio (1592-1670), ao qual mantinha o caráter transmissor do conteúdo, memorização e repetição mecânica dos ensinamentos; Jean Jacques Rousseau (1712-1778), que propôs uma nova concepção de ensino, visando preparar a criança para a vida futura levando em conta suas necessidades e interesses atuais, de forma a despertar antes de tudo o gosto pelo estudo; Henrique Pestalozzi (1746-1827), que atribuiu grande importância ao método intuitivo, conduzindo-os a desenvolver o senso de observação e análise dos objetos e fenômenos da natureza, como também a capacidade da linguagem; Johann Friedrich Herbart (1766-1841), sendo influenciado pelas ideias de todos os outros pedagogos diz que o professor é um arquiteto da mente, devendo aproximar o aluno das ideias das quais deseja que dominem suas mentes, onde o método de ensino requer a acumulação

de ideias na mente da criança. Ainda faz parte de sua pedagogia as aulas-expositivas, exercícios e lições de casa (LIBÂNEO, 1994).

A Pedagogia Renovada opõem-se à Pedagogia tradicional, trazendo a renovação escolar, destacando a valorização da criança, sendo esta, sujeito de sua própria aprendizagem e desenvolvimento. Também há preocupação com os estágios de desenvolvimento biológico e psicológico da criança, rejeição de modelos adultos e liberdade de expressão. Esta pedagogia também é bem conhecida como escola nova (LIBÂNEO, 1994).

“Do ponto de vista da Escola Nova, os conhecimentos já obtidos pela ciência e acumulados pela humanidade não precisariam ser transmitidos aos alunos, pois acreditava-se que, passando por esses métodos, eles seriam naturalmente encontrados e organizados” (FUSARI; FERRAZ, 1992 apud QUEIROZ; MOITA, 2007, p.6).

Essa tendência tende a retirar o professor e os conteúdos do centro do processo pedagógico colocando o aluno como fundamental, tendo sua curiosidade, criatividade, inventividade, estimulados pelo professor, ao qual deve ter o papel de facilitador do ensino. Uma escola que facilite a aprendizagem pela descoberta, focada no interesse do aluno, garantindo momentos para a experimentação e a construção do conhecimento (QUEIROZ; MOITA, 2007).

Dentro desta pedagogia, também se destaca a pedagogia Pragmática ou Progressivista representada por John Dewey (1859-1952). Esta pedagogia teve forte influência no Brasil com a liderança de Anísio Teixeira entre outros. Nesta visão, a escola não é uma preparação para a vida, mas a própria vida, sendo a educação o resultado das interações entre o indivíduo e o meio, cujo objetivo é prover condições e estímulos para que o desenvolvimento aconteça. Desse modo, a escola deve centrar-se em atividades que estimule potencialidades, capacidades, habilidades e interesses na criança (LIBÂNEO, 1994).

Tem-se ainda a pedagogia renovada não-diretiva, sendo inspirada em Carl Rogers, em que se destaca a igualdade e o sentimento de cultura como desenvolvimento de aptidões individuais. As culturalistas, a piagetiana e a montessoriana, todas estão relacionadas com os fundamentos da Escola Nova (QUEIROZ; MOITA, 2007).

Na pedagogia montessoriana, temos as teorias cognitivas, teorias fenomenológicas, e a interacionista baseadas na psicologia genética de Jean Piaget (LIBÂNEO, 1994).

Dessa forma, esta pedagogia valoriza os métodos e técnicas como o trabalho em grupo, atividades cooperativas, estudos individuais, pesquisas, projetos, experimentações etc., como também os métodos de reflexão e científico de descobrir conhecimentos. Portanto, diz-se que o professor não ensina e sim ajuda o aluno a aprender (LIBÂNEO, 1994).

A Tendência Liberal Tecnicista teve destaque no fim dos anos 60, momento em que mais uma vez, o país estava sobre a força do regime militar, dando destaque a uma educação orientada à economia, política e ideologia militar, cujo objetivo era atender aos interesses da sociedade capitalista, sendo inspirada na teoria behaviorista<sup>4</sup>(QUEIROZ; MOITA, 2007).

O ensino era tido de forma sistêmica, mantendo-se uma prática pedagógica controladora (tanto os alunos como professores), com atividades repetitivas, sem reflexão, programadas e ricas em detalhes. O tecnicismo defendia a eficiência e a produtividade, sendo que o objetivo da escola passa a ser o de produzir alunos sonhados para a sociedade capitalista e industrial, tendo como tarefa principal a obtenção de mão de obra qualificada (QUEIROZ; MOITA, 2007).

Nesta pedagogia, “[...] o professor é um administrador e executor do planejamento, o meio de previsão das ações a serem executadas e dos meios necessários para se atingir os objetivos” (LIBÂNEO, 1994, p. 68).

Por volta dos anos 80, as tendências de cunho progressista foram tomando espaço, denominadas teorias críticas da educação. Esta pedagogia explicava as razões do fracasso escolar e da marginalização (QUEIROZ; MOITA, 2007).

---

<sup>4</sup> Corrente comportamentalista organizada por Skinner que traz como verdade inquestionável a neutralidade científica e a transposição dos acontecimentos naturais à sociedade (QUEIROZ; MOITA, 2007, p.8).

Libâneo (1994 apud QUEIROZ; MOITA, 2007, p.12) divide a Pedagogia Progressista em três tendências, sendo elas: A Pedagogia Progressista Libertadora, A Pedagogia Progressista Libertária, A Pedagogia Progressista Crítico-Social dos Conteúdos.

A Pedagogia Progressista Libertadora surge no final dos anos 70 e início dos anos 80, buscando-se uma educação crítica, visando a superação das desigualdades. A atividade escolar deveria ser centrada em discussões de temas sociais, políticos e da realidade. Ao professor cabia agir como um coordenador, organizando as atividades e atuando conjuntamente com os alunos. Teve como um de seus defensores o educador pernambucano Paulo Freire, que lutava por uma escola que problematizasse a realidade e através dela trabalhasse por uma transformação social (QUEIROZ; MOITA, 2007).

A Pedagogia Progressista Libertária tinha como fim a realização de modificações institucionais. A partir dos níveis menores seria modificado o sistema, negando respeitar autoridade ou poder. A partir dos anos 80, cresce o interesse por escolas democráticas e solidárias (QUEIROZ; MOITA, 2007).

Essa tendência defende, apoia e estimula a participação em grupos e movimentos sociais: sindicatos, grupos de mães, comunitários, associações de moradores etc., para além dos muros escolares e, ao mesmo tempo, trazendo para dentro dela essa realidade pulsante da sociedade (QUEIROZ; MOITA, 2007).

A Pedagogia Crítico-Social é oposta à Pedagogia Libertadora. “Esta tendência prioriza, na sua concepção pedagógica, o domínio dos conteúdos científicos, a prática de métodos de estudo, a construção de habilidades e raciocínio científico, como modo de formar a consciência crítica para fazer frente à realidade social injusta e desigual” (QUEIROZ; MOITA, 2007, p.14).

Dessa forma, a Pedagogia Crítico-Social estabelece como meta do ensino:

Propiciar aos alunos o desenvolvimento de suas capacidades e habilidades intelectuais, mediante a transmissão e assimilação ativa dos conteúdos escolares articulando, no mesmo processo, a aquisição de noções sistematizadas e as qualidades individuais dos alunos que

lhes possibilitem a auto-atividade e a busca de independente e criativa das noções (LIBÂNEO, 1994, p. 70).

Também impõem ao ensino o papel de “[...] proporcionar aos alunos o domínio dos conteúdos científicos, métodos científico e habilidades e hábito do raciocínio científico” (LIBÂNEO, 1994, p. 70-71), formando assim a consciência crítica, contribuindo para o conjunto das lutas sociais a sua condição de agentes ativos perante a transformação da sociedade.

Todas estas tendências de certo modo contribuíram para a organização do ensino, caracterizando as atitudes dos professores frente cada uma delas, como também a maneira de planejar e com relação ao que se esperava do ensino de acordo com cada período. Dessa forma após o período do regime militar, se estabelece no Brasil uma nova constituição a fim de redemocratizar a educação de modo que esta garanta direitos e deveres aos brasileiros. Porém vemos que mesmo depois de tempos de mudanças, muitos profissionais ainda aderem metodologias que ao invés de solucionar os problemas fazem com se desenvolvam mais, se deparando com dificuldades e resistências por parte dos alunos, visto que estes já não são suficientes para manter a ordem e atrair ao mesmo tempo.

## **2.2 REFORMAS CURRICULARES PARA O ENSINO DE FÍSICA (DCNEM E PCNEM)**

Mediante a crescente preocupação com a educação no país, a Constituição de 1934 dedica pela primeira vez um espaço significativo à educação, “[...] cabendo à União, traçar as diretrizes da educação nacional (art.5º, XIX), fixar o plano nacional de educação compreensivo do ensino de todos os graus e ramos, comuns e especializados, organizar e manter os sistemas educativos dos territórios [...]” (BRASIL, 2007, p. 296).

Assim sendo, temos como fator principal que marca as décadas de 60 e 70 no Brasil, o fator econômico que se apresenta, definindo e transformando a educação. Devido ao forte período de desenvolvimento da industrialização na América Latina, chamado de revolução técnico-industrial, houve a prioridade de uma política educacional voltada ao Ensino Médio, buscando formar e especializar pessoas capazes de dominar as máquinas

e de dirigir processos de produção, o que levou “[...] o Brasil, na década de 70, a propor a profissionalização compulsória, estratégia que também visava a diminuir a pressão da demanda sobre o Ensino Superior” (BRASIL, 1999, p. 15).

Logo, tínhamos de um lado o ensino de caráter propedêutico, e do outro o ensino profissionalizante, ao qual proporcionou a criação do SENAC e SENAI (SANTOS; PRESTES; VALE; 2006).

Dessa forma, com “[...] o intuito de oferecer uma educação igualitária como direito de todos foi proposto [...] o Projeto de Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, que resultou, após longo processo de tramitação, na primeira Lei de Diretrizes e Bases, nº 4.024/61” (CERQUEIRA et al, 2009, p.1) .

Nos anos seguintes, devido ao golpe militar de 1964, a LDB/61 é modificada por ementas e artigos, sendo reformulada pela lei 5.540/68, chamada de lei da reforma universitária (CERQUEIRA et al, 2009).

Em 1971, surge a LDB 5.692/71, que estabelece como objetivo geral, tanto para o ensino fundamental (primeiro grau, com oito anos de escolaridade obrigatória) quanto para o ensino médio (segundo grau, não obrigatório), proporcionar aos educandos a formação necessária para o desenvolvimento de suas potencialidades, como elemento de autorrealização, preparação para o trabalho e para o exercício consciente da cidadania. Permitiu, pois a generalização de disposições básicas sobre o currículo, estabelecendo ainda o núcleo comum e obrigatório em âmbito nacional para o ensino fundamental e médio, mantendo uma parte do currículo diversificada a fim de contemplar as peculiaridades locais, as especificidades dos planos dos estabelecimentos de ensino e as diferenças individuais dos alunos (BRASIL, 1997).

Dessa forma, coube aos Estados a formulação de propostas curriculares que serviriam de base às escolas estaduais, municipais e particulares, as quais compunham seus respectivos sistemas de ensino. Logo, estas propostas foram reformuladas por volta dos anos 80, de acordo com as tendências educacionais que se generalizaram nesse período (BRASIL, 1997).

Na década de 90, o Brasil enfrenta a denominada “revolução informática”, onde há um grande crescimento de informações, em virtude das novas tecnologias, em que se afirmam novos parâmetros para a formação dos cidadãos para o nível médio. Onde, “a formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação” (BRASIL, 1999, p.15).

Propondo assim a formação geral, em oposição à formação específica, em que o ensino deve proporcionar o desenvolvimento da capacidade de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las, a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização (BRASIL, 1999).

Mediante estes princípios é que se orienta a reformulação curricular do Ensino Médio expressa na nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação – Lei 9.394/96, em que determina que o Ensino Médio é Educação Básica, mencionando então como dever do Estado a “progressiva extensão da obrigatoriedade e gratuidade ao ensino médio” como já visto na Constituição de 1988, inciso II do art. 208, assim como também o são a educação infantil e o ensino fundamental, passando esta a ser uma diretriz legal e não mais constitucional (BRASIL, 1999).

Deste modo, parte dos grupos sociais que até então se encontravam excluídos do ambiente escolar devido o ensino não gratuito, tenham através dessa reformulação a oportunidade de continuar os estudos, retornando as escolas, o que leva a compreender a forte importância da escolaridade em função das novas exigências do mundo do trabalho e pela gratuidade do ensino (BRASIL, 1999).

No entanto a LDB, foi essencial para a criação de programas como FUNDEF, ENEM, e PROUNI. Mesmo assim não deixou de ser alvo de debates e discussões pelos profissionais em virtude do PROUNI e em relação às “modificações propostas pela LDB, a exemplo dos problemas como a baixa remuneração e a capacitação inadequada de docentes, tal como afirma Castro (2003 apud CERQUEIRA et al, 2009, p. 4):

Em vez de ensinar o futuro professor a dar aula, se gasta o tempo repetindo as teorias dos autores defuntos. Não se ensina a lidar com o cotidiano da sala de aula. [...] Portanto, os professores acabam tendo

de se lembrar das aulas dos próprios professores quando estavam naquela mesma série.

Portanto surge um novo pensamento para o currículo do Ensino Médio, com relação a presença de dois fatores, sendo devido às mudanças decorrentes da chamada “revolução do conhecimento”, que alterou o modo de organização do trabalho e as relações sociais, como também a crescente expansão da rede pública, que deverá atender com qualidade as exigências da sociedade (BRASIL, 1999).

Logo, para a formulação de uma nova concepção do Ensino Médio, seria fundamental a participação de professores e técnicos de diferentes níveis de ensino, aos quais juntos deveriam incorporar as necessidades vigentes e ainda respeitar o princípio de flexibilidade, orientador da Lei de Diretrizes e Bases, mostrando-se exequível por todos os Estados da Federação, considerando as desigualdades regionais (BRASIL, 1999).

Desse modo, “[...] propôs-se, numa primeira abordagem, a reorganização curricular em áreas de conhecimento, com o objetivo de facilitar o desenvolvimento dos conteúdos, numa perspectiva de interdisciplinaridade e contextualização” (BRASIL, 1999, p. 17). Assim sendo:

O Parecer do Conselho Nacional de Educação foi aprovado em 1/06/98 – Parecer nº 15/98 da Câmara de Educação Básica (CEB), do Conselho Nacional de Educação (CNE), seguindo-se a elaboração da Resolução que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Resolução CEB/CNE nº 03/98 e à qual o Parecer se integra (BRASIL, 1999, p.19).

Para as DCNEM, o tratamento contextualizado do conhecimento é visto como o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo. Onde, se for bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade. Sendo que a contextualização ao abranger áreas, âmbitos ou dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural, mobilizam competências cognitivas já adquiridas. Dessa forma as competências passam a fazer parte quando o ensino facilita a ponte entre a teoria e a prática. É o que propõe Piaget, quando analisa o papel da atividade na aprendizagem: “compreender é inventar ou reconstruir, através da reinvenção, e será preciso curvar-se ante tais necessidades se

o que se pretende, para o futuro, é moldar indivíduos capazes de produzir ou de criar, e não apenas de repetir” (BRASIL, 1999, p. 91-92).

“O jovem não inicia a aprendizagem escolar partindo do zero, mas com uma bagagem formada por conceitos já adquiridos espontaneamente, em geral mais carregados de afetos e valores por resultarem de experiências pessoais” (BRASIL, 1999, p. 95).

Assim, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, faz a divisão dos conhecimentos em três grandes áreas sendo: [...] – Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, (Português, Língua Estrangeira, Artes, Educação Física, Informática e demais formas de expressão); Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (Biologia, Física, Química e Matemática); e Ciências Humanas e suas Tecnologias (História, Geografia e demais áreas das Ciências Humanas, como por exemplo, Psicologia, Sociologia e Filosofia) – tendo como base a reunião dos conhecimentos que compartilham objetos de estudo e, portanto, mais facilmente se comunicam, criando condições para que a prática escolar se desenvolva numa perspectiva de interdisciplinaridade (BRASIL, 1999).

Desta forma, o ensino de Física tem se realizado de maneira desarticulada, cheios de vazios de significado. Desde o primeiro momento, privilegia a teoria e a abstração, partindo da prática e de exemplos concretos, utiliza fórmulas em situações artificiais, por meio de canções ou rimas fáceis de memorizar, ao que induzem o aluno somente a substituir dados, desvinculando também, a linguagem matemática que estas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Enfatiza a resolução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado aconteça pela automatização ou memorização e não pela própria construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto de mentes geniais como a de Galileu, Newton ou Einstein, tirando a oportunidade do aluno buscar nesses cientistas motivos para continuar estudando, o que na verdade faz com os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos enorme, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo (BRASIL, 1999).

Portanto, não se trata de aumentar os conteúdos, ou de elaborar novas listas, mas sim de

promover uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua, o arco-íris, as formas de comunicação, que discuta a origem do universo e sua evolução, uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado. Trata-se então de se discutir como ensinar, é o que afirma os DCNM (BRASIL, 1999).

Dessa forma, as DCNEM estabelecem habilidades e competências para o ensino de Física as quais concretizam-se na utilização de ações, objetos, assuntos, experiências que envolvem um determinado olhar sobre a realidade em virtude dos saberes da área, podendo ser desenvolvidas em tópicos diferentes, assumindo formas diferentes em cada caso, tornando-se mais ou menos adequadas dependendo do contexto em que estão sendo desenvolvidas (BRASIL, 1999).

As habilidades podem estar relacionadas à investigação quando se procuram identificar questões e problemas a serem resolvidos, estimulando a observação, classificação e organização dos fatos e fenômenos à nossa volta segundo os aspectos físicos e funcionais relevantes (BRASIL, 1999).

A Física também pode ser percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, que emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico, entre outros, e onde o surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram (BRASIL, 1999). Assim sendo, temos como competências e habilidades destinadas a Física pela DCNEM:

#### **Representação e comunicação**

- Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.
- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.
- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem.
- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.

- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.

#### **Investigação e compreensão**

- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
- Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.

#### **Contextualização sócio-cultural**

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes (BRASIL, 1999, p. 237).

Assim sendo, o Estado do Paraná, com base nas LDB/96, formula entre 2004 e 2008, as Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE) que envolveram professores da rede Estadual, equipes pedagógicas, e ainda equipes disciplinares do DEB, em que compõem a concepção de currículo para a Educação Básica e as Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE) da disciplina de Física, adotada pelo estado do Paraná (BRASIL, 2008).

“Nestas Diretrizes, destaca-se a importância dos conteúdos disciplinares e do professor como autor de seu plano de ensino, contrapondo-se, assim, aos modelos de organização curricular que vigoraram na década de 1990, [...]” (BRASIL, 2008, p.24).

Assim, nesta concepção de currículo, farão parte dos conteúdos estruturantes das disciplinas da Educação Básica campos de estudo que as identificam como

conhecimento histórico, e deles organizam-se os conteúdos básicos a serem trabalhados por série, sendo composto tanto pelos assuntos mais estáveis e permanentes da disciplina quanto pelo que se apresentam em função do movimento histórico e das atuais relações sociais. Esses conteúdos farão parte da proposta pedagógica curricular das escolas, onde a partir delas caberá ao professor elaborar seu plano de trabalho docente, vinculado à realidade e às necessidades de suas diferentes turmas e escolas de atuação (BRASIL, 2008). “No plano, se explicitarão os conteúdos específicos a serem trabalhados nos bimestres, trimestres ou semestres letivos, bem como as especificações metodológicas que fundamentam a relação ensino/aprendizagem, além dos critérios e instrumentos que objetivam a avaliação no cotidiano escolar” (BRASIL, 2008, p.26-27).

“A interdisciplinaridade está relacionada ao conceito de contextualização sócio histórica como princípio integrador do currículo” (BRASIL, 2008, p.27). Entretanto, é preciso que o professor nesta prática tenha cuidado para não empobrecer demasiadamente a construção do conhecimento no exercício de contextualização (BRASIL, 2008).

Portanto, de acordo com Ramos (2004, p. 02, apud BRASIL, 2008, p. 28):

O processo de ensino-aprendizagem contextualizado é um importante meio de estimular a curiosidade e fortalecer a confiança do aluno. Por outro lado, sua importância está condicionada à possibilidade de [...] ter consciência sobre seus modelos de explicação e compreensão da realidade, reconhecê-los como equivocados ou limitados a determinados contextos, enfrentar o questionamento, colocá-los em cheque num processo de desconstrução de conceitos e reconstrução/apropriação de outros.

Conseqüentemente, é “importante que os professores tenham claro que o método fundamental, no confronto entre contextos sócio-históricos, é a distinção temporal entre as experiências do passado e as experiências do presente” (BRASIL, 2008, p. 29), onde podem ser considerados outros procedimentos, como também a contextualização social e a contextualização por meio da linguagem.

“Para as teorias críticas, o conceito de contextualização propicia a formação de sujeitos históricos – alunos e professores – que, ao se apropriarem do conhecimento, compreendem que as estruturas sociais são históricas, contraditórias e abertas” (BRASIL, 2008, p. 29). Logo, os conteúdos, sendo um fenômeno, um objeto, ou um

acontecimento, só serão compreendidos se estes contradizem com as explicações existentes nas estruturas sociais do aluno (BRASIL, 2008).

Portanto no cotidiano das aulas, é necessário que:

- é importante a compreensão de que uma atividade de avaliação situa-se entre a intenção e o resultado e que não se diferencia da atividade de ensino, porque ambas têm o intuito de ensinar;
- no Plano de Trabalho Docente, ao definir os conteúdos específicos trabalhados naquele período de tempo, já se definem os critérios, estratégias e instrumentos de avaliação, para que professor e alunos conheçam os avanços e as dificuldades, tendo em vista a reorganização do trabalho docente;
- os critérios de avaliação devem ser definidos pela intenção que orienta o ensino e explicitar os propósitos e a dimensão do que se avalia. Assim, os critérios são um elemento de grande importância no processo avaliativo, pois articulam todas as etapas da ação pedagógica;
- os enunciados de atividades avaliativas devem ser claros e objetivos. Uma resposta insatisfatória, em muitos casos, não revela, em princípio, que o estudante não aprendeu o conteúdo, mas simplesmente que ele não entendeu o que lhe foi perguntado. Nesta circunstância, o difícil não é desempenhar a tarefa solicitada, mas sim compreender o que se pede;
- os instrumentos de avaliação devem ser pensados e definidos de acordo com as possibilidades teórico-metodológicas que oferecem para avaliar os critérios estabelecidos. Por exemplo, para avaliar a capacidade e a qualidade argumentativa, a realização de um debate ou a produção de um texto serão mais adequados do que uma prova objetiva;
- a utilização repetida e exclusiva de um mesmo tipo de instrumento de avaliação reduz a possibilidade de observar os diversos processos cognitivos dos alunos, tais como: memorização, observação, percepção, descrição, argumentação, análise crítica, interpretação, criatividade, formulação de hipóteses, entre outros;
- uma atividade avaliativa representa, tão somente, um determinado momento e não todo processo de ensino-aprendizagem;
- a recuperação de estudos deve acontecer a partir de uma lógica simples: os conteúdos selecionados para o ensino são importantes para a formação do aluno, então, é preciso investir em todas as estratégias e recursos possíveis para que ele aprenda. A recuperação é justamente isso: o esforço de retomar, de voltar ao conteúdo, de modificar os encaminhamentos metodológicos, para assegurar a possibilidade de aprendizagem. Nesse sentido, a recuperação da nota é simples decorrência da recuperação de conteúdo (BRASIL, 2008, p.33).

Os professores participam ativamente da constante construção curricular e se fundamentam para organizar o trabalho pedagógico a partir dos conteúdos estruturantes de sua disciplina, cujos conteúdos são denominados: – Movimento, Termodinâmica e

Eletromagnetismo.

“Para entender o processo de construção desse quadro conceitual da Física e dos conceitos fundamentais que o sustentam, [...] é necessário que cada professor, ao preparar suas aulas, estude e se fundamente na História e na Epistemologia da Física [...]” (BRASIL, 2008, p.54).

“Durante a preparação de sua aula o professor deve ter em vista que a produção científica não é uma cópia fiel do mundo [...], mas uma construção [...], uma aproximação daquilo que se entende ser o comportamento da natureza” (BRASIL, 2008, p. 56). Assim,

- O processo de ensino-aprendizagem, em Física, deve considerar o conhecimento trazido pelos estudantes, fruto de suas experiências de vida em suas relações sociais. Interessam, em especial, as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes e que influenciam a aprendizagem de conceitos do ponto de vista científico;
- A experimentação, no ensino de Física, é importante metodologia de ensino que contribui para formular e estabelecer relações entre conceitos, proporcionando melhor interação entre professor e estudantes, e isso propicia o desenvolvimento cognitivo e social no ambiente escolar;
- Ainda que a linguagem matemática seja, por excelência, uma ferramenta para essa disciplina, saber Matemática não pode ser considerado um pré-requisito para aprender Física. É preciso que os estudantes se apropriem do conhecimento físico, daí a ênfase aos aspectos conceituais sem, no entanto, descartar o formalismo matemático (BRASIL, 2008, p. 56).

O professor pode e deve utilizar problemas matemáticos no ensino de física, porém, a resolução de problemas deve ser tal que permita ao estudante a elaboração de hipóteses além das solicitadas pelo exercício e que extrapole a simples substituição de um valor para obter um valor numérico de grandeza, fazendo pensar nas variáveis envolvidas para a possível solução do problema (BRASIL, 2008).

Propõem-se também que o professor adicione, ao planejamento de suas aulas, a História da Ciência, para contextualizar a produção do conhecimento em estudo, de forma a entender que a evolução da Física, “traçou um caminho pouco linear, repleto de erros e

acertos, de avanços e retrocessos típicos de um objeto essencialmente humano, que é a produção científica” (BRASIL, 2008, p.69).

Assim:

- Entende-se que uma abordagem histórica dos conteúdos se apresenta útil e rica porque auxilia os sujeitos a reconhecerem a ciência como construção humana, o que pode tornar o conteúdo científico mais interessante e compreensível, aproximando a ciência do estudante (MATHEUS, 1995 apud BRASIL, 2008, p. 70);
- O uso adequado de alguns episódios históricos permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento formando uma visão da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e para a desmistificação do conhecimento científico, sem, no entanto negar o seu valor (MARTINS. In: SILVA, 2006, p. xviii apud BRASIL, 2008, p. 70);
- O ensino das ciências possibilita aos estudantes perceber como as teorias atualmente aceitas se constituíram e, dessa forma, apreciar o significado cultural e a compreender a validação dos princípios e teorias científicas à luz dos tempos em que foram aceitas. Tal ensino permite, também, refletir sobre o passado para compreender o presente e se preparar para o futuro, numa sociedade científica e tecnologicamente avançada como, cada vez mais, é a que estamos vivendo (SEQUEIRA; LEITE, 1998, p. 157 apud BRASIL, 2008, p. 70).

### **2.3 POR QUE CONHECER A HISTÓRIA DA CIÊNCIA?**

Nas últimas décadas, tem se intensificado as iniciativas e pesquisas com relação à aproximação da História da Ciência e o Ensino das Ciências, onde para Michael Matthews isso se manifesta devido “a crise do ensino contemporâneo de ciências, evidenciada pela evasão de alunos e de professores das salas de aula bem como pelos índices assustadoramente elevados de analfabetismo em ciências” (MATTHEWS, 1995 apud QUINTAL; MORAES, 2008, p.2).

Isso leva-nos a observar como o ensino caminha frente ao momento moderno em que se vive. Os alunos são curiosos e dessa forma o ensino deve ser tal que possibilite a verificação e reflexão destes, em que esse momento de curiosidade é o marco inicial para a abordagem de novas técnicas e discussão da História da ciência.

Dessa forma, segundo Pereira e Silva (2009, p.34) “a história da ciência tem sido apontada como uma ferramenta que pode facilitar a superação dos problemas relativos ao ensino de ciências” (dentre eles o da Física).

Segundo Martins (2006, p. 21):

A história das ciências nos apresenta uma visão a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico que não costumamos encontrar no estudo didático dos resultados científicos (conforme apresentados nos livros-texto de todos os níveis). Os livros científicos didáticos enfatizam os resultados aos quais a ciência chegou – as teorias e conceitos que aceitamos, as técnicas de análise que utilizamos – mas não costumam apresentar alguns outros aspectos da ciência.

Logo, como afirma Martins (2006, p.21) “A história das ciências não pode substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo de várias formas”. Seja por meio do estudo de alguns episódios da história, que nos permite compreender a ciência através das inter-relações entre CTS, mostrando a ligação da ciência com outras áreas, deixando ainda de lado a visão de ciência isolada, como também nos permite perceber o processo social e gradativo da construção do conhecimento, possibilitando a formação de uma visão mais concreta e correta da natureza da ciência bem como suas limitações, contribuindo para a formação de um espírito crítico e desmistificado da ciência (MARTINS, 2006).

Como afirma Martins (2006, p.22):

A ciência não brota pronta, na cabeça de “grandes gênios”. Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa, com muitas falhas, sem possuir uma base observacional e experimental. Apenas gradualmente as idéias vão sendo aperfeiçoadas, através de debates e críticas, que muitas vezes transformam totalmente os conceitos iniciais.

Através de estudos detalhados de alguns fatos históricos é possível compreender que a ciência não é o resultado da aplicação de métodos científicos ao qual revela verdades, mas sim, para se chegar ao conhecimento científico, os pesquisadores através de ideias formulam hipóteses ou conjecturas, as quais podem ser baseadas em analogias vagas ou

ideias sem fundamentos. Constroem também teorias provisórias que podem ser até mesmo contraditórias, defendendo suas ideias com argumentos fracos e até irracionais, discordando uns dos outros em quase tudo, impondo suas ideias. Desse modo suas teorias científicas são construídas por tentativa e erro, podendo se manter estruturadas e fundamentadas, sendo jamais provadas. Verifica-se, portanto que o desenvolvimento científico não segue formulas infalíveis, a arte da pesquisa pode ser aprendida, mas não existe uma sequencia de etapas que deve ser seguida sempre (MARTINS, 2006).

Segundo Gil-Pérez et al.(2001) e Fernández et al. (2002) (apud MARTINS, 2006, p.23):

Os estudantes (de todos os níveis), seus professores e o público em geral possuem uma grande variedade de concepções ingênuas, mal fundamentadas e, afinal, falsas, sobre a natureza das ciências e sua relação com a sociedade. Alguns concebem a ciência como “a verdade”, “aquilo que foi provado” – algo imutável, eterno, descoberto por gênios que não podem errar. É uma visão falsa, já que a ciência muda ao longo do tempo, às vezes de um modo radical, sendo na verdade um conhecimento provisório, construído por seres humanos falíveis e que, por seu esforço comum (social), tendem a aperfeiçoar esse conhecimento, sem nunca possuir a garantia de poder chegar a algo definitivo.

Assim, “O estudo detalhado de alguns episódios da história da ciência é insubstituível, na formação de uma concepção adequada sobre a natureza das ciências, suas limitações, suas relações com outros domínios” (MARTINS, 2006, p.24).

Esses episódios podem revelar os sucessos e fracassos dos esforços humanos para chegar à compreensão da natureza, como também a contribuição de diversos cientistas, e o papel de pesquisadores obscuros durante a pesquisa de aspectos das ciências. Entre eles a existência de teorias contraditórias, alternativas, as quais derrubam concepções aceitas durante muito tempo, o processo gradativo de formação de teorias, modelos conceitos e do próprio método científico, a influência de concepções filosóficas, religiosas e o papel de tradições e preconceitos entre outros (MARTINS, 2006).

Como afirma Carvalho (2009, p.3):

Entender o desenvolvimento do conteúdo a ser ensinado nesses três aspectos direciona o ensino para uma finalidade cultural mais ampla – dimensão atitudinal –, muito relacionada com objetivos tais como

democracia e moral, que são aqueles que advêm da tomada de decisões fundamentadas e críticas sobre o desenvolvimento científico e tecnológico das sociedades.

“Além de poder ajudar a transmitir uma visão mais adequada sobre a natureza da ciência, a história das ciências pode auxiliar no próprio aprendizado dos conteúdos científicos” (MARTINS, 2006, p.25).

Fazendo uma revisão nas influências dos trabalhos de Piaget no ensino, Coll diz que (1983 apud CARVALHO, 1992, p.10) “Será necessário conhecer com o máximo de detalhe o caminho que o aluno segue para a construção destes conhecimentos específicos [...]”.

Neste impasse, Carvalho (1992, p. 11) afirma que:

Conhecer como os sujeitos constroem a relação causal que lhes permite explicar os fenômenos que estamos ensinando é fundamental para o preparo das atividades de ensino. Sabendo de antemão como os adolescentes pensam a respeito desses fenômenos, podemos planejar atividades as quais eles tenham a oportunidade de se expressar, de mostrar os seus raciocínios, dando ao professor condições de propor perguntas que desequilibrem as estruturas dos alunos e os façam tomar consciência de seus raciocínios espontâneos.

“As pesquisas tem mostrado que as situações de conflito são necessárias, mas não suficientes para realizarmos uma mudança conceitual, isto é, para mudarmos os conceitos espontâneos em científicos (POSNER et al., 1982 apud CARVALHO,1992, p. 12)”. Portanto, será necessário planejarmos atividades que levem os alunos a uma reequilibração, superando os conceitos espontâneos e construindo os conceitos científicos.

Deste modo, com o passar dos anos ocorreu um maior entendimento de que os educandos não são “[...] tábulas rasas” (PIAGET & GARCIA, 1987), que pelo contrário, trazem consigo estruturas operatórias formadas ou em desenvolvimento, de acordo com seu estágio cognitivo. Como também possuem concepções e opiniões que descrevem o seu ambiente, as quais são conflitantes à substituição pelas concepções da ciência atual, onde tais não podem ser apagadas por verdades, sem que ocorra de fato o entendimento, pois, se não forem reconhecidas e transformadas poderão continuar a

existir, juntamente com as concepções científicas impostas pelo professor (MARTINS, 2006).

Assim como afirma Barros & Carvalho (1998 apud MARTINS, 2006, p.26) “Tanto para o docente quanto para o educando, o conhecimento da história da ciência pode ser muito útil, para essa transformação conceitual. O processo pelo qual o aluno precisa passar é semelhante ao processo de desenvolvimento histórico da própria ciência”.

A resistência dos alunos é semelhante à de muitos cientistas do passado, como também o são suas ideias por mais absurdas que pareçam, podem ser semelhantes às aceitas por pessoas que tempos atrás nada tinham de tolas. Mesmo as concepções prévias e as concepções científicas passadas não possuindo um paralelo completo, as semelhanças são suficientes para permitir a preparação do estudante a aceitar que um processo semelhante ocorra com suas ideias. Sendo ainda capaz de perceber que na história sempre houve discussões e alternativas, e que as ideias semelhantes às suas foram substituídas por outras mais adequadas e mais coerentes (MARTINS, 2006).

Resumindo, como afirma Paul Langevin, físico francês do século XIX, “o estudo da história da ciência enriquece a compreensão dos fatos atuais, pois revela uma visão ampla da cultura como instrumento de adaptação do homem ao mundo que o cerca” (CASTRO, 2009, p.103).

Logo, temos dois problemas em mãos em relação à inserção da história da ciência nas salas de aula. Como afirma Martins (2006, p. 27), o primeiro deles é “[...] a carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências [...]” e o segundo “é a falta de material didático adequado que possa ser utilizado no ensino (textos sobre história da ciência, em português, de bom nível). [...] O problema não é a quantidade, é a qualidade” (MARTINS, 2006, p.28).

Assim, atentos a necessidade e a real importância da utilização da História da Ciência nas salas de aula é de fundamental importância que os educadores tomem para si essa preocupação em que além de ser uma importante ferramenta para o ensino procurem se informar e a estudar sobre tais pesquisas a fim de também fundamentarem seus

conhecimentos, além de tornarem-se mais atentos ao escolher um bom material de trabalho e bons textos sobre História da Ciência, e também aumentem suas percepções de trabalho e atividades.

### 3 MATERIAIS DIDÁTICOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

*"Em verdade, é pouco menos que um milagre que os métodos modernos de educação não tenham ainda estrangulado inteiramente a sagrada curiosidade da inquirição, pois esta delicada planta, além de estímulo, necessita principalmente de liberdade; sem esta, ela é inevitavelmente levada à destruição e à ruína."*

*Albert Einstein*

O ambiente escolar é um espaço especial, como também o são os materiais escolares, onde definimos como o conjunto de objetos envolvidos nas atividades-fim da escola, ou ainda tudo que ajuda na aprendizagem e que cabe a escola patrocinar – computadores, livros, cadernos, vídeos, canetas, mapas, lápis de cor, televisão, giz e lousa, entre outros – é material escolar (LAJOLO, 1996).

#### 3.1 O LIVRO DIDÁTICO EM FOCO

O livro didático remonta uma série de transformações ao decorrer dos séculos, e data-se cerca de seis mil anos, sendo utilizado durante muito tempo por vários povos, como principal meio para registrar informações, difundir conhecimentos e experiências, onde foi confeccionado de vários tipos de materiais, até o seu desencadeamento definitivo na Alemanha em 1583 (PAULINO, 2009).

Na Idade Média, o LD foi criado devido a forte influência religiosa na Europa, em que era considerado como um objeto de salvação que divulgava textos didáticos à formação dos religiosos. Wander Soares (2002, apud PAULINO, 2009, p.6) “informa que o livro didático surgiu como um complemento aos grandes livros clássicos. Era direcionado ao uso escolar e reforçava a aprendizagem baseada na memorização reproduzindo valores da sociedade, divulgando as ciências e a filosofia”.

Na disciplina de física essa passagem é bem marcante. A disciplina de Física no Brasil teve início em 1837, com a fundação do Colégio Pedro II no Rio de Janeiro (MORAES, 2011).

Os livros didáticos nesta época “tratavam o conhecimento físico com enfoque conceitual e o conteúdo era apresentado em forma de tabela conceitual” (COIMBRA, 2007, p.37-38.), sendo a maior parte desses livros de autoria francesa. Mais tarde em 1858, foi adotado no Brasil o livro de Saturnino de Meireles, que trazia o conhecimento físico como um conjunto de definições axiomáticas, ou seja, inquestionáveis, com verdades prontas, sem problematizar seu desenvolvimento, e também não utilizava linguagens matemáticas, fazendo somente relações com instrumentos, experimentos e seus usos e conhecimentos (COIMBRA, 2007).

Já por volta de 1870, mesmo com a valorização do ensino de física o livro ainda continua sendo de autoria francesa. Por exemplo, o livro de Adolphe Ganot abordava o conteúdo "utilizando linguagem matemática para deduções e apresentações de fórmulas, ocorrem relatos da História da Física, é feita descrição detalhada de experimentos e seus resultados" (COIMBRA, 2007, p.38), em que estes se encontravam em sintonia com a época.

Desta forma é possível perceber que o ensino desde a Colônia até o fim do Império, era de natureza humanística, literária, livresca. O Ensino Médio nesta época estava voltado para a preparação para o ensino superior. A grande dificuldade do desenvolvimento científico da época estava na falta de professores preparados, falta de material didático condizente, fatores políticos e a própria resistência ao novo (COIMBRA, 2007).

Essa característica se estendeu até o início da República, resistindo às reformas e a tentativa de mudança, permanecendo predominantemente teórico e desacompanhado da experimentação, voltada somente para a entrada no ensino superior (COIMBRA, 2007).

Bizzo (2005), comenta que após a proclamação da República, o ensino ficou ainda pior, a separação das classes era visível, de um lado pessoas altamente educadas e do outro a massa ignorante.

O desenvolvimento do ensino de ciências no Brasil, segundo Bizzo passou por quatro problemas principais, sendo:

Os estudos a respeito da fauna e da flora eram parcos, em grande medida, dependentes de coleções na Europa, particularmente em Paris. A formação de professores, mesmo obtida no exterior, pouco poderia ajudar o desenvolvimento do ensino no contexto tropical brasileiro. Além disso, a atração gravitacional do Direito conferia molduras teóricas à ciência que a transfiguravam inteiramente, dado que em vez de um ordenamento questionador do raciocínio, ela era apresentada, tal como um código legal, como um rol dogmático de afirmações. [...] a tendência de conferir autonomia cada vez maior às províncias, [...] fazia da educação contexto particularmente favorável, dado que implicava expensas adicionais às finanças de Pedro II. (BIZZO, 2005, p.131)

Assim nota-se que desde a fundação do colégio Pedro II até meados do século XX, o ensino ainda era regido nos modelos franceses. Barra e Lorenz apontam algumas características presentes nos livros:

Grande quantidade de informações, carência de atividades e problemas para os alunos resolverem. Tais livros tinham, portanto, finalidades essencialmente ilustrativas, contribuindo para um ensino de ciências pouco experimental, enfatizando a transmissão e aquisição de conteúdos e não o desenvolvimento de habilidades científicas. Além disso, apresentavam exemplos e focalizavam assuntos diretamente relacionados aos interesses das escolas europeias em detrimento do que era importante aos alunos brasileiros. (BARRA; LORENZ, 1986, p.1971).

Vários movimentos tentaram reverter o analfabetismo no Brasil, mas foi somente com Getúlio Vargas (1930-1945) que a mudança de fato ocorreu, dando espaço para a criação do Ministério da Educação e Saúde Pública (BIZZO, 2005).

Pouco depois, ainda com Getúlio no poder, o Ministério da Educação implanta o primeiro programa do livro didático, ao qual foi dada a liberdade de escolha às escolas, sendo criado para examiná-los a Comissão do Livro Didático (NABIHA, 2001 apud COIMBRA, 2007).

Deste modo os livros que aqui fossem publicados deveriam obedecer a uma padronização, para assim receberem a autorização do Governo para uso (COIMBRA, 2007). Neste mesmo momento foi criada a Universidade de São Paulo - USP, e sua Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras designada como lugar de pesquisa científica e formação do professor de Física. Assim conforme afirma Menezes a educação cresceu juntamente com a sociedade, sendo influenciadas pela revolução industrial, servindo

para a capacitação de mão de obra industrial e agrícola (MENEZES, 2005 apud COIMBRA, 2007).

A Segunda Guerra teve forte influência na educação, incentivando o preparo de pesquisadores e professores, voltados para a área industrial e tecnológica (ALMEIDA JÚNIOR, 1980 apud COIMBRA, 2007).

Também teve-se a criação do IBECC, que introduziu a adoção do método experimental em sala de aula, produzindo material didático, como livros-textos, equipamentos e material de apoio para atividades de laboratório. Porém a grande disparada no ensino de ciências no Brasil se deu principalmente com o lançamento do Sputnik, revolucionando o conhecimento científico no país, onde se desenvolveram vários projetos de formulação e melhoria do livro didático além de criação de materiais didáticos, tornando-se obrigatório seu uso na educação com a LDB.

### **3.2 LIVRO DIDÁTICO x APRENDIZAGEM**

O livro didático é um elemento de referência para o processo de ensino-aprendizagem, pois além de ser um instrumento pedagógico e objeto catalisador, fornecedor de informações, conhecimentos, criador de aprendizagem e cultura, favorece o desenvolvimento intelectual e a formação sócio-política do aluno, aprimorando os conhecimentos orais e a linguagem escrita. Porém, algumas vezes este tem se tornado a principal fonte e meio de informação para os alunos e professores, onde os conteúdos neles apresentados pelos autores, como também, preparados e posteriormente repassados pelos mestres, acabam sendo tão centrados que não há espaço para negociações do significado e construção dos sentidos (PAULINO, 2009).

Assim, acaba na maioria das vezes como um substituto do professor, quando na verdade deveria ser somente um material de apoio ao trabalho docente. Desse modo, os conteúdos e métodos utilizados pelo professor em sala de aula acabam por se tornar dependentes dos conteúdos e métodos propostos pelo livro didático adotado. Vários são os fatores que acabam por contribuir para que o livro didático tenha esse papel de protagonista na sala de aula. Um deles é a irresistível atração exercida sobre o professor, por um livro que promete tudo pronto, e detalhado, bastando mandar o aluno abrir a

página e resolver os exercícios. Neste sentido, torna-se relevante a sua qualidade, tanto gráfica quanto conceitual, pois ele não é mais um instrumento auxiliar como qualquer outro em sala de aula (CARVALHO, 2007).

Para Carvalho (2007), duas análises podem ser feitas em relação ao livro didático, uma no quesito qualidade enquanto objeto material, e outra focalizada no material enquanto sistema de comunicação. Há tempos o livro didático tem deixado de ser um livro texto para ser um objeto bonito e colorido, que vem reduzindo parte do conhecimento. Deste modo, reforça a importância de se analisar o livro didático como um instrumento capaz de levar o aluno à aprendizagem. Desse modo ainda pode-se dizer que:

[...] a maioria dos livros se concentram em técnicas operatórias, reunindo uma grande quantidade de listas de exercícios, em geral cansativos e repetitivos, visando o aprendizado de forma mecânica. Quando a aprendizagem tem como referência exercícios e problemas com respostas prontas, isso acaba afastando o jovem do prazer da descoberta e conseqüentemente levando ao desinteresse pela disciplina e pela escola (CARVALHO, 2007, p.21).

Assim sendo, em relação ao livro didático, Pimentel (2006) afirma, que para ser utilizado nas escolas públicas, estes devem atender às recomendações comuns presentes nas diretrizes vigentes, o que desta forma criará oportunidades para que o aprendizado de fato aconteça, onde seu conteúdo deve:

[...] ser acessível à faixa etária e ao desenvolvimento cognitivo do aluno. O texto deve estimular e valorizar a participação do aluno durante as aulas, combatendo atitudes e comportamentos passivos. O livro deve, também, promover uma integração entre os variados temas discutidos nos capítulos e valorizar a experiência e o conhecimento que o aluno leva para a sala de aula. As ilustrações precisam ser atualizadas e corretas e, sempre que recursos artísticos envolvendo cores, formatos e dimensões artificiais forem utilizados, isto deve ser claramente mencionado (PIMENTEL, 2006, p.309).

Outra questão observada ao analisar os livros didáticos tradicionais, é no que diz respeito à ausência neles de muitos dos conhecimentos necessários para a compreensão do mundo contemporâneo. Como comenta Kawamura e Hosoume:

Não estão presentes, por exemplo, conhecimentos de Física que permitem compreender as telecomunicações, internet, telefonia celulares, ou a contribuição da Física aos desenvolvimentos atuais da

área de diagnóstico médico, ou, ainda a física dos fenômenos ambientais. E não se trata somente da ausência de temas relacionados à Física Moderna, mas também de aspectos cotidianos relacionados ao funcionamento dos aparelhos, como geladeiras, condicionadores de ar, motores etc (KAWAMURA; HOSOUME, 2003, p.23).

O PNLD destaca que além desses critérios, para efeito de inclusão do livro didático, outros fatores de acordo com a sua maior importância são considerados como eliminatórios. Sendo eles:

- a) correção dos conceitos e informações básicas: o livro não poderá formular nem manipular erradamente os conceitos e informações fundamentais das disciplinas em que se baseia;
- b) correção e pertinência metodológicas: o livro deverá optar por uma abordagem que desenvolva várias competências cognitivas básicas, ser coerente à ela e, de maneira simultânea, contribuir para alcançar os objetivos propostos;
- c) contribuição para a construção da cidadania: o livro deverá contribuir para a formação da ética necessária ao convívio social e à cidadania, não divulgando qualquer forma de discriminação ou doutrinação religiosa. O texto deverá incentivar o convívio social e o respeito mútuo, sugerindo, por exemplo, debates e trabalhos cooperativos;
- d) evitar riscos à integridade física do aluno: o livro deverá apresentar as recomendações de primeiros socorros, citando a fonte bibliográfica em que se baseia e evitar procedimentos e atividades em que haja contato ou manipulação de sangue humano. As atividades práticas, envolvendo montagens experimentais e manipulação de substâncias, devem ser consideradas quanto à sua pertinência pedagógica e aos riscos reais e potenciais que sujeita os alunos (PIMENTEL, 2006, p.309-310).

Porém, vemos que ter um bom livro didático é necessário, mas não suficiente. Não podemos pensar que somente este fará com que ocorra o aprendizado, deve-se ir além, pensar em outras maneiras de utilizá-lo, o que dependerá muito de como o professor visualiza o ensino.

Para João Amós Comênio, o melhor caminho para o conhecimento era o que alia o trabalho intelectual com o prático ou empírico, através da observação sistematizada ou da experimentação, onde segundo ele “*se há um método para conhecer, então há um método para ensinar*” (MAZZOTTI, 2005, p.3).

Porém vemos em Comênio ainda um caráter transmissor do conteúdo, através de práticas de memorização, como relata:

Na Didacografia (agrada-me usar esta palavra), as coisas se passam precisamente da mesma maneira [na tipografia]. O papel são os alunos, em cujos espíritos devem ser impressos os caracteres das ciências. Os tipos são os livros didáticos e todos os instrumentos propositadamente preparados para que, com sua ajuda, as coisas a aprender se imprimam nas mentes com pouca fadiga. A tinta é a viva voz do professor que transfere o significado das coisas, dos livros para as mentes dos alunos. O prelo é a disciplina escola que a todos dispõem e impele para se embeberem dos ensinamentos (COMENIUS, 1966 apud MAZZOTTI, 2005, p. 4).

Hoje além dos métodos tradicionais de ensino, o ensino de Ciências Naturais tem incumbido diversos métodos educacionais aos quais se processam ao longo de décadas, sendo expressos na sala de aula. Porém, a maioria das práticas teóricas estão baseadas na mera transmissão de informações, onde o livro didático acaba por ser o material principal a ser transcrito na lousa. No entanto, há ainda quem incorpore avanços produzidos nas últimas décadas (BRASIL, 1998).

De acordo com os PNLEM, a avaliação das obras didáticas é baseada na premissa de que as obras devem auxiliar os professores na busca por caminhos possíveis para sua prática pedagógica. Porém esses caminhos não são os únicos, sendo que o universo de referências não pode se esgotar no espaço restrito da sala de aula ou da obra didática, mas sim atuarem como uma orientação importante para que os professores busquem, de forma autônoma, outras fontes e experiências para complementar seu trabalho em sala de aula (BRASIL, 2006).

Desta forma, podem ser usados como material de apoio: leituras de livros de História da Ciência, divulgação científica, literatura clássica e de textos originais de cientistas, além de seminários, vídeos científicos, peças teatrais, visitas a museus, linha do tempo etc. Algumas das práticas pedagógicas que podem ser levadas para a sala de aula facilitam o entendimento dos conteúdos pelos alunos, como questões abertas, experimentos de manipulação e experimentos que devem ser confeccionados em sala, vídeos e resolução de vários problemas abertos que visam o desenvolvimento de concepções básicas do aluno como também a quebra das pré-concepções.

Para isso, as diretrizes e os projetos formulados em 1964, destacam que além de se trabalhar com novas ferramentas, a fim de aproximar os alunos de atividade científica e

contribuindo assim para a formulação de hipóteses, do senso crítico e reflexivo em que a construção do conhecimento ocorra por meio do aluno “o que é preciso é um bom professor!” (TRINDADE, 2011).

Assim Martins estabelece que a história da ciência é uma importante ferramenta, pois: “[...] Além de poder ajudar a transmitir uma visão mais adequada sobre a natureza da ciência, [...] pode auxiliar no próprio aprendizado dos conteúdos científicos” (MARTINS, 2006, p.25).

Portanto, no processo de seleção do livro didático e ao longo de sua presença na sala de aula, é preciso que o professor saiba planejar seu uso em relação aos conteúdos e comportamentos com que ele trabalha. Em virtude disso, será possível descobrir a melhor forma de estabelecer o necessário diálogo entre o que diz o livro e o que pensam os alunos. Pois é somente na interação entre o saber que se traz do mundo e o saber trazido pelos livros que o conhecimento avança (LAJOLO, 1996).

## **4 PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA-PIBID**

### **4.1 DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA**

A crescente desvalorização da profissão docente tem preocupado diversos países em todo o mundo, que tentam diversas soluções para enfrentar o problema. Entre elas, melhores condições salariais, incentivos na carreira docente, para atrair mais professores, como também, investimentos na formação inicial dos cursos de Licenciatura, através da criação de Programas de Iniciação à Docência.

Desse modo o Brasil, na tentativa de propor soluções para a valorização da carreira docente, através do Ministério da Educação (MEC), em ação conjunta com a Secretaria de Educação Superior da Fundação Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, e do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, desenvolve o Programa de Iniciação à Docência (PIBID), cujo objetivo é o da valorização da docência nas universidades de todo o país, incentivando os estudantes de licenciatura a atuarem no ambiente escolar (UFRB, 2013).

Logo, “os projetos devem promover a inserção dos estudantes no contexto das escolas públicas desde o início da sua formação acadêmica para que desenvolvam atividades didático-pedagógicas sob orientação de um docente da licenciatura e de um professor da escola” (CAPES, 2012). Os objetivos gerais visam:

- Incentivar a formação de docentes em nível superior para a educação básica;
- contribuir para a valorização do magistério;
- elevar a qualidade da formação inicial de professores nos cursos de licenciatura, promovendo a integração entre educação superior e educação básica;
- inserir os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem;

- incentivar escolas públicas de educação básica, mobilizando seus professores como cofomadores dos futuros docentes e tornando-as protagonistas nos processos de formação inicial para o magistério;
- contribuir para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação dos docentes, elevando a qualidade das ações acadêmicas nos cursos de licenciatura (CAPES, 2012).

O programa começou em 2008, com a inscrição de apenas quatro universidades, “atualmente participam do programa 195 Instituições de Educação Superior de todo o país que desenvolvem 288 projetos de iniciação à docência em aproximadamente 4 mil escolas públicas de educação básica” (CAPES, 2012).

A Universidade Estadual de Maringá (UEM), conta com o programa desde 2010, sendo atribuídas 321 bolsas até 2012, onde 24 delas se encontram no curso de Licenciatura em Física, ao qual fazemos parte. Os colégios foram escolhidos devido ao baixo IDEB, sendo três, Colégio A, Colégio B e Colégio C.

## **4.2 ANÁLISE DOS DIÁRIOS E VISÃO DO PIBID**

A partir do primeiro edital do programa na Universidade e juntamente com a publicação das bolsas para o curso de licenciatura em física, passamos por uma seleção e posteriormente à aceitação fomos divididos para atuar em três colégios. Neste mesmo período, ao sermos inseridos na sala de aula era feita uma observação em todos os aspectos da aula dada.

A maior parte dos bolsistas que entraram neste período estava iniciando a graduação em Física, deste modo nossa visão sobre uma boa aula estava um pouco afetada, pois trazíamos muitas críticas sobre o ensino e a forma com que fomos ensinados. Porém, não tínhamos ideia do que poderia ser mudado, ou de que forma mudar, pois o único método que conhecíamos era o tradicional.

No período de observação fomos duas vezes por semana ao colégio C e observamos todas as aulas do dia. Anotando em um caderno-diário (chamado por nós) o ocorrido na aula, desde a abordagem que o professor utilizou sobre o conceito, uso de experimentos e atitude dos alunos. Simultaneamente à observação no colégio, fazíamos reuniões

semanalmente nas quais líamos artigos e discutíamos as ideias referentes a novos métodos de abordagem na sala de aula.

Quando chegamos ao colégio, as primeiras observações foram que a escola não possuía muitos experimentos para abordar em sala, os materiais que dispunham eram confeccionados pelo professor da área, que sempre que podia procurava utilizá-los em suas aulas, de maneira a melhor explicar o conceito. Logo, com base no que conhecemos hoje sobre os métodos de ensino aprendizagem, estas observações mostram que o professor não possuía conhecimentos sobre como trabalhar com os experimentos, pois para ele o simples fato de utilizar esses recursos possibilitaria uma melhor compreensão sobre o fenômeno estudado, em que várias vezes disse que não teve as reflexões que estávamos tendo no projeto (GRANDI, 2010).

Durante algumas observações no 1º ano com relação à abordagem do conceito de Inércia (1º Lei de Newton), o professor não utilizou de experimentos, mas sim de explicações na lousa e exemplos em que perguntava aos alunos sobre as forças existentes, em que, de certo modo havia interação entre professor e aluno. Utilizou também em algumas vezes objetos para melhor visualizar as leis e o conceito de forças, e ao final passava alguns exercícios do livro, para que pudessem testar o que tinham compreendido (GRANDI, 2010). Utilizou também em alguns momentos o laboratório, em que levou os experimentos e explicou-os aos alunos. Logo o que presenciamos é que mesmo com o experimento, muitos dos alunos não se mostraram interessados, pois apesar de ser diferente não era algo que os fazia pensar e refletir sobre a solução, o que os levou a se distraírem. Outros até se interessavam, mas, por alguns minutos, somente enquanto o experimento estava funcionando, quando o professor dirigia-se ao quadro tudo voltava a ser como antes (teoria, exemplos, exercícios) o que desanimava os mesmos (GRANDI, 2010).

Os anos seguintes não foram diferentes, o professor utilizava ainda diversas vezes da transmissão dos conteúdos, colocando na lousa a definição de cada lei e em seguida comentava alguns exemplos sobre os mesmos com os alunos. Logo após passava algum exercício e resolvia juntamente com os alunos no quadro, raramente usava o livro adotado pela escola. Os alunos às vezes reclamavam das aulas serem sempre a mesma coisa, onde se insistia diversos dias na resolução de exercícios (GRANDI, 2012).

Na maior parte das aulas sobre as leis de Newton o professor utilizava como principais recursos desenhos na lousa, para explicar as forças e 3ª Lei de Newton (Princípio da Ação e Reação), ou simplesmente exercícios e ainda um breve resumo sobre o conceito (GRANDI, 2012).

Em uma das aulas observadas o professor entregou aos alunos uma lista de exercícios, sendo revisão para a prova, sobre as Leis de Newton. Alguns alunos não se importavam com a revisão, dispersando-se com outras coisas, outros tiveram dificuldades em resolver, devido às equações, sendo que na maioria das vezes o professor se dirigia ao quadro e resolvia parte da lista.

No decorrer dos quase quatro anos de permanência no programa (PIBID), pensamos em algumas atividades diferentes que poderiam ser abordadas, para que de certo modo chamasse a atenção do aluno e o levasse a pensar e a interagir. Algumas das atividades desenvolvidas foram minicurso, feira de ciências e abordagem em sala de aula (GRANDI, 2010 e 2012).

Assim resumindo as aulas observadas, notamos que o principal método utilizado para explicar as Leis de Newton no colégio é por meio de desenhos na lousa, ou por meio de exercícios a fim de fixar o conceito estabelecido.

Desse modo analisando não somente como a maioria dos conceitos físicos é abordada no Ensino Médio, mas considerando também, a maneira de como os professores foram ensinados/formados a trabalhar, justifica sua atuação. Com o programa, ou a partir de todos os estudos que tivemos sobre os métodos de ensino-aprendizagem e como trabalhar na sala de aula de forma diferente de modo a atrair o aluno, mudou totalmente nossa maneira de pensar e enxergar o ensino, o que antes só era visão tradicional e que para nós era eficaz sendo visão de quando éramos alunos, onde a única culpa era do aluno que atrapalhava a aula, ou que não se interessava, vemos hoje a partir do PIBID, que o professor deve sair do seu papel central de transmissor do conteúdo e criar espaços para que os alunos sintam-se motivados a criar, pensando soluções para objetivos propostos, a formular hipóteses e a construir sua própria interpretação do mundo científico. Porém para que tudo isso possa acontecer o professor não deve

deixá-lo só, mas interagir com o aluno, procurando entender suas atitudes e pensamentos, fazendo-o refletir sobre o conhecimento, de forma que o aluno consiga perceber que a ciência não está pronta e finalizada, mas que ele, através de seu raciocínio pode modificá-la, ou simplesmente entender que a ciência não surgiu do nada, mas que foi fruto de aperfeiçoamentos e estudos de pessoas que um dia também pensaram como eles.

## 5 DE ARISTÓTELES A NEWTON: O CONCEITO DE FORÇA E MOVIMENTO

### 5.1 ARISTÓTELES E AS PRIMEIRAS IDEIAS

Entender como funciona o mundo, como e porque as coisas se movem é uma questão que intriga e intrigou o ser humano desde os tempos mais remotos. Para chegarem a uma definição tal como são aceitas hoje, muitas teorias e modelos foram criados ao longo da História. Tais teorias na maioria das vezes estão relacionadas à visão de mundo e de universo que os filósofos e cientistas tinham (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008).

Os gregos preocuparam-se em explicar o universo, e com isso viam-no como perfeito, ilimitado e permanente (imutável). Dentre eles Parmênides e Zenão, onde:

[...] acreditavam que o que já está no seu *estado de perfeição* não teria por que mudar (mudanças de qualquer natureza, inclusive de posição – movimento). Distinguiam entre o SER e o NÃO-SER. Mudança, transitoriedade, movimento e vácuo são características do NÃO-SER (PONCZEK, 2002, apud GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008, p.9).

“Na visão desses filósofos, por serem imperfeitas as coisas que mudam, elas seriam irreais, ou seja, *não são*” (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008, p.9). Já para Heráclito, o mundo estaria em constante mutação e movimento, diferente de Parmênides.

Os gregos pré-socráticos criaram a ideia do princípio fundamental, do *arché* (uma espécie de argila), de onde provinham os elementos que constituem o universo. Ponckzek, descreve que:

Para Tales de Mileto (séc. VI a.C.), o *arché* era a água, indispensável à vida em qualquer forma. Para Anaxímenes (séc. VI a.C.), esse elemento primordial era o ar, pois a respiração, ou *pneuma*, é o princípio fundamental da vida. A existência de uma maior ou menor quantidade desse elemento fundamental nas coisas é que explicava seus movimentos. Anaximandro (séc. VI a.C.), também de Mileto, invoca um *arché* que não é nem o ar nem a água, mas um elemento indefinido e ilimitado, o *apeyron*, o qual usa também para explicar

uma possível origem da Terra e do Universo: este seria uma praia de *apeyron*; e as diferenças de temperatura fariam o *apeyron* quente se converter em fogo e formar as estrelas, e o frio produziria os elementos terra e a água.

Empédocles (490 a.C.), da Sicília, avança em relação aos modelos anteriores, que eram de um elemento fundamental único. Ele formula a teoria de que todas as coisas são constituídas pelos quatro elementos imutáveis - terra, água, ar e fogo -, na qual Aristóteles se inspiraria mais tarde para formular a sua mecânica (PONCKZEK, 2002 apud GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008, p.9-10).

Em sequência, Leucipo e Demócrito na premissa de que o universo é constituído por átomos, tem-se que estes são imutáveis e indivisíveis podendo combinar-se de infinitas maneiras, entre elas evoluir, movimentar-se livremente no vácuo e reorganizar-se para formar diferentes formas de matéria que existem (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008). Porém, foi a filosofia de Aristóteles, marcadas pela física e a cosmologia que perduraram durante o século IV a.C., até o século XVII d.C, com pensamentos sistemáticos formulados a respeito dos fenômenos físicos e da estrutura do universo, sendo este de caráter qualitativo (PORTO; PORTO, 2008).

Nesta filosofia Aristóteles pensava que o universo em si era completamente preenchido de matéria, e rejeitava a existência de uma extensão material infinita. Acreditava-se em um universo finito ao qual identificava a Terra como centro estático, sendo dividido em dois mundos, “o mundo sub-lunar, abaixo da esfera que conteria a Lua e no qual está a Terra, e o mundo supra-lunar, que vai da Lua e até a esfera celeste” (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008, p.11). Para Aristóteles isso é era necessário, pois:

Tudo que está acima da Lua, e que era conhecido à época, como estrelas, planetas e a própria Lua, pareciam ter movimentos circulares perfeitos e perpétuos, e, portanto, estavam de acordo com sua premissa de perfeição. Já os objetos situados abaixo da esfera lunar, o mundo terreno, estão cheios de movimentos e sofrem modificações que caracterizam sua imperfeição e transitoriedade, e necessitavam ser separados daqueles perfeitos (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008, p.11).

Nesta concepção, o mundo supra-lunar é perfeito, incorruptível e imutável, onde o movimento circular dos astros em torno da Terra estática é tomado como “natural”. Para Aristóteles não necessitaria haver um agente produzindo alguma força para explicar o movimento ou as órbitas dos astros em torno de um astro central (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008).

O mundo sub-lunar, seria aqueles em que os corpos eram compostos pelos quatro elementos, terra, água, ar e fogo, onde os mais pesados teriam mais terra e água do que ar ou fogo. Já os mais leves teriam mais ar ou fogo do que terra e água. E o mundo supra-lunar seria constituído pelo quinto elemento, o éter (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008).

O mundo sub-lunar ainda seria separado em dois movimentos, os celestes classificados pelos perfeitos e naturais, e os terrestres em movimento naturais e violentos. Nos movimentos naturais não haveria a presença de agentes externos atuando, como exemplo a queda dos corpos, em que uma pedra ao ser solta tende por natureza buscar seu lugar o mais próximo do centro da Terra (chão). Já a fumaça sobe, pois é formada de ar e fogo, e o lugar do fogo é acima do ar. Já para os movimentos violentos tem-se os lançamentos horizontais, afetados por agentes externos, como empurrões, puxões entre outros, necessitando do contato entre o agente motor e o movido, como exemplo uma flecha, também cita outro exemplo:

Uma pedra só terá um movimento para cima se alguém a jogar para cima: naturalmente, ela jamais faria este movimento vertical e para cima. Uma flecha, para sair do repouso, precisa ser *forçada* a isso por um agente que lhe comunique um movimento violento. Segundo Aristóteles e seus seguidores, uma vez que a flecha é lançada pelo arco, o ar deslocado pela frente da flecha ‘retorna’, contornando a flecha, para ocupar o lugar por ela deixado vazio atrás, passando com isso a empurrá-la para frente. O movimento do ar ao redor da flecha e para trás da mesma é um movimento natural, no entanto: ele ocorre porque, quando a flecha se desloca para frente, tende a deixar atrás de si um *vácuo*, e a natureza tem “horror ao vácuo”, segundo a física aristotélica. Segundo Aristóteles, essa ação do ar, necessária para manter a flecha em movimento, vai escasseando até se extinguir, quando a flecha cai (GONZATTI; SARAIVA; RICCI 2008, p.12).

“A dinâmica da mecânica aristotélica baseava-se na crença de que a velocidade adquirida por um corpo, em um movimento violento, é proporcional à força exercida sobre ele, e essa deve ser maior que a resistência oferecida pelo meio” (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008, p.12). Desse modo, segundo Gomes (2008, p.26), podemos resumir a lei aristotélica do movimento pela equação:

$$V \propto \frac{F}{R}$$

(1)

- **No movimento natural:** F é o peso e R a resistência do meio;
- **No movimento violento:** F é a força motriz e R a resistência do meio;
- **No vácuo, R = 0:** como  $V \rightarrow \infty$  é impossível, o movimento não pode existir no vácuo.

As ideias de Aristóteles foram satisfatórias e aceitas durante toda a Antiguidade Clássica e a Idade Média, na Europa, em que não se concebia a ação a distância e a possibilidade ao vácuo. A ideia mais conflitante foi a do movimento violento, a exemplo da flecha em que o ar se deslocava para traz, dando meia volta e ao voltar empurrava a flecha novamente mantendo-a em movimento após o lançamento (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008).

Assim, a mecânica aristotélica propunha uma explicação para os movimentos que não abriam mão da presença do meio, em que sempre oferece resistência, pois era a partir deste cenário que Aristóteles descrevia suas explicações, determinando que:

Se todas as coisas estivessem em seus lugares naturais, não haveria razão para elas de lá saírem. Apenas através de violência (e aplicação de um esforço exterior) é que se poderia conseguir isso. Contudo, elas voltariam para seus lugares naturais tão logo cessasse a ação que causou o movimento, reencontrando assim o seu equilíbrio perdido e violado (p.136).

Ainda estabelece que além dos quatro elementos exista um quinto elemento, sendo este nem leve nem pesado, em que o movimento natural é a rotação e do qual são feitos todos os corpos celestes, como as estrelas, os planetas e esferas cristalinas. Para Aristóteles a existência deste quinto elemento pode ser concluída por:

Todo movimento é ou natural ou contrário à natureza e que o movimento que é contra-natural para um corpo é natural para outro, como é o caso do movimento para cima e para baixo, que é natural e contra-natural para o fogo e para a terra, respectivamente, segue-se necessariamente que o movimento circular, sendo não natural para estes corpos, é natural para algum outro. E, além disso, se o movimento circular é o deslocamento natural para alguma coisa, está claro que haverá entre os corpos simples e primários algum que se moverá naturalmente em círculo, como faz o fogo para cima e a terra para baixo (ARIST, I, 2, apud ÉVORA, 2005, p.137-138).

Hiparco (194 a.C.–120 a.C.) e Filopono (490-570), contrapunham as ideias de Aristóteles, que julgava necessário a presença de um agente externo aplicando força para haver movimento, argumentando que “o que mantém um projétil em movimento (a flecha, no nosso exemplo), é uma *força impressa* que o agente arremessador transferiu ao projétil em movimento”(GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008, p.13).

Para eles não é o ar quem empurra a flecha, mas sim uma força que o arco imprime garantindo seu movimento. Mesmo discordando de Aristóteles acreditavam que quando fosse necessário uma força ser exercida para manter o movimento, essa força deveria ser proporcional à velocidade e esta proporcional à força resistiva (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008). Assim, mesmo tendo a necessidade de uma força para o corpo se movimentar, cria-se a possibilidade de um movimento no vácuo. A representação desta ideia pode ser dada como:

$$V \propto (F - R)$$

Assim Jean Buridan (1300-1361), e outros franceses do século XIV, aperfeiçoaram a teoria da força impressa, formulando a teoria do *Impetus*, e criticavam as ideias de “Aristóteles sobre o movimento de um corpo após cessado o contato com o projetor” (BRUTTI, COLETTI e OLIVEIRA, 2000 apud GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008, p.13). Ainda fica a ideia da necessidade de uma força a fim de manter o movimento. Mas ao invés da força transmitida se extinguir, o que é transferido ao corpo pela força imprimida é chamada de *Impetus*, “que não se mantém constante durante o movimento de uma flecha, mas é gradativamente superado pela resistência do meio e sendo perdido pelo corpo. Por isso os objetos perdem velocidade e caem. Ou seja, o

*Impetus* seria conservado se não fosse a ação resistiva do meio” (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008, p. 13). Buridan ainda descreve:

“É preciso, portanto, admitir que o motor, movendo o móvel, imprime certo impulso (*impetus*), certa força motriz no sentido em que o motor o mover. É por este *impetus* que é movida a pedra depois que aquele que a lançou cessou de movê-la; mas, devido à resistência do ar e ao peso da pedra que a atira num sentido contrário ao que o *impetus* a impele, este *impetus* vai incessantemente decrescendo” (BURIDAN apud TATON, 1960 apud CARVALHO, 1989, p.11-12).

Desse modo, Rosmorduc comenta que a teoria do *ímpetus* foi a causa de movimento e também fonte de novas interrogações, como:

Buridan tenta aplicar sua teoria aos movimentos cósmicos. Albert de Saxe, tendo descoberto que a velocidade de queda dos corpos tende a crescer, quer explicar este resultado pela doutrina do **ímpetus**. Nicole Oresme, com o mesmo estado de espírito, se aproxima da noção de movimento uniformemente acelerado e se interroga sobre a imobilidade da Terra. Nicolau de Cues imagina um Universo ao mesmo tempo infinito e limitado, e substitui a idéia do Primeiro Motor de Aristóteles pela de um **ímpetus** inicial dado por Deus. Leonardo da Vinci se interroga sobre vários problemas: movimentos dos corpos sobre os planos inclinados, ações conjugadas de muitas forças sobre um mesmo móvel etc. Dominique de Soto, Nicolas Tartaglia, Gerolamo Cardano se interrogam sobre a “queda dos graves”, e J. B. Benedetti introduz a física do **ímpetus** em todos os aspectos do movimento e do equilíbrio dos corpos. Acompanhando os progressos técnicos e os movimentos das idéias desenvolvidas acima, observa-se incontestavelmente uma espécie de efervescência que agita a mecânica (ROSMORDUC, 1985 apud GOMES, 2008, p.27-28).

## 5.2 PTOLOMEU E COPÉRNICO

Os conhecimentos astronômicos babilônico e grego foram compilados e aperfeiçoados por Claudio Ptolomeu (87-151), sendo publicados em treze livros com o nome de *Almagesto*. Assim, o modelo geocêntrico de Ptolomeu, prevaleceu por cerca de dezesseis séculos, até Nicolau Copérnico (1473-1543) resgatar e aperfeiçoar o modelo heliocêntrico de Aristarco de Samos (310-230 a.C) (PICAZZIO, 2009).

Para explicar seu modelo geocêntrico a fim de preservar o movimento uniforme dos planetas em epiciclos referentes a um ponto, Ptolomeu utilizava dados numéricos

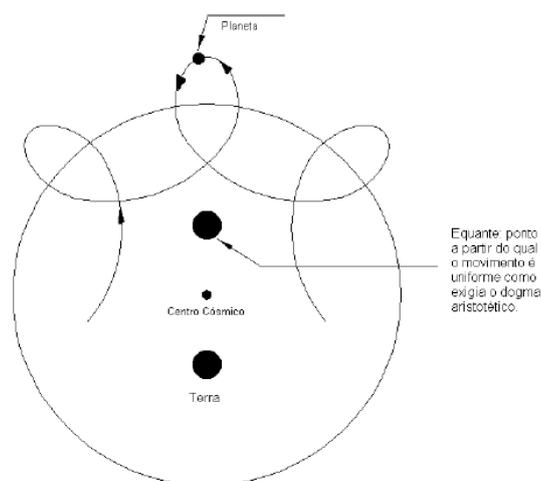
coerentes, além de um artifício matemático chamado o ponto equante. (MEDEIROS; MONTEIRO, 2002).

Assim, para dar conta do movimento retrógrado dos planetas, e contornar o problema das alterações das velocidades angulares, Ptolomeu descreve a configuração básica de seu sistema a partir de epiciclos, excêntricos e equantes<sup>5</sup> (MEDEIROS; MONTEIRO, 2002).

Feyerabend (2007) descreve esse sistema da seguinte maneira:

O planeta movia-se em um círculo pequeno (epiciclo) onde o centro deste estava no círculo maior (deferente) e cujo centro do epiciclo possuiria velocidade constante em relação ao equante, como figura abaixo, assim um observador no planeta Terra estaria do lado oposto do centro do deferente (FEYERABEND, 2007 apud DAMASIO, 2011, p.2).

Como pode ser visto na figura abaixo:



**Figura 1: Equante, epiciclos e excêntricos adotados pela astronomia grega.**

Fonte: DAMASIO, 2011, p.3.

Em 1543 Nicolau Copérnico (1473 - 1543) publicou uma teoria heliocêntrica com o título de *De Revolutionibus Coelestium Orbium* (Sobre as Revoluções das Órbitas

<sup>5</sup> O *equante* era um ponto localizado fora do centro da órbita do planeta em torno da Terra, em relação ao qual a velocidade angular do respectivo planeta seria constante (KUHN, 1990 apud MEDEIROS; MONTEIRO, 2002, p.32).

Celestes) (GOMES, 2008). No prefácio de seu livro, o cônego polones (LUCIE, 1977 apud GOMES, 2008, p. 298) revela a razão de tê-la escrito:

[...] Ora, tendo longamente meditado sobre a incerteza do ensinamento dos matemáticos em relação à composição dos movimentos das esferas do mundo, aborreceu-me o fato de que os filósofos que tinham estudado com tanto cuidado até as menores coisas relacionadas com este mundo, não ofereciam nenhuma explicação certa para os movimentos da máquina do Universo, que tinha sido construída para nós pelo melhor e o mais perfeito dos artistas.

Por essa razão, resolvi ler os livros de todos os filósofos que pudesse conseguir, para ver se alguns deles já tinham cogitado que os movimentos das esferas do mundo pudessem ser diferentes dos que os matemáticos ensinam nas escolas. E achei, primeiro em Cícero, que Nicetus pensava que a Terra se movia. Mais tarde encontrei também em Plutarco que alguns outros tinham tido a mesma opinião.

[...] Partindo daí, comecei também a pensar na mobilidade da Terra. E, embora a opinião parecesse absurda, posto que outros antes de mim tinham tido a liberdade de imaginar uns círculos a fim de deduzirem os fenômenos dos astros, pensei que também a mim seria permitido procurar ver se, ao admitir algum movimento da Terra, não seria possível encontrar uma teoria mais sólida da revolução dos orbes celestes.

Assim é que, dados os movimentos que mais adiante atribuo à Terra, achei finalmente, por meio de longas e numerosas observações que, se os movimentos dos outros astros errantes fossem relacionados ao movimento (orbital) da Terra, e que esse movimento fosse tomado por base da revolução de cada um dos astros, não somente se deduziriam os seus movimentos aparentes, como também a ordem e as dimensões de todos os astros e orbes, e que se encontraria no céu uma coesão tal que não se poderia mudar nada em nenhuma de suas partes sem produzir confusão nas outras e no Universo inteiro.

Neste sentido Copérnico criticava a teoria ptolomaica: “no entanto, o ponto *equante* trazia uma incoerência de ordem estética ao sistema ptolomaico, uma vez que violava o preceito platônico do movimento circular e uniforme, em relação ao centro das suas órbitas”(MEDEIROS; MONTEIRO, 2002, p.32)

Ainda continua:

A introdução apenas do sistema de *epiciclos* e *deferentes* permitia a Ptolomeu dar conta da trajetória dos planetas, mas não da irregularidade de suas velocidades angulares em relação à Terra. Deste modo, o movimento dos planetas poderia ser concebido como circular, mas não como uniforme em relação a uma Terra localizada no centro

da órbita dos planetas. O artifício da invenção do *equante* permitia, contudo, imaginar que o planeta movia-se de modo circular e uniforme em torno deste *equante*, não mais em torno da Terra. Assim, de acordo com o sistema ptolomaico, apenas quando vistos da Terra os planetas pareceriam não estarem seguindo um movimento circular e uniforme. Isto seria, em tal concepção, tão somente uma aparência, que poderia ser salva com a introdução do *equante* (MEDEIROS; MONTEIRO, 2002, p.32).

Copérnico, após declarar sua insatisfação para com os sistemas astronômicos já descritos, propõe a construção de um sistema que acreditava ser “*mais simples*”, constituído de “*elementos menos numerosos*” e fundamentado num novo conjunto de pressupostos astronômicos:

1. não existe um centro único de todas as esferas celestes;
2. o centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas o da gravidade e da esfera lunar;
3. todas as esferas giram em torno do Sol, como se ele estivesse no centro das mesmas. O centro do mundo, portanto, está perto do Sol;
4. a razão entre a distância do Sol à Terra e à altura do firmamento é menor do que a razão entre o raio da Terra e a sua distância ao Sol; e com muito mais razão esta é desprezível quando confrontada com a altura do firmamento;
5. qualquer movimento aparente no firmamento não pertence ao mesmo, mas à Terra. Logo, a Terra, com os elementos adjacentes, gira em torno dos seus pólos invariáveis em um movimento diário, ficando permanentemente imóveis o firmamento e a última das esferas;
6. qualquer movimento aparente do Sol não é causado por ele, mas pela Terra e pela nossa esfera celeste, com a qual giramos em torno do Sol como qualquer outro planeta. Assim, a Terra é transportada por vários movimentos;
7. os movimentos aparentes de retrogressão e progressão dos planetas não pertencem aos mesmos, mas à Terra. O movimento da Terra é suficiente para explicar muitas das irregularidades aparentes no céu (MEDEIROS; MONTEIRO, 2002, p.33).

Refutando a teoria de Ptolomeu, Copérnico afirma que o centro da Terra não seria o centro das órbitas dos planetas, pois, haveria variação nas distâncias entre a Terra e os planetas aos quais possuem velocidades variáveis. Assim, ele explicava o motivo de os planetas ao serem observados de distâncias diferentes em um mesmo intervalo de tempo o comprimento destas órbitas pareceriam diferentes (COPÉRNICO, 1984 apud MEDEIROS; MONTEIRO, 2002).

Assim no terceiro pressuposto Copérnico afirma que:

os planetas orbitam em torno do Sol, apesar deste não se encontrar no ponto central destas órbitas, mas em um local próximo a este centro. Revela-se aqui a conciliação do modelo com as observações, resultando no motivo pelo qual é mais adequado denominar o sistema copernicano como heliostático (COPÉRNICO, 1984 apud MEDEIROS; MONTEIRO, 2002, p.34).

Porém “para Aristóteles, o movimento da Terra, tanto o de rotação como o de translação, era inconsistente com a sua teoria do movimento natural e violento dos corpos” (GOMES, 2008, p.30), existindo assim algumas evidências empíricas sobre o movimento do globo, em que destaca:

É claro, portanto, que a Terra deve estar no centro [do universo] e imóvel, não apenas pelas razões já indicadas, mas também porque **corpos pesados atirados forçadamente [violentamente] para cima, em [em direção] bem reta, retornam ao ponto de onde partiram, mesmo se forem atirados a uma distância infinita.** Dessas considerações torna-se claro que a Terra não se move e não está em um lugar diferente do centro (ARISTÓTELES apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p.30).

Segundo Martins (1986 apud GOMES, 2008), Ptolomeu, no *Almagesto*, também descreve alguns argumentos contrários à mobilidade terrestre. Mesmo aceitando que as observações estelares não são conclusivas em relação a uma Terra estática, acreditou, como Aristóteles, que certos fenômenos terrestres são incompatíveis com o movimento desta, onde relata:

[...] em relação aos fenômenos das estrelas, nada talvez impedisse que as coisas estivessem de acordo com essa simples conjectura [do movimento de rotação da Terra], mas à vista daquilo que ocorre em torno de nós no ar, tal noção parece completamente absurda (PTOLOMEU apud MARTINS, 1986, apud GOMES, 2008, p.30).

Ainda continua:

[...] **todas as coisas que não estivessem em repouso sobre a Terra pareceriam ter um movimento contrário a esse [ao movimento da Terra],** e nunca se veria uma nuvem mover-se para leste, nem qualquer outra coisa que voasse ou que fosse atirada ao ar. Pois a Terra sempre as ultrapassaria em seu movimento para leste, e assim todos os corpos pareceriam ser deixados para trás e mover-se para oeste (PTOLOMEU apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p.31).

Logo Copérnico teve a mais difícil tarefa, num período em que a visão ptolomaica já estava difundida a séculos. Copérnico contou deste modo, com “nomes como Giordano Bruno (1548 - 1600), Johannes Kepler (1571 - 1630), Galileu Galilei (1564 - 1642), René Descartes (1596 - 1650) e Isaac Newton (1642 - 1727) que estavam envolvidos na consolidação da teoria heliocêntrica” (GOMES, 2008, p.31).

### 5.3 DEFENSORES DE COPÉRNICO

“Nicole Oresme (1316 - 1390) criticou os argumentos contrários ao movimento da Terra, através de um manuscrito, em 1377. O autor esforça-se em mostrar que nenhuma experiência permite provar que a Terra está em repouso” (MARTINS, 1986, apud GOMES, 2008, p.31), dizendo:

Não se poderia provar por experiência alguma que o Céu se move com movimento diário, e não a Terra. Mas, sob toda correção, parece-me que se poderia bem sustentar e dar cor à última opinião, a saber, que a Terra se move com movimento diário, e o Céu não. E, primeiramente, eu desejaria declarar que não se poderia mostrar o contrário por qualquer experiência; em segundo lugar, nem por razões; e, em terceiro lugar, dar a razão disso (ORESME apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p.31).

Oresme relembra o comentário de Aristóteles (apud MARTINS, 1986, apud GOMES, 2008, p. 32) sobre o exemplo da pedra arremessada para cima e descreve:

**[...] quem estivesse em um navio que se movesse muito rapidamente para o oriente e atirasse uma seta bem reta para cima, ela não cairia na nave, mas bem longe do navio, para o ocidente;** e de forma semelhante, se a Terra se move tão rapidamente girando do ocidente para o oriente, desde que lançássemos uma pedra bem reta para cima, ela não cairia no lugar de onde ela parte, mas bem longe para o ocidente; e o contrário é percebido, de fato.

Oresme ainda procurou, mostrar que os movimentos relativos são os únicos que podem ser observados:

Então, eu suponho que o movimento local não pode ser percebido sensivelmente a não ser tanto quanto se percebe que um corpo esteja [em movimento] olhando-se para outro corpo. E por isso, se um homem está em um navio chamado A, que se move muito suavemente, rápida ou lentamente, e se esse homem não vê outra

coisa, além de um outro navio chamado B, que seja movido de forma totalmente semelhante ao modo como [se move] A, no qual ele está, eu digo que parecerá a esse homem que um e outro [navios] não se movem; e se A está em repouso e B é movido, parece-lhe e assemelha-se que B é movido; e se A é movido e B fica em repouso, parece-lhe, como antes, que está em repouso e que B é movido (ORESME apud MARTINS, 1986, apud GOMES, 2008, p. 32).

Segundo Oresme devido as dificuldades em perceber em um sistema quais os corpos que estão em movimento, em relação ao observador e um objeto observado, descreve experiências realizadas na própria Terra a fim de descobrir se esta está em repouso ou em movimento:

À segunda [experiência] aparece a resposta por isso: segundo essa opinião, a Terra não é movida sozinha, mas com água e o ar, como é dito; embora a água e o ar daqui de baixo possam ser movidos de outra forma pelos ventos ou pelas outras causas; e é semelhante como se um navio se movesse e nele houvesse ar guardado; pareceria àquele que estivesse em tal ar que ele não se move (ORESME apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p.32-33).

Oresme, assim como outros filósofos também partilharam da ideia de que a Terra ao mover-se levaria consigo a água e o ar, onde pode ser observado em seu comentário, onde relata a experiência da pedra lançada para cima:

À terceira experiência, que parece mais forte, da seta ou pedra lançada para cima etc., dir-se-á que a seta atirada para o alto, com esse movimento, é movida para o oriente muito rapidamente com o ar através do qual ela passa e com toda a massa da parte baixa do Mundo, antes indicada, que se move com movimento diurno; e por isso a seta recai no lugar da Terra de onde partiu (ORESME apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p. 33).

Segundo Martins, um fato interessante é que Oresme acreditava na possibilidade da composição de movimento de um corpo, o que contradizia a visão aritotélica, conforme relata:

Igualmente, dentro do navio assim movido como foi dito, **podem existir movimentos longitudinais, transversais, para o alto, para baixo, de todas as maneiras, e pareceriam ser em tudo como se o navio repousasse.** ...; e de modo semelhante, no caso colocado antes, todos os movimentos aqui em baixo pareceriam ser como se a Terra repousasse (ORESME apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p.34).

Portanto, das afirmações de Oresme percebemos que a noção de inércia ainda não fazia parte de seu pensamento, como até então não estaria presente no pensamento de nenhum filósofo, pois, não acreditavam na ideia de movimento sem a presença de forças atuantes. Em relação à experiência dos projéteis, Copérnico explica o motivo dos corpos caírem no mesmo lugar em que foram lançados, pois, o ar de algum modo está ligado a Terra, onde obriga os corpos ao redor a participarem dos movimentos (GOMES, 2008). Assim Oresme continua afirmando que estes movimentos são compostos pelo movimento vertical e horizontal, dizendo ainda “que em relação ao universo o movimento de corpos que caem ou sobem é duplo e é, em geral, composto do retilíneo e do circular” (COPÉRNICO apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p. 35).

Mais uma vez segundo Martins (1986 apud GOMES, 2008, p.35), “[...] não há em Copérnico a idéia de um movimento por inércia mas algum tipo de acompanhamento de um movimento natural”. Logo a ideia de inércia viria pouco mais a frente, através de Giordano Bruno dando um passo a frente na teoria de Copérnico, ao qual rompeu com a ideia de universo finito, proclamando um universo infinito e homogêneo, sem centro, limites ou qualquer posição diferente (BAILEY, 1928 apud PORTO; PORTO, 2008), como descreve:

A um corpo de dimensão infinita não se pode atribuir nem centro nem limites. Pois quem fala do vazio ou do éter infinito não lhe atribui nem peso, nem leveza, nem movimento, nem distingue ali região superior, inferior ou intermediária; supõe, ademais, que haja nesse espaço inúmeros corpos como nossa Terra e outras terras, nosso Sol e outros sóis, todos os quais executam revoluções nesse espaço infinito, através de espaços finitos e determinados, ou em torno de seus próprios centros. Assim, nós na Terra dizemos que a Terra está no centro; e todos os filósofos, antigos e modernos e de quaisquer credos, proclamam sem prejuízo para seus próprios princípios que aqui se encontra verdadeiramente o centro (BRUNO, 2007 apud PORTO; PORTO, 2008, p.4).

Em sua obra *Ceia dos penitentes*, escrita por diálogos, Giordano Bruno dá o primeiro entendimento sobre o conceito de inércia, e ainda exclui a influência do ar (BRUNO apud MARTINS, 1986, apud GOMES, 2008, p. 35-36 grifo do autor):

(Teófilo:) Ora, para voltar ao assunto, supõe-se que haja então duas [pessoas], das quais uma se encontra dentro do navio que corre, e a

outra, fora dele, e que tanto uma quanto a outra tenham a mão perto do mesmo ponto do ar e, que do mesmo lugar, ao mesmo tempo, um deixe cair uma pedra e o outro outra; sem que lhe dêem qualquer empurrão, a do primeiro, sem perder um ponto nem desviar sua linha, atingirá o lugar prefixado, e a do segundo irá encontrar-se deslocada para trás. **O que não ocorre senão que a pedra que sai da mão daquele que é sustentado pelo navio, e que conseqüentemente move-se segundo o movimento dele, tem uma virtude impressa, que não tem a outra, que procede da mão daquele que está fora; e isso apesar de as pedras possuírem a mesma gravidade, atravessarem o mesmo ar, partirem (se tal fosse possível) do mesmo ponto e possuírem o mesmo empurrão.** Não podemos dar outra razão a essa diversidade a não ser a de que as coisas que estão fixas ou que de forma semelhante pertençam ao navio movem-se com ele; e **uma pedra leva consigo a virtude do motor que se move com o navio, e a outra, a daquele que não tem tal participação.** Disso se vê manifestamente que a virtude de andar em linha reta não é obtida nem do ponto de onde se parte, nem do ponto para onde se vai, nem do meio no qual se move, mas da eficácia da virtude impressa primeiramente, da qual depende toda a diferença.

Martins (1986, apud GOMES, 2008, p. 36) ainda ressalta que “[...] ao usar a palavra ‘virtude impressa’, ele está utilizando o mesmo termo que Newton depois veio a utilizar, em latim (*vis*), para indicar a inércia (*vis inertiae*)”.

#### 5.4 CONTRIBUIÇÕES DE GALILEU

Como relata Martins (1986; COHEN, 1988 apud GOMES, 2008) Galileu no início de sua carreira aderira às ideias de Aristóteles e Ptolomeu sobre o universo, no entanto somente em 1597 é que passa a aceitar as ideias de Copérnico.

Segundo Porto e Porto (2008) Galileu era super defensor do uso de experimentos. Dita-se então que com a invenção do telescópio, este acabou por inventar também o seu e além de tantos outros como telescópios, microscópio, termômetros e bússolas. Esses instrumentos facilitaram suas observações do sol e da lua, aos quais permitiram constatar que os astros não possuíam forma esférica perfeita, além de muitas outras descobertas. Dessa forma relata Cohen (1988 apud GOMES 2008, p37) que, “para onde olhava descobria provas para sustentar o sistema copernicano contra o ptolomaico ou, pelo menos, para enfraquecer a autoridade dos Antigos”.

De acordo com Martins (1986 apud GOMES, 2008), as primeiras ideias de Galileu sobre os argumentos contrários e a favor do movimento da Terra, foram encontradas em anotação em um livro de sua biblioteca, cujo nome era *Discurso contra o movimento da Terra*, de Ludovico delle Colombe. Neste livro os argumentos do autor foram essenciais para o despertar das ideias de Galileu, em que imaginou outra experiência envolvendo um navio em movimento, ao qual descreve:

Estando um barco parado, coloque-se uma superfície plana em equilíbrio, como, por exemplo, um espelho, e acima dele, em repouso, uma bola perfeitamente redonda; ver-se-á sobre o mesmo espelho a mesma bola ficar parada, apesar de o barco mover-se velozmente; **argumento claro de que o ímpeto recebido pela bola daquele que a coloca, que está no barco quando ele se move muito velozmente, não se aniquila ou diminui**; pois, se fosse diminuindo, a bola, depois de ser colocada sobre o espelho, começaria a correr ao contrário do movimento do barco, se não houvesse algum propulsor que a empurrasse e obrigasse a seguir o movimento do barco (...) Mas essa bola correria para trás, se aquele que a coloca [sobre o espelho] estivesse fora do barco e, quando passasse diante dele, colocasse a bola sobre o espelho; sem dúvida alguma ela correria contra o movimento do barco (GALILEU apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p.37-38 grifo do autor).

Martins (1986 apud GOMES, 2008) analisa que Galileu mesmo parecendo ter ideias fecundas sobre a inércia, a partir de seu experimento no navio, quando cita a experiência do tiro para o céu, ao qual afirma “que todos os corpos pesados possuem um ‘movimento natural, congênito e simultâneo’, que é circular em torno do centro da Terra, com duração de 24 horas, e que por esse motivo a bala atirada para cima acompanha a Terra” (MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p.38), percebe-se que ele acabava caindo em pensamentos aristotélicos.

Outro documento importante que mostra a evolução dos pensamentos de Galileu sobre a relação entre força e movimento é a carta-reposta a Francesco Ingoli, ao qual esta por conter argumentos sobre as teorias de Aristóteles, Ptolomeu e Tycho Brahe, a igreja pediu a Galileu, que não se pronunciasse em defesa do copernicanismo. Galileu em respeito não respondeu a carta, e somente depois de oito anos, mediante o novo papado resolve responde-la (GOMES, 2008).

Com relação a tal Galileu (2005 apud GOMES, 2008, p.39, grifo do autor), responde fazendo a seguinte introdução:

Quanto ao movimento diurno, ou seja, o movimento sobre si mesma em 24 horas de ocidente para oriente, das muitas razões e experiências que foram formuladas por Aristóteles, Ptolomeu, Tycho e outros, vós passais por elas bastante ligeiramente acenando para apenas duas, isto é, **aquela usadíssima dos corpos graves que caem perpendicularmente sobre a superfície da Terra e a outra dos projéteis, os quais sem qualquer diferença movem-se por espaços iguais tanto para levante quanto para poente e tanto para o sul quanto para o norte [...].**

Desse modo, ao decorrer de sua resposta Galileu destaca as mudanças feitas por Tycho Brahe, em defesa da imobilidade da Terra, onde adaptou os argumentos de Aristóteles e Ptolomeu, que falavam em pedras e setas, para balas lançadas de canhão. Devido as modificações, o argumento da pedra lançada verticalmente para cima em um navio é descrito como:

Os que acreditam que uma bala lançada para o alto no interior do navio em movimento retorna ao mesmo lugar como se o navio estivesse em repouso, eles se enganam fortemente. De fato, a bala ficará para trás, tanto mais quanto mais rapidamente se desloque o navio (BRAHE apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p. 40).

As experiências de Ptolomeu que falava de setas também teve uma nova versão:

A experiência nos mostra que balas de mesmo peso e tamanho, lançadas em um e um outro sentido [leste e oeste] por uma mesma quantidade de pólvora de canhão de mesma força, atingem aproximadamente o mesmo espaço da superfície terrestre, tanto para o Oriente quanto para o Ocidente, se forem, como já disse, atiradas com a mesma inclinação do canhão, e desde que o ar esteja bastante tranquilo e não haja causa accidental favorecendo ou impedindo esse impulso; ora, no entanto, pelo movimento extremamente rápido da Terra (se ele existisse), a bala atirada para o oriente não poderia jamais percorrer um espaço igual sobre a superfície da Terra, que por seu movimento avança diante dela, quanto aquela que da mesma maneira fosse lançada para o Ocidente ... (BRAHE apud MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008, p.40).

Porém, para à experiência do navio, Galileu declara que esta não era capaz de afirmar quanto à imobilidade ou não da Terra ao qual critica os aristotélicos, dizendo citá-las como prova de uma Terra estática, sem tê-la feito. Onde descreve:

Digo-vos, portanto, Sr. Ingoli, que, enquanto o navio está em curso, com igual ímpeto move-se também aquela pedra, cujo ímpeto não se perde porque aquele que a segurava abra a mão e a deixe em liberdade, mas antes nela se conserva indelevelmente, de modo que **esse [ímpeto] é suficiente para fazer a pedra seguir o navio**; e pela própria gravidade, não mais impedida por aquele [que a segurava], vem para baixo, **compondo com ambos um só movimento transversal e inclinado (e talvez mesmo circular)** para onde caminha o navio; e, assim, vem cair naquele mesmo ponto do navio em que caía quando o todo estava em repouso. A partir disso podereis compreender como as mesmas experiências produzidas pelos adversários contra Copérnico estão bastante mais a favor dele do que a favor deles; porque, se o movimento comunicado pelo curso do navio à pedra, o qual é para essa pedra indubitavelmente accidental, nela todavia de tal modo se conserva que se percebe precisamente o mesmo efeito tanto no repouso quanto no movimento do navio, que dúvida deverá restar de que a pedra, levada sobre a sumidade da torre com a mesma velocidade que todo o globo terrestre, conserve a mesma [velocidade] quando vem depois para baixo? A mesma, digo, a qual não lhe é, como aquela do navio, accidental mas é a sua inclinação natural primária e co-eterna (GALILEI, 2005 apud GOMES, 2008, p.40, grifo do autor).

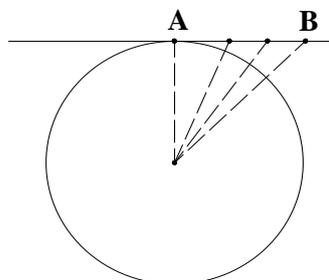
Como vemos Galileu não abre mão de considerar que o ímpeto fornecido pelo navio (ou pela Terra) é que faz com que o objeto continue com a tendência de se movimentar circularmente ao redor da Terra, sendo que a sua trajetória nos parece uma queda retilínea, apenas por compartilharmos com ele deste movimento “horizontal” (GOMES, 2008).

Neste sentido Martins revela que Galileu não possuía nenhuma explicação para o argumento das balas de canhão lançadas a leste e oeste, onde deste modo foge delas propondo o princípio da relatividade (MARTINS, 1986 apud GOMES, 2008).

Deste modo Cohen comenta que:

Apesar de tentar se libertar das teorias aristotélicas, Galileu ainda não possuía uma teoria de gravitação consistente. Deste modo, acreditava que os corpos ou tinham a tendência de permanecer em repouso ou em movimento circular uniforme. Ele não concebia um movimento retilíneo uniforme perpétuo, pois afirmava que um corpo não pode simplesmente *afastar-se de um lugar*, mas apenas mover-se *em direção a um lugar*. Assim, não há como mover-se em direção a um lugar onde é impossível chegar (COHEN, 1988 apud GOMES, 2008, p. 43).

Se um móvel estivesse em uma horizontal, ao qual afastasse do centro da Terra pela tangente a esta em algum ponto A, aos poucos sua velocidade diminuiria. Logo, em B, por estar mais afastado do centro da Terra do que em A, o corpo teria a “inclinação” ao descer de B para A (LUCIE, 1977, apud GOMES, 2008), como a figura abaixo:



**Figura 2: Um grave sobre o plano horizontal.**

Fonte: Adaptado de LUCIE (1977, p. 133 apud GOMES, 2008, p.43)

Galileu ainda continua dizendo que:

[...] ao darmos um pequeno impulso a uma bola perfeitamente redonda, polida e rígida, sem impedimentos acidentais ou externos, sobre uma superfície livre de quaisquer irregularidades, centrada na Terra e rígida, esta continuaria perpetuamente em movimento circular uniforme, pois não se afasta e nem se aproxima do centro. É o que acontece com o navio que se move por um mar calmo e também com a pedra que está no alto do mastro. Ao ser solta, a pedra acompanha o movimento circular uniforme do navio enquanto cai. Sendo que estes dois movimentos não podem ser considerados contrários. Contrários seriam os movimentos de afastamento e aproximação do centro, o que não ocorre aqui. Como nós nos movimentamos circularmente junto com a pedra, não percebemos este movimento e a enxergamos em queda retilínea, indo de encontro à base do mastro do navio (NASCIMENTO, 1990 apud GOMES, 2008, p.44).

Neste sentido para explicar porque não somos expelidos para fora da Terra como uma pedra em rotação, Galileu explica que “[...] se um corpo em movimento circular se solta do vínculo que o mantém nesse movimento, é ao longo da tangente (e não do raio) que o corpo continuará a mover-se” (LUCIE, 1977 apud GOMES, 2008, p.44). A esse fenômeno Galileu chamava de “tendência centrífuga”, onde para ele a gravidade do corpo anula este efeito, onde seu movimento para o centro supera o distanciamento sofrido ao longo da tangente (GOMES, 2008).

Galileu ainda em 1612, publica em Florença sua obra, *Discorso intorno alle cose che stan no in su l' acqua o che in quell a si muovono*, onde ao estudar a força de um corpo

em movimento, designa de "momenta" o produto do peso do corpo pela sua velocidade , ao qual relata (GALILEU, 1612 apud DOUGLAS, 1950 apud CARVALHO, Anna, 1989, p.12) em palavras que:

"Tomo emprestado dois princípios das Ciências Mecânicas; o primeiro é: Dois pesos absolutamente iguais, movidos com velocidades iguais têm o mesmo poder ou o mesmo 'momento' em todas as suas operações. Para os estudiosos em Mecânica, 'momento' significa esta virtude, esta ação, este poder eficaz, pelo qual o motor se move e o móvel resiste. Esta virtude não depende somente da gravidade, mas da velocidade do movimento, das inclinações diversas dos espaços percorridos. Um 'grave', com efeito, produz um 'ímpeto' maior quando desce por uma superfície de maior declive, que quando desce por uma superfície menos inclinada; qualquer que seja, em suma, a razão de tal virtude, ela guarda sempre o nome de 'momento'. O segundo princípio é que o poder da gravidade cresce com a velocidade da coisa que se move, de sorte que pesos absolutamente iguais, animados de velocidades desiguais, têm poder, virtudes, 'mementos' desiguais, e mais poderoso é o que é mais rápido, e na razão de sua velocidade em relação à velocidade que anima o outro corpo. Uma tal compensação entre a gravidade e a velocidade encontramos em todas as maquinas" (GALILEU, apud DOUGLAS, 1950 apud CARVALHO, 1989, p.12).

Nestas palavras percebemos o sentido para Galileu, onde o momento de um corpo seria definido como um poder, um ímpeto definido como o produto do peso pela velocidade do corpo ( $pv$ ) (CARVALHO, 1989)

Como visto em todo seu trabalho Galileu não conseguiu defender o sistema Copérnico nem derrubar o Ptolomeu, como afirma Martins (1994), porém mostrou através de sua trajetória que a história da ciência além de ser uma construção de ideias, onde não se pode comprovar tudo com verdades absolutas, também não existem atalhos. Deixou ainda uma imensidão de trabalhos e contribuições que motivaram muitos estudiosos, como Kepler e Descartes aos quais foram importantíssimos para as futuras reflexões de Newton sobre a relação entre força e movimento.

## 5.5 KEPLER

Kepler era um astrônomo teórico, possuidor de um imenso conhecimento matemático e adepto as ideias de Copérnico. Logo, por não ter uma boa visão dedicava seus estudos a analisar dados coletados por outros astrônomos (GOMES, 2008).

Deste modo, profundamente influenciado por concepções místico-filosóficas, sobretudo de ordem cristã e platônica, identificou na teoria copernicana mais do que um sistema heliocêntrico e sim um conjunto de verdades amplas as quais direcionaria a uma nova teoria capaz de descrever o universo de forma ordenada e harmoniosa (PORTO; PORTO, 2008).

Assim descreveu em seu livro mais conhecido como *Mistério Cosmográfico* publicado em 1596, a afirmação de que as distâncias dos planetas até o sol no sistema neoplatônico poderiam ser determinada pelos cinco poliedros regulares de Plutão, onde a órbita de cada planeta estava localizada sobre um sólido e inscritas em outros, onde os valores de cada órbita não seriam aleatórios e sim guardaria entre eles uma relação estética e harmoniosa. Porém, as órbitas de Mercúrio e de Júpiter não encaixavam em sua teoria, desse modo atribuiu essas discrepâncias aos erros nas tabelas de Copérnico. (BASSALO, 1996; COHEN, 1988; LUCIE, 1977; MEDEIROS, 2002 apud GOMES, 2008).

Neste momento, Tycho Brahe, além de ter herdado de um tio rico toda sua riqueza, e a admiração do rei Francisco II, ao qual obteve recursos para a construção de um castelo e um observatório, possuindo ainda uma biblioteca ao qual obtinha grandes quantidades de instrumentos, como quadrantes, réguas de paralaxe, esferas armilares e relógios dos mais precisos, todos gigantescos. Era digno ainda do título de melhor astrônomo observacional da época. Segundo Lucie (1977, grifo do autor apud GOMES, 2008, p.47), Brahe foi responsável pela exatidão das posições de diversos planetas, como relata:

Graças a seus instrumentos e às suas refinadas técnicas de observação (que incluíam, pela primeira vez, correções para a refração atmosférica), Tycho Brahe levantou as posições de 777 estrelas e dos cinco planetas, **com maior precisão que quatro minutos de arco**. Para que se aprecie melhor essa proeza, é bom recordar que essas observações eram feitas a **olho nu**.

Entre suas observações, estava a vigilância ao modelo de Ptolomeu, onde embora encontrasse enormes falhas nos cálculos deste, lutava contra o modelo de Copérnico, onde mais tarde acabou criando o seu próprio modelo. Neste modelo os planetas

giravam ao redor do sol, porém o sol e os planetas com ele giravam ao redor da Terra. Depois de muito tempo de observação seu modelo provou ser mais preciso que o de Copérnico, mas, no entanto ainda havia problemas com os dados da órbita de Marte as quais não encaixavam em sua teoria. Após sua vinda definitiva a Praga, teve a ideia de juntar seus trabalhos aos dotes matemáticos de Kepler para resolver o problema (LUCIE, 1977 apud GOMES, 2008).

Kepler convencido de que com dados melhores poderia vir a encontrar a ordem na organização do universo aceitou o convite de Tycho Brahe, para trabalhar em seu observatório em Praga (BASSALO, 1996; COHEN, 1988; LUCIE, 1977; MEDEIROS, 2002 apud GOMES, 2008).

Pouco tempo depois com a morte de Brahe em 1601, Kepler é nomeado como o novo matemático imperial, pelo imperador Rodolfo II, tomando posse da coleção de observações astronômicas da época (MEDEIROS, 2001 apud GOMES, 2008). Desta forma, Kepler ao analisar os inúmeros dados astronômicos coletados por Brahe (PORTO; PORTO, 2008), percebe nos dados da órbita de Marte, que o Sol estava situado em um ponto a uma distância de um terço do centro do círculo e que a velocidade de Marte variava ao decorrer de sua órbita, onde era mais rápida quando o planeta estava próximo do Sol e mais lenta quando se afastava do mesmo. Kepler indagava-se de como poderia o movimento de Marte ser do tipo uniforme. Para isso supôs que o planeta possuiria uma velocidade angular uniforme em relação a um equante, simétrico do Sol em relação ao centro da órbita (LUCIE, 1977 apud GOMES, 2008).

Assim a partir das doze posições conhecidas de Marte, Lucie (1977 apud GOMES, 2008) comenta que quatro delas coincidiam exatamente com a circunferência centrada no meio da órbita do sol e do equante, sete possuía uma precisão da ordem de dois a três minutos de arco, e uma divergia de oito minutos.

Logo, o uso do equante violentava o dogma platônico dos movimentos celestes, e Kepler já se incomodava com seu uso, como também recusava os epiciclos, deste modo teve que buscar outra.

Acabou deste modo deixando um pouco de lado as órbitas de Marte e voltando-se as suas primeiras ideias<sup>6</sup>. No entanto, após vários raciocínios errados e como relata Lucie (1977 apud Gomes, 2008) devido uma coincidência, todos os seus erros se cancelaram no final, assim em 1602 após dois anos nas observações dos dados de Brahe sobre a órbita de Marte, observou que o planeta varria áreas iguais a uma velocidade constante. Nestas observações estavam o movimento uniforme que procurava, isto é, o movimento de varredura das áreas percorridas por um raio que saia do Sol até o planeta, onde esta descoberta foi sua 1ª Lei, onde veio mais tarde a ser denominada por sua 2ª Lei ou lei das áreas (MEDEIROS, 2002 apud GOMES, 2008).

Dessa forma Lucie (1977 apud GOMES, 2008) nos informa que após ter descoberto a relação entre velocidade e posição de um planeta, voltou-se ao problema da órbita de Marte. Assim depois de três anos de intensas observações a partir dos inúmeros dados coletados por Brahe, Kepler constatou que as órbitas planetárias se ajustavam a uma forma matemática elíptica (PORTO; PORTO, 2008), cujo Sol ocupava um dos focos. Esta é o que chamamos hoje de 1ª Lei ou lei das órbitas.

Porém, as duas Leis não satisfizeram Kepler, ao qual ainda faltava a ‘harmonia’ do universo de que falava. Deste modo buscou encontrar a ‘harmonia’ nas abordagens pitagóricas. Kepler verificou se havia harmonia nas razões entre os períodos de revolução dos planetas, os volumes dos planetas, as menores e maiores distancias de cada planeta, as velocidades extremas dos planetas, como também entre as variações de tempo das quais eram necessárias para o planeta percorrer uma unidade de comprimento de sua órbita (MEDEIROS, 2003 apud GOMES, 2008).

Assim após vários anos de tentativa, depois de encontrar os verdadeiros intervalos das esferas através da imensa contribuição de Brahe, Kepler chega à razão entre os períodos e os raios das esferas, em que diz (LUCIE, 1977 apud GOMES, 2008, p. 50) “[...] É porém, absolutamente certo e exato que a razão entre os períodos de dois planetas quaisquer é precisamente igual à razão entre as potências  $3/2$  [dos raios] das esferas”.

---

<sup>6</sup>[...] qual é a relação que existe entre a distância de um planeta ao Sol e sua velocidade?”(LUCIE, 1977, apud GOMES, 2008, p.49)

Essa vem a ser a 3ª Lei ou lei harmônica, em que se enuncia: “A razão entre os quadrados dos períodos (T) e os cubos dos semi-eixos maiores (a) das órbitas dos planetas é constante, ou:  $T^2/a^3 = Cte$ ” (GOMES, 2008, p.50-51). Ao qual segundo Cohen (1988 apud GOMES, 2008), esta lei nos diz que uma vez escolhida a distância a velocidade já estará determinada.

Mas Kepler não parou por aí, após suas conclusões sobre a cinemática do sistema planetário foi em busca de respostas para a sua dinâmica. Ao perceber que a velocidade dos planetas variava ao longo de suas órbitas justificou a causa destas pelo arraste dos espíritos, tempos depois substituiu os espíritos por forças que emanam do Sol, onde estas forças repele o planeta quando este está próximo ao Sol, reduzindo sua velocidade e o atrai quando está afastado. Chegando a conclusão de que essa força era magnética. Inspirado no trabalho de William Gilbert (1600 apud PORTO; PORTO, 2008, p.5), ao qual havia descoberto o magnetismo da Terra, Kepler sugere que:

a força motora do Sol era um resultado da interação entre os magnetismos dos corpos envolvidos. Esta força motora seria a responsável pelas órbitas elípticas. Surgia assim a primeira ideia do Sistema Planetário como sistema autogovernado, sem necessidade de qualquer recurso a causas exteriores ao próprio sistema.

Destas chegamos a conclusão de que a ciência obviamente é uma construção de ideias, de pessoas como nós sujeitas a erros e que não possuem todas as verdades, pois vemos que mesmo dominando a matemática e seus enormes conhecimentos não foi possível explicar vários porquês que ficaram na História, decorrente de suas descobertas, como também comenta Lucie (1977 apud GOMES, 2008, p.52, grifo do autor)

É também verdade que Kepler não teve forças suficientes para elevar-se, das três leis, até a teoria geral que as contém. Várias são as razões do seu insucesso: em primeiro lugar, “geometrizou” a teoria errada, a dos poliedros regulares. Em segundo lugar, **não poderia ter passado das leis à teoria sem uma Física do movimento**. E a física de Kepler, com seu Universo finito, **seu conceito errado de forças como produtoras de velocidade e não de acelerações, era ainda aristotélica**; e finalmente, admitindo-se que esses obstáculos fossem vencidos, **Kepler não possuía a desenvoltura matemática necessária para conseguir aquele objetivo**.

De modo que Kepler não poderia ter chegado à *Lei da Gravitação Universal*.

**Em contrapartida podemos nos perguntar – gratuitamente – se Newton, sem as Leis de Kepler, a teria descoberto.**

Ainda após os estudos e observações de Kepler temos as contribuições de Descartes ao qual vem amoldar seus pensamentos para mais tarde Newton apropriá-los.

## 5.6 DESCARTES

René Descartes (1596-1650) foi um importante filósofo e matemático francês, em que formulou sua concepção de universo e de mundo fundamentada na única certeza que dizia possuir, sendo esta a existência de seu próprio pensamento, onde através deste, poderia entender o mundo e seu próprio ser (PONCZEK, 2002 apud GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008).

Em sua teoria Descartes reforça a ideia do Cosmos como um sistema dinâmico autogovernado, apontada anteriormente na teoria de Kepler. Este acredita que a Natureza era rigorosamente ordenada e impessoal, regida pela Matemática, e composta por um número infinito de partículas que chocam-se, podendo se agregar (KUHN, 1989 apud PORTO; PORTO, 2008).

Em 1637, publica o livro *Discurso do Método*, onde propõe um método universal inspirado no rigor matemático e em suas longas cadeias de razão para alcançar o conhecimento verdadeiro. Neste sentido revela que na tentativa de não cometer muitos erros sendo que se trabalha com uma grande quantidade de leis, irá seguir de quatro passos, sendo:

O primeiro era de nunca aceitar coisa alguma como verdadeira sem que a conhecesse evidentemente como tal; ou seja, evitar cuidadosamente a precipitação e a prevenção, e não incluir em meus juízos nada além daquilo que se apresentasse tão clara e distintamente a meu espírito, que eu não tivesse nenhuma ocasião de pô-lo em dúvida.

O segundo, dividir cada uma das dificuldades que examinasse em tantas parcelas quantas fosse possível e necessário para melhor resolvê-las.

O terceiro, conduzir por ordem meus pensamentos, começando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para subir pouco a pouco, como por degraus, até o conhecimento dos mais compostos; e

supondo certa ordem mesmo entre aqueles que não se precedem naturalmente uns aos outros.

E, o último, fazer em tudo enumerações tão completas, e revisões tão gerais, que eu tivesse certeza de nada omitir. (DESCARTES, 1996, p.23).

Em 1644 Descartes publica outro livro intitulado *Principia Philosophiae*, ao qual mostra sua visão de mundo. Descartes não aceita diversas teorias até então aceitas, como: o movimento natural de Aristóteles, onde para René a matéria não seria capaz de decidir qual caminho tomar, também recusava as qualidades ocultas da matéria, ou qualquer forma de antipatia e simpatia, as quais eram argumentos para explicar a gravidade e o magnetismo (GOMES, 2008). Também acreditava na existência de leis fundamentais da natureza criadas conjuntamente com a matéria.

Para ele o espaço seria preenchido por matéria contínua, onde a densidade seria sempre a mesma. Também não haveria átomos e nem vácuo. Assim explicava que a razão de tudo isso seria Deus onde para ele nada é impossível, podendo dividir a matéria indefinidamente (GOMES, 2008). Nesta conspiração, o movimento seria o que se realiza de um lugar a outro, ao qual em palavras mais precisas se define em:

Mas se em vez de ficarmos naquilo que não tem outro fundamento senão a utilização comum, nós desejamos saber o que é o movimento segundo a verdade, nós diremos, a fim de lhe atribuir uma natureza que seja determinada, que **é o transporte de uma parte da matéria, ou de um corpo, da vizinhança daqueles que o tocam imediatamente, e que nós consideramos como em repouso na vizinhança de outros.** Por um corpo, ou melhor, por uma parte da matéria eu quero dizer tudo o que é transportado junto ao que quer que seja talvez composto de várias partes que, no entanto empregam sua agitação para fazer outros movimentos. E eu digo que ele [o movimento] é o transporte e não a força ou a ação que transporta a fim de mostrar que o movimento está sempre na coisa que se move, e não naquele que causa o movimento; pois me parece que não se tem o hábito de distinguir essas duas coisas com bastante cuidado. Além do mais, **eu compreendo que ele [o movimento] é uma propriedade do corpo que se move e não uma substância: assim como a figura é uma propriedade da coisa que é figurada e o repouso [é uma propriedade] da coisa que está em repouso** (DESCARTES apud SAPUNARU, 2006 apud GOMES, 2008, p.53-54, grifo do autor).

Dessa forma Descartes aponta duas causas para descrever movimento, “a causa primária e universal, que produz geralmente todos os movimentos que existem no mundo e as causas secundárias e particulares, que fazem com que cada parte da matéria adquira o

movimento que antes não possuía” (DESCARTES apud BARRA, 2003 apud GOMES, 2008, p.54). Assim define na parte II, do livro *Do principia das coisas materiais*, no artigo XXXVI, que "Deus é a Causa Primeira do Movimento e Conserva Sempre no Universo a Mesma Quantidade de Movimento" (1644, trad. 1951 apud CARVALHO, 1989, p.13). Ainda descreve as causas particulares do movimento em que indica que:

Dada desta forma a natureza do movimento, convém considerar sua causa sua dupla causa: primeiro, a universal, causa original, que e a causa geral de todos os movimentos que existem no mundo; e, em seguida, a particular, pela qual as partes da matéria adquirem movimentos que antes não tinham. Enquanto que a geral parece-me clara não ser outra do que o próprio verbo, que criou, no início, a matéria junto com o movimento e o repouso e, agora, por sua concordância habitual, conserva nela tanto movimento e repouso quanto lhe infundiu ao cria-la (1644, trad. 1951 apud CARVALHO, 1989, p.13).

Conforme relata Carvalho (1989) nesta afirmação das causas do movimento, Descartes impõem como necessidade o princípio da conservação da quantidade de movimento, sendo esta criada por Deus, onde ele por sua natureza deixa algumas leis, as quais seguem:

[Primeira Lei:] **que cada coisa em particular continua no mesmo estado tanto quanto lhe seja possível, e que jamais ela o modifica a não ser pela colisão com outras coisas.** Assim, observamos cotidianamente que, quando alguma parte dessa matéria é quadrada, ela permanece sempre quadrada, se não sobrevém algo de outra parte que mude sua figura; e que, **se está em repouso, ela não começa a se mover por si mesma.** (...) De modo que, **se um corpo tenha começado a mover se,** devemos concluir que continuará a mover-se em seguida, e que **ele jamais interrompe seu movimento por si mesmo.**

[Segunda Lei:] **que cada parte da matéria, em sua particularidade, não tende jamais a continuar a se mover segundo linhas curvas, mas segundo linhas retas,** ainda que várias de suas partes sejam constantemente obrigadas a se desviar, porque elas encontram outras em seus caminhos e porque, tão logo um corpo se move, forma-se um círculo ou um anel de toda a matéria que é movida conjuntamente.

[Terceira Lei:] que, se um corpo que se move encontra-se com um outro e possui menos força para continuar a se mover em linha reta do que esse último para resistir-lhe, então ele perde sua determinação sem nada perder de seu movimento; e que, se ele possui mais força do que o outro, ele move consigo esse outro corpo e perde tanto de seu

movimento quanto ele atribui ao outro (DESCARTES apud BARRA, 2003, apud GOMES, 2008, p. 54-55).

Ligando as duas primeiras leis podemos considerar como o princípio da inércia de Descartes, mas ainda bem diferente da Inércia do que viria a ser em Newton.

Logo Jammer (apud NEVES, 2005a, apud GOMES, 2008, p.55, grifo do autor) argumentava que:

[...] Ele sustentava que todos os fenômenos físicos deviam ser deduzidos de somente duas suposições fundamentais de tipo cinemático: a lei da conservação da quantidade de movimento – que, para ele, não era um corolário do princípio de inércia, mas sim o seu real conteúdo físico – e a sua teoria dos vórtices de éter girantes. De fato, refutando toda possibilidade de ação à distância, Descartes construiu a teoria dos vórtices para render inteligibilidade aos distantes movimentos celestes. Ele sustentava que assumir uma ação à distância para explicar estes movimentos equivalia a atribuir a partículas materiais uma forma de conhecimento e a torná-las efetivamente divinas, “quase como se pudessem ser conscientes, sem intermediações, do que ocorre em lugares muito distantes daquelas”.  
**O conceito de força não encontrava lugar na física de Descartes...**

No que tange a expressão “força” em sua terceira Lei, Descartes descreve:

[...] **é preciso observar que a força com que um corpo age sobre um outro ou resiste à sua ação consiste apenas nisto: cada coisa persiste tanto quanto possa no mesmo estado em que se encontra, em conformidade com a primeira lei que expus acima.** De modo que um corpo que se encontra unido a um outro corpo possui alguma força para impedir que seja separado desse outro; e que, quando ele está separado, possui alguma força para impedir que seja ligado a outro; e também que, quando ele está em repouso, possui uma força para permanecer nesse repouso e para resistir a tudo aquilo que pudesse fazê-lo mudar. Da mesma forma, quando ele se move, possui uma força para continuar a se mover com a mesma velocidade e para o mesmo lado. Mas deve-se avaliar a quantidade dessa força pela grandeza do corpo no qual ela se encontra e pela superfície através da qual esse corpo se encontra unido a um outro, bem como pela velocidade do movimento e as formas contrárias em que os vários corpos diferentes se chocam (DESCARTES apud BARRA, 2003, apud CARVALHO p. 55-56, grifo do autor).

Logo segundo Garber (apud BARRA, 2003 apud GOMES, 2008) o termo “força” expresso por Descartes é meramente uma forma de falar, pois, como já visto este considera a conservação do movimento a Deus.

Assim Segundo Porto e Porto (2008), ao questionar Descartes sobre como seria o movimento de uma única partícula em um universo dito infinito e sem direções absolutas, este concluía que: “um corpo em repouso permaneceria em repouso e que um corpo em movimento continuaria a se movimentar em linha reta, com a mesma velocidade, a menos que um agente externo sobre ele agisse [...]” (PORTO; PORTO, 2008, p.6).

Porém Descartes só utiliza movimentos retilíneos descartando o caráter natural das orbitas circulares, onde segundo ele:

a menos que houvesse uma força inibidora, o movimento inercial dos planetas necessariamente tenderia a impeli-los em uma linha tangencial para fora da curva da órbita em torno do Sol. Porém, como o movimento consistia de órbitas fechadas em torno do Sol, era evidente que algo forçava os planetas a uma “queda” em direção ao Sol (PORTO; PORTO, 2008, p.6).

“Outras vezes, a palavra “força” é empregada como a medida da quantidade de movimento do corpo – “m.v” – e vice-versa. Não há, ainda, o conceito de força como interação entre dois corpos” (GOMES, 2008, p.56).

Porém surge a seguinte dúvida, como explicar os movimentos entre dois corpos a distância? Para responder essa pergunta Descartes elabora uma teoria, conhecida como turbilhões. Ponczek (2002 apud GOMES, 2008, p. 56-57), descreve como ele imaginou:

[...] um universo infinito inicialmente constituído por um único bloco sólido de uma matéria parecida com o cristal, sem luz, estrelas, cometas ou planetas, no qual Deus provoca uma imensa quantidade de turbilhões (vórtices) giratórios em pontos distribuídos ao acaso e ao largo de toda a sua extensão. Os turbilhões girariam tais quais liquidificadores, em grandes velocidades, em torno de seus centros, fragmentando a matéria sólida e criando três tipos de elementos: o primeiro elemento seria uma espécie de matéria incandescente, constituída por pequenas partículas girando a altas velocidades, produzindo um “fogo” central; o segundo elemento seria constituído por partículas maiores e arredondadas, que girariam como um fluido em torno do “fogo” central, e o terceiro elemento seria constituído por partículas sólidas e mais pesadas.

Descartes caracteriza então que devido à rotação da matéria, as partículas do primeiro elemento concentram-se no centro de grandes turbilhões, de dimensões semelhantes ao nosso sistema solar, originando as estrelas. O segundo elemento seria composto por esferas menores e maiores em uma gradação contínua, ao qual ocupam quase todo o volume do turbilhão, onde as esferas menores ficam mais próximas do centro. As partes que compõem os turbilhões não giram com a mesma velocidade, diminuindo do centro para as bordas (MARTINS, 1994b apud GOMES, 2008).

Com o tempo, pedaços ou blocos do terceiro elemento poderiam desprender-se do centro, ficando enganchados em torno do fogo central, criando uma espécie de crosta, fazendo com que a estrela se torne opaca. Devido à opacidade, o redemoinho ao seu redor diminui gradualmente de rotação. Deste modo, ela é capturada por outro turbilhão vizinho, no centro do qual existe outra estrela, dependendo de sua consistência e do movimento que adquirir, podendo tornar-se um planeta ou um cometa. Se ela parar a certa distância do centro, girando conjuntamente à matéria do segundo elemento em torno da estrela central, se transformará em um planeta. Porém, se ela não ficar presa ao turbilhão, por ser muito sólida e não for arrastada pelo movimento do segundo elemento, se transformará em um cometa (MARTINS, 1994b apud GOMES, 2008). Assim a órbita elíptica dos planetas pode ser explicada como segue:

Cada planeta gira em torno da estrela central (ou do Sol) em uma região na qual as partículas do segundo elemento possuem o mesmo grau de “força” que o planeta. Se o planeta se aproxima um pouco mais do centro, ele entra em contato com partículas menores e que possuem uma agitação mais forte. Adquire, então, um movimento maior, e se afasta do centro. Mas, ao se afastar do centro, entra em uma região na qual entra em contato com partículas maiores, e mais lentas, que também tornam o seu movimento menor. Então, ele perde movimento e se aproxima novamente do centro. Assim, além de girar em torno do centro, o planeta pode se aproximar e afastar do centro, oscilando em torno de uma distância média. Este seria um dos modos de explicar por que motivo a órbita dos planetas em torno do Sol não é exatamente circular, mas elíptica (MARTINS, 1994b apud GOMES, 2008, p. 57).

Dessa forma, Descartes explicava a origem do sistema solar através dos turbilhões, imaginando ter mais de dez deles próximos um dos outros e de diferentes tamanhos, onde devido opacidade da estrela central do turbilhão menor é capturada pelos turbilhões maiores e assim continuamente até formar todos os planetas (GOMES, 2008).

Mesmo a teoria dos turbilhões sendo um sucesso para a época, Newton mais a frente encontra fatores que enfraquece seu modelo, onde surge com outras ideias que vão completar toda a revolução científica.

## 5.7 WALLIS, WREN, HUYGENS, MARIOTTE E O CHOQUE MECÂNICO

Wallis, Wren, Huygens e Mariotte contribuíram com as descobertas de Newton por meio de seus estudos sobre os choques mecânicos. Wallis (1616-1703), com o tratado sobre choque de corpos não-elásticos, Wren (1632-1723) e Huygens (1629-1695), tratando do choque entre corpos elásticos. Em seus estudos, Wallis explica o que acontece com o choque de corpos não-elásticos, como segue:

Se um 'grave' em movimento choca-se diretamente com um 'grave' em repouso, no caso em que este está impedido de se mover por outras causas, os dois corpos irão juntos após o choque, com uma velocidade dada pelo seguinte cálculo:

Dividamos pelo peso dos dois corpos o *momentum* formado pelo produto do peso e da velocidade do 'grave' em movimento. Teremos a velocidade após o choque.

Com efeito, seja o 'grave' **A**, em movimento segundo a reta **AA** que passa pelo centro de gravidade do corpo **A** e do corpo **B** em repouso. Sejam  $p$  e  $v$  o peso e a velocidade de **A**. A força impulsora (*vis impellens*) será  $p.v$ . Seja  $p'$  o peso do corpo **B**, sua velocidade é nula. O peso dos dois corpos é  $p + p'$ . O movimento após o choque far-se-á com a mesma velocidade para os dois corpos. Com efeito, **B** não pode ir mais devagar que **A**, pois **A** o segue; ele não pode ir mais depressa, pois, como supomos, não existe outra causa do movimento que o impulso de **A** (se existir outra causa que o impulsione a ir mais rápido, como a força elástica, o problema será de outra ordem, e nós voltaremos a isso). Então, o peso  $p + p'$  é movido por uma força  $p.v$  e sua velocidade é  $\frac{pv}{p+p'}$ . (*Mechanica, sive de Motu*, prop II. In: DUGAS, 1950 apud CARVALHO, 1989, p.14-15).

Como pode ser representada pela figura :



**Figura 3: representação do choque entre dois corpos não-elásticos.**

Fonte: CARVALHO, 1989, p.15.

Temos agora na explicação de Wallis o princípio da conservação da quantidade de movimento, definida como a força impulsiva do corpo,  $p.v$ , também insere o sinal de negativo a quantidade de movimento quando a velocidade possui sentido contrário ao movimento do outro corpo (CAVALHO, 1989). Para o caso de a velocidade de B ser inferior à A, temos que:

Seja  $v'$  a velocidade de **B**, a velocidade comum após o choque dos dois corpos A e B será:  $\frac{pv + p'v'}{p + p'}$  que obtém sempre dividindo a soma dos momentos pela soma dos pesos. No caso de **B** ser animado com a velocidade  $-v'$ , no sentido contrário da velocidade  $v$  de **A**, a velocidade comum após o choque dos dois corpos **A** e **B** será:  $\frac{pv - p'v'}{p + p'}$  (CARVALHO, 1989, p.15-16).

Já Wren explica o choque entre dois corpos partindo da noção de “velocidade própria” sendo inversamente proporcional ao peso, porém ao examinar a conservação de uma grandeza, ao invés de considerar o produto  $p.v$ , estabelece a conservação somente da velocidade, sendo, "O choque entre dois corpos, R e S, animados cada um de suas velocidades próprias, traduz-se pela conservação de suas velocidades" (CARVALHO, 1989, p.16).

A partir dos exemplos de Wren, Huygens estuda o choque elástico, onde escreve em carta a Schooten dizendo ter encontrado três hipóteses que fundamentariam as regras por ele elaboradas dizendo, "Possuo regras corretas (do choque dos corpos) e nada me agradou mais do que ver que elas estão perfeitamente de acordo com a experiência" (HUYGENS apud TATON, 1960 apud CARVALHO, 1989, p.16-17).

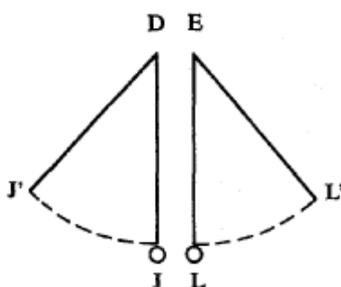
[hipótese 1]"Um corpo qualquer em movimento, se não encontrar nenhum obstáculo, tende a se mover indefinidamente com a mesma velocidade e em linha reta."

[**hipótese 2**] "Dois corpos iguais, chocando-se diretamente e animados antes do choque com velocidades iguais e opostas, conservam após o choque suas velocidades com sinais trocados."

[**hipótese 3**] "Movimento dos corpos, velocidades iguais ou diferentes, estas expressões devem ser entendidas relativamente a outros corpos que são considerados em repouso, ainda que se possa concluir que os segundos e os primeiros sejam arrastados num movimento comum. E quando os dois corpos vierem a se chocar, mesmo se os dois forem submetidos, além disso, a um outro movimento comum uniforme, eles se repelirão um ao outro, para um observador ligado a esse movimento comum, como se este movimento parasita não existisse."

De seus estudos sobre os choques entre corpos elásticos Huygens encontra o princípio da conservação das forças vivas sendo  $mv^2$ , onde mais tarde viria a surgir uma discussão entre os físicos, o que se conservaria,  $mv$  ou  $mv^2$ ? (CARVALHO, 1989).

Mariotte também estudando o choque entre os corpos examina as velocidades em um choque direto, ao qual descreve um aparelho constituído por dois pêndulos iguais, de modo que os corpos partam de pontos já escolhidos, conforme a representação abaixo:



**Figura 4: choque direto usando pêndulos.**

Fonte: CARVALHO, 1989, p. 17.

Através desses estudos, Mariotte pode perceber o papel da massa (quantidade de matéria) através do choque entre os corpos, como descreve: "Por peso do corpo não se entende, aqui, a virtude que o faz mover-se para o centro da Terra, mas seu volume, com uma certa solidez ou condensação das partes de sua matéria, que é verossimilmente a causa de seu próprio peso" (MARIOTTE apud DUGAS, 1950 apud CARVALHO, 1989, p.18).

Concluindo, todas essas descobertas desde Aristóteles com os primórdios do movimento às contribuições de Mariotte, Wren, Huygens, Wallis, Descartes, pelas ideias de

conservação da quantidade de movimento, foram essenciais para revolução científica que proporcionou Newton desenvolver as leis que regem o mundo.

## 6 ANÁLISE DO *PRINCIPIA*- LEIS DE NEWTON

Analisando a História da Ciência, nota-se que cento e quarenta e quatro anos depois da publicação do *Das Revoluções dos Corpos Celestes* (Copérnico); cinquenta e cinco anos depois da publicação do *Diálogo sobre os dois Principais Sistemas do Mundo, o Ptolomaico e o Copernicano* (Galileu); sessenta e seis anos depois da publicação do *Epítome da Astronomia Copernicana* (Kepler) e quarenta e três anos depois da publicação dos *Princípios da Filosofia* (Descartes), é que Isaac Newton publica, em 1687, a primeira edição dos *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, dando a sua contribuição para o desenvolvimento da Ciência (GOMES, 2008). Segundo Cohen (1988 apud GOMES, 2008, p. 59):

A publicação dos *Principia* de Isaac Newton, em 1687, foi um dos acontecimentos mais notáveis de toda a história da física. Nessa obra, encontramos o clímax de milhares de anos de esforços para compreender o sistema do mundo, os princípios da força e do movimento e a física dos corpos em movimento através de meios diferentes. É um testemunho significativo do gênio científico de Newton o facto de, embora a física dos *Principia* tenha sido alterada, aperfeiçoada, e até contestada, ainda solucionarmos hoje muitos problemas de mecânica celeste e de física dos corpos comuns procedendo, no essencial, como Newton fez há cerca de 300 anos.

Como um dos objetivos deste trabalho, faremos um panorama sobre algumas influências que levaram Newton a desenvolver suas três leis, por meio da análise comentada do livro I, *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural* de Isaac Newton.

### 6.1 PRINCÍPIOS MATEMÁTICOS DE FILOSOFIA NATURAL DE ISAAC NEWTON

O *Principia* está dividido em três partes ou livros, sendo que no Livro I, apresenta as suas famosas três Leis da Mecânica. No Livro II, há um estudo dos movimentos através de meios materiais resistentes e os movimentos desses meios (turbilhões). No Livro III, através de uma junção dos resultados obtidos nos dois primeiros livros, Newton descreve a formulação final da Lei da Gravitação Universal (GOMES, 2008). O livro analisado corresponde à tradução em língua inglesa realizada por Andrew Motte em 1729.

Newton comenta no prefácio o objetivo de seus três livros, e em referência ao primeiro e ao segundo descreve que:

A mecânica racional será a ciência dos movimentos que resultam de quaisquer forças, e das forças exigidas para produzir quaisquer movimentos, rigorosamente propostas e demonstradas. Essa parte da mecânica, na medida em se estende às cinco potências que se referem às artes manuais, foi cultivada pelos antigos, que consideraram a gravidade (não sendo ela uma potência manual) apenas para mover pesos por aquelas potências. Mas examinando a filosofia e não as artes, e escrevendo não sobre as potências manuais, mas naturais, considero principalmente aquelas coisas que se referem à gravidade, levidade, força elástica, resistência dos fluidos e forças desse tipo, seja, atrativas ou repulsivas; e, portanto, ofereço este trabalho como os princípios matemáticos da filosofia, pois toda a essência da filosofia parece constituir nisso – a partir dos fenômenos de movimento, investigar as forças da natureza e, então, dessas forças demonstrar os outros fenômenos [...] (NEWTON, 2012, p.14).

Ele descreve suas reflexões e leis à respeito da filosofia natural de forma clara, a partir de três características cujo objetivo principal está na explicação do movimento dos astros. Em segundo lugar, expõe toda sua formulação com rigor na linguagem matemática usada para descrever os fenômenos físicos observados na natureza e assim formular as leis naturais que unificam o mundo terrestre com o mundo dos astros (FITAS, 1996).

### 6.1.1 PRINCÍPIOS MATEMÁTICOS DE FILOSOFIA NATURAL

#### Definições

Desta forma, Newton estabelece na primeira parte do Principia, uma seção intitulada *Definições*, onde apresenta algumas definições importantes para a compreensão das leis do movimento.

**Definição I:** “*A quantidade de matéria é a medida da mesma, obtida conjuntamente a partir de sua densidade e volume*” (NEWTON, 2012, p.39).

Para tal definição Newton comenta:

Assim, o ar, com o dobro de densidade, num espaço duplicado, tem o quádruplo da quantidade; num espaço triplicado, o sêxtuplo da quantidade. O mesmo deve ser entendido com respeito à neve, e pó fino ou matéria pulverizada, condensados por compressão ou liquefação, bem como para todos os corpos que, por quaisquer causas, são condensados diferentemente. Não me refiro, aqui, a um meio, se é possível dizer que tal meio existe, que permeia livremente os interstícios entre as partes dos corpos. É essa quantidade que doravante sempre denominarei pelo nome de corpo ou massa. E a mesma é conhecida através do peso de cada corpo, pois é proporcional ao peso, como descobri em experimentos com pêndulos (NEWTON, 2012, p.39).

Assim de acordo com Sapunaru (2006 apud GOMES, 2008), Newton em suas palavras rompe com a visão aristotélica e cartesiana de substância, passando a aderir quantidade de matéria pela sua densidade e volume não mais como era visto dependendo do tamanho ou da forma do corpo. Os cartesianos tinham esta visão, pois para eles todos os corpos eram feitos de uma substância extensa, daí o motivo de não perceberem que volumes iguais poderiam conter diferentes tipos de matéria.

**Definição II:** “*A quantidade de movimento<sup>7</sup> é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria*” (NEWTON, 2012, p.40).

Assim, o momento do todo é a soma dos movimentos de todas as partes.

**Definição III:** “*A vis insita, ou força inata da matéria, é um poder de resistir, através do qual todo o corpo, no que depende dele, mantém seu estado presente, seja ele de repouso ou de movimento uniforme em linha reta*” (NEWTON, 2012, p.40).

Newton estabelece a força sendo sempre proporcional ao corpo e esta não difere em nada da inércia da massa, a não ser no modo de concebê-la. E ainda em relação à inércia continua a dizer:

A partir da natureza inerte da matéria, um corpo não tem seu estado de repouso ou movimento facilmente alterado. Nesse sentido, essa *vis insita* pode, por um nome mais apropriado, ser chamada inércia (*vis*

---

<sup>7</sup> ...é equivalente ao termo *momentum* em mecânica mais moderna, e é medida pelo produto da massa e da velocidade.

*inertiae*<sup>8</sup>) ou força de inatividade. Mas um corpo só exerce essa força quando outra força, imprimida sobre ele, procura mudar sua condição; e o exercício dessa força pode ser considerado tanto como resistência quanto como impulso<sup>9</sup>; resistência na medida em que, para conservar seu estado, o corpo opõe-se à força imprimida; e impulso na medida em que o corpo, não cedendo facilmente à força imprimida por um outro, esforça-se para mudar o estado deste outro corpo. Resistência é normalmente atribuída a corpos em repouso, e o impulso àqueles em movimento; mas movimento e repouso, como vulgarmente concebidos, diferem apenas relativamente um do outro; nem esses corpos estão sempre verdadeiramente em repouso, como vulgarmente são considerados (NEWTON, 2012, p.40).

Estas são as ideias principais, as quais mais tarde serão enunciadas como a 1ª Lei de Newton.

**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”* (NEWTON, 2012, p.41).

Newton estabelece a presença de forças externas agindo sobre o corpo, que irão modificar seu estado de movimento ou repouso. Descreve ainda que, tal força consiste apenas na ação, não permanecendo no corpo ao término da ação. Sendo que um corpo mantém seu novo estado devido à inércia. Porém, as forças de ação são de origens diferentes, tais como de percussão, de pressão, e de força centrípeta (NEWTON, 2012).

**Definição V:** *“Uma força centrípeta é aquela pela qual os corpos são dirigidos ou impelidos, ou tendem, de qualquer maneira, para um ponto ou centro”* (NEWTON, 2012, p.41).

Nesta definição, Newton introduz um outro tipo de força, chamando-a de força centrípeta. Para isso diz que:

São forças desse tipo: a gravidade, pela qual os corpos tendem para o centro da Terra; o magnetismo, pelo qual o ferro tende para a magnetita; e aquela força, seja qual for, pela qual os planetas são continuamente desviados dos movimentos retílineos – os quais, em

---

<sup>8</sup> Responsável pelo estado de repouso ou de movimento uniforme retilíneo de um corpo.

<sup>9</sup> Responsável pelo movimento de um corpo.

caso contrário, eles perseguiriam – e obrigados a revolucionar em órbitas curvilíneas (NEWTON, 2012, p.41).

Nas descrições da definição V de Newton é possível identificar ainda a diferença nas características das duas forças expressas na definição IV (força centrípeta e de percussão e pressão), sendo que a força centrípeta como ele cita é percebida pelo desvio do movimento retilíneo uniforme, como:

[Os corpos que girem em quaisquer órbitas]. Todos tendem a se afastar dos centros de suas órbitas; e se não fosse pela força contrária que o restringe e os detém em suas órbitas, que, portanto, chamo de centrípeta, voariam para longe em linha reta, com um movimento uniforme (NEWTON, 2012, p.41).

E para as forças de percussão e pressão pelo que se entende agem mediante um contato físico entre os corpos, sendo como exemplo:

Se não fosse pela força da gravidade, um projétil não se desviaria em direção à Terra, mas afastar-se-ia dela em linha reta, com movimento uniforme, se a resistência do ar fosse removida. É por sua gravidade que ele é desviado continuamente de seu curso retilíneo e forçado a desviar-se em direção à Terra, mais ou menos de acordo com a força de sua gravidade e a velocidade de seu movimento. Quanto menor for sua gravidade, ou sua quantidade de matéria, ou quanto maior for a velocidade com a qual é arremessado, menos ele se desviará de uma trajetória retilínea, e mais longe irá. Se uma bola de chumbo arremessada do topo de uma montanha pelo uso de pólvora, com uma dada velocidade e em uma direção paralela ao horizonte, é levada a uma distância de duas milhas em uma linha curva, antes de cair ao chão; a mesma bola, se a resistência do ar fosse removida, lançada com o dobro ou décuplo da velocidade, voaria duas ou dez vezes mais longe. Aumentando a velocidade, podemos aumentar arbitrariamente a distância à qual ela poderia ser arremessada, e diminuir a curvatura da linha que ela descreveria, até que finalmente ela cairia a uma distância de 10, 30 ou 90 graus, ou mesmo poderia dar a volta ao redor da Terra antes de cair; ou finalmente, poderia nunca mais cair na Terra, mas iria em frente, penetrando nos espaços celestes, e continuaria com seu movimento *in infinitum* (NEWTON, 2012, p.41).

Segundo Gomes (2008), a explicação de Newton sobre o comportamento dos projéteis em relação à influência da gravidade é bem parecida com a de Galileu, exceto onde diz “[...] poderia nunca mais cair na Terra, mas iria em frente, penetrando nos espaços celestes, e continuaria com seu movimento *in infinitum*”. Newton mostra que o movimento inercial se dá ao longo de uma reta e não de um círculo, pois este requer a ação da força centrípeta.

Cita também como exemplo a Lua, que é forçada a girar em uma órbita e contornar a Terra pela força da gravidade ou por qualquer força que a impulsione para a Terra, pode ser continuamente desviada em direção à Terra, para fora do caminho retilíneo em que pela sua força perseguiria. Logo sem a existência de tal força a Lua não seria retida na sua órbita, porém, se esta força fosse muito pequena não seria suficiente para retirá-la de sua trajetória retilínea e se fosse muito grande seria desviada demais de sua órbita e cairia na Terra. Portanto é necessário que esta possua uma quantidade precisa. Assim, cabe aos matemáticos encontrar tal força capaz de reter um corpo em uma órbita com uma dada velocidade. Deste modo, a quantidade de qualquer força centrípeta pode ser de três tipos: absoluta, acelerativa e motora (NEWTON, 2012).

**Definição VI:** *“A quantidade absoluta de uma força centrípeta é a medida da mesma, proporcional à eficácia da causa que a propaga a partir do centro, através dos espaços ao seu redor”.*

Newton cita como exemplo a força magnética cuja intensidade aumenta com o tamanho do ímã.

**Definição VII:** *“A quantidade acelerativa de uma força centrípeta é a medida da mesma, proporcional à velocidade que ela gera em um dado tempo”.*

Nesta definição, Newton se refere à quantidade acelerativa como sendo a aceleração do corpo. Logo a partir de seus comentários e ainda relacionando com a definição V, onde se estabelece que a partir da resistência do ar a velocidade do corpo aumenta e com ela a distância, tem-se que esta é proporcional à aceleração, o que se comprova quando diz que a força da gravidade varia com a distância à Terra, em que “[...] em distâncias iguais, é a mesma em todos os lugares, pois (removendo ou descontando, a resistência do ar), ela acelera igualmente todos os corpos que caem, sejam pesados ou leves, grandes ou pequenos”(NEWTON, 2012, p.43).

**Definição VIII:** *“A quantidade motora de uma força centrípeta é a medida da mesma, proporcional ao movimento que ela gera em um dado tempo”.*

Segundo Gomes (2008), essa definição pode ser reescrita em notação moderna sendo:

$\vec{F} \propto \frac{d\vec{p}}{dt}$ , onde  $\vec{p}$  é o momento linear ou a quantidade de movimento do corpo. Mais a

frente Newton ainda evidencia mais três equações, dizendo:

Pois a quantidade de movimento é o produto da celeridade pela quantidade de matéria; e a força motora origina-se da multiplicação da força acelerativa pela mesma quantidade de matéria. E a soma das ações da força acelerativa sobre as várias partículas do corpo é a força motora do todo. Assim é que, próximo à superfície da Terra, onde a gravidade acelerativa ou a força que produz a gravidade em todos os corpos é a mesma, a gravidade motora ou o peso é igual ao corpo. Mas se subíssemos a regiões mais altas, onde a gravidade acelerativa é menor, o peso seria da mesma maneira diminuído, e seria sempre o produto do corpo pela gravidade acelerativa. Nessas regiões, onde a gravidade acelerativa é diminuída pela metade, o peso de um corpo duas ou três vezes menor, será quatro ou seis vezes menor (NEWTON, 2012, p. 44).

A citação anterior feita por Newton pode ser interpretada e reescrita em linguagem matemática como:  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ ;  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  e  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ . Por estas oito definições, percebemos que Newton tinha consciência de que a ação de uma força contínua gera uma aceleração constante (GOMES, 2008).

### 6.1.1.1 ESCÓLIO

A partir das oito definições descritas acima, Newton desenvolve algumas considerações sobre tempo, espaço, e movimento, porém destaca dizendo que: *“Não defino tempo, espaço, lugar e movimento por serem bem conhecidos de todos [...] Daí surgem certos preconceitos, para a remoção dos quais será conveniente distingui-las entre absolutas e relativas, verdadeiras e aparentes, matemáticas e comuns”* (NEWTON, 2012, p.44).

Deste modo, Newton preocupa-se na diferenciação entre o relativo e absoluto, em relação ao tempo, ele escreve:

O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração. O tempo comum aparente e relativo é uma medida da duração perceptível e externa (seja ela exata ou irregular) que é obtida por meio de movimento e que é

normalmente usada no lugar do tempo verdadeiro, tal como uma hora, um dia, um mês, um ano (NEWTON, 2012, p.45).

Segundo Newton, o tempo absoluto, na astronomia se distingue do tempo relativo pela correção do tempo aparente, pois os dias naturais são de fatos desiguais, apesar de serem considerados como iguais e usados como medida de tempo. Logo, o tempo é corrigido para que possa ser medido os movimentos celestes por um tempo mais rigoroso, porém o fluxo de tempo absoluto não é passível de mudança. Assim, continua Newton, “A duração ou perseverança da existência das coisas permanece a mesma, sejam os movimentos rápidos ou lentos, ou até completamente nulos” (NEWTON, 2012, p.46). A necessidade da correção pode ser dada através de experimentos com relógios de pêndulo, como pelos eclipses dos satélites de Júpiter.

O espaço absoluto é definido como:

O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa, permanece sempre similar e imóvel. Espaço relativo é alguma dimensão ou medida móvel dos espaços absolutos, a qual nossos sentidos determinam por sua posição com relação aos corpos, e é comumente tomado por espaço imóvel; assim é a dimensão de um espaço subterrâneo, aéreo ou celeste, determinado pela sua posição com relação à Terra. Espaços absoluto e relativo são os mesmos em configuração e magnitude, mas não permanecem sempre numericamente iguais. Pois, por exemplo, se a Terra se move, um espaço de nosso ar, o qual relativamente à Terra permanece sempre o mesmo, será em algum momento parte do espaço absoluto pelo qual o ar passa; em um outro momento será outra parte do mesmo, e assim, com certeza, estará continuamente mudando (NEWTON, 2012, p. 45).

Dessa forma, assim como o tempo, o espaço absoluto também é imutável, onde as coisas são colocadas no espaço de acordo com uma ordem de situação. Sendo que algumas partes das que compõem, não podem ser diferenciadas por nossos sentidos, sendo usadas medidas perceptíveis delas (NEWTON, 2012).

Este é outro conceito em Descartes que não agrada a Newton. O espaço na filosofia cartesiana era consequência da relação entre os corpos, “[...] o espaço só existiria na presença de um corpo” (SAPUNARU, 2006 apud GOMES, 2008, p. 65). Para Newton, o espaço precisa ter existência concreta, ao contrário da ideia de extensão de Descartes que levaria ao ateísmo.

Newton ainda esclarece o que vem a ser a definição de lugar, ao qual afirma que Lugar<sup>10</sup> é uma parte do espaço ao qual um corpo ocupa, sendo o espaço absoluto ou relativo, Argumentando ainda que, *“Digo parte do espaço, e não situação, nem superfície externa do corpo. Pois os lugares de sólidos iguais são sempre iguais, mas suas superfícies, em função de suas formas diferentes, são freqüentemente desiguais”* (NEWTON, 2012, p. 45).

Newton descreve ainda o movimento absoluto como sendo a translação de um corpo de um lugar absoluto para outro, e movimento relativo sendo a translação de um lugar relativo para outro, ou seja, a partir das posições e distâncias das coisas. Para exemplificar os movimentos em relativo e absoluto, Newton descreve um navio em movimento cujo lugar relativo de um corpo é a parte do navio que o corpo ocupa, ou a parte da cavidade que o copo preenche, e que dessa forma move-se junto com o navio. Assim repouso relativo seria a permanência do corpo na mesma parte do navio ou de sua cavidade. Já o repouso absoluto é a permanência do corpo na mesma parte do espaço imóvel, no qual o navio, sua cavidade e tudo que ele contém se move (NEWTON, 2012).

Ainda com relação aos movimentos Newton complementa, *“Estas leis não serão corretamente interpretadas se os movimentos relativos forem tomados como sendo verdadeiros”* (GOMES, 2008, p.72). Assim, Newton distingue entre movimento relativo e absoluto, destacando suas características de causa efeito:

É uma propriedade do repouso que os corpos realmente em repouso repousem uns com relação aos outros [...].

É uma propriedade do movimento que as partes, as quais guardam determinadas posições com relação a seus todos, realmente compartilhem dos movimentos desses todos [...].

Uma propriedade similar à precedente é que se o lugar é movido, o que for colocado ali dentro se move junto com ele; e, portanto, um corpo é movido do seu lugar (NEWTON, 2012, p.47- 48).

---

<sup>10</sup> Para Descartes, lugar é a superfície que circunda o corpo; corpo é aquilo que possui extensão (altura, largura e profundidade) (GOMES, 2008, p.64).

Logo, com relação à primeira citação, Newton argumenta que, é possível que em alguma região possa haver um corpo em repouso absoluto, porém, é impossível saber através de suas posições com relação aos outros, se estes mantêm as mesmas posições remotas. Assim, o repouso absoluto não pode ser definido a partir das posições dos corpos (NEWTON, 2012).

Para a segunda citação Newton afirma que, o movimento absoluto de um corpo, não deve ser determinado por sua translação, a partir dos que parecem estar em repouso, e sim os corpos externos devem estar de fato em repouso, e não apenas aparentar. Pois, se os corpos incluídos além de suas translações próximos aos corpos vizinhos compartilhassem da mesma forma seus movimentos verdadeiros, e mesmo que a translação não fosse feita, eles não estariam realmente em repouso e sim aparentariam estar (NEWTON, 2012). Por isso, Newton justifica que:

[...] em vez de lugares e movimentos absolutos, usamos relativos e isto sem qualquer inconveniente prático; mas em investigações filosóficas, devemos abstrair de nossos sentidos e considerar as coisas em si mesmas, distintas daquilo que são tão-somente suas medidas perceptíveis. Pois pode ser que não haja um corpo realmente em repouso, com relação ao qual os lugares e movimentos de outros possam ser referidos (NEWTON, 2012, p.47).

Assim, a causa pelo qual os movimentos relativos e verdadeiros possui alguma diferença em relação ao outro está na razão das forças imprimidas sobre os corpos para gerar movimento. Sendo que o movimento verdadeiro não é nem gerado nem alterado, a não ser por forças imprimidas pelo corpo movido. Já o movimento relativo pode ser gerado ou alterado sem que haja qualquer força imprimida sobre o corpo. Assim sendo Newton continua dizendo:

Pois é suficiente apenas exercer alguma força sobre os outros corpos com os quais o primeiro é comparado, pois quando eles se deslocarem, aquela relação, em que consistia o repouso ou o movimento relativo desse outro corpo, é modificada. Repetindo, movimento verdadeiro sofre sempre alguma modificação a partir de qualquer força exercida sobre o corpo em movimento; mas movimento relativo não sofre necessariamente qualquer modificação por tais forças. Pois se as mesmas forças são igualmente exercidas sobre aqueles outros corpos, com os quais a comparação é feita, tal que sua posição relativa possa ser preservada, então aquela condição que consistia em movimento relativo será preservada. E, portanto, qualquer movimento relativo pode ser modificado quando o

movimento verdadeiro permanece inalterado, e o relativo pode ser preservado quando o verdadeiro sofre qualquer modificação. Assim, o movimento verdadeiro, de modo algum consiste em tais relações (NEWTON, 2012, p.48).

Newton estabelece ainda que:

Os efeitos que distinguem o movimento absoluto do relativo são as forças que agem no sentido de provocar um afastamento a partir do eixo do movimento circular, pois não há tais forças em um movimento circular meramente relativo; mas em um movimento circular verdadeiro e absoluto elas são maiores ou menores, dependendo da quantidade de movimento (NEWTON 2012, p.49).

Este ponto é importante, pois nos mostra que o conceito de força está bem amadurecido para Newton, e, ainda, que ele não está simplesmente negando a teoria cartesiana. Ele está contrapondo à sua (BARBATTI, 1997 apud GOMES, 2008, p.64).

Admite que, devido o fato de o espaço absoluto não poder ser visto e nem determinado pelos nossos sentidos torna-se muito difícil conhecer os verdadeiros movimentos dos corpos e ainda distingui-los dos aparentes. Logo, argumenta que podemos nos guiar pelos movimentos aparentes, em que constituem a diferença dos movimentos verdadeiros, e parte devido às forças que são as causas e os efeitos dos movimentos verdadeiros (NEWTON, 2012).

Acreditamos que o principal argumento implícito em suas ideias é que todo observador ligado a um sistema físico animado de um movimento acelerado em relação ao espaço absoluto vê desenvolverem-se “forças de inércia” nos corpos presentes a este sistema (GOMES, 2008, p.79). Segundo Gomes (2008), é para exemplificar este pensamento que Newton estabelece a experiência do balde, ao qual descreve que:

Se um recipiente, suspenso por um a longa corda, é tantas vezes girado, a ponto de a corda ficar fortemente torcida, e então enchido com água e suspenso em repouso junto com a água; a seguir, pela ação repentina de outra força, é girado para o lado contrário e, enquanto a corda desenrola-se, o recipiente continua nesse movimento por algum tempo; a superfície da água, de início, será plana, como antes de o recipiente começar a se mover; mas depois disso, o recipiente, por comunicar gradualmente o seu movimento à água, fará com que ela comece nitidamente a girar e a se afastar pouco a pouco do meio e a subir pelos lados do recipiente, transformando-se em uma figura côncava (conforme eu mesmo experimentei), e quanto mais rápido se

torna o movimento, mais a água vai subir, até que, finalmente, realizando suas rotações nos mesmos tempos que o recipiente, ela fica em repouso relativo nele. Essa subida da água mostra seu esforço a se afastar do eixo de seu movimento; e o movimento circular verdadeiro e absoluto da água, que aqui é diretamente contrário ao relativo, torna-se conhecido e pode ser medido por este esforço (NEWTON, 2012, p.49).

A essa última afirmação, em relação ao esforço de subida da água, segundo Gomes (2008), “[...] deixa claro que na visão de Newton a superfície da água torna-se côncava por ela ser impedida pelo balde de seguir, por inércia, um movimento retilíneo uniforme em relação ao espaço absoluto, como reza a Primeira Lei” (GOMES, 2008, p.79). Para esclarecer suas ideias Newton comenta:

De início, quando o movimento relativo da água no recipiente era máximo, não havia nenhum esforço para se afastar do eixo; a água não mostrava nenhuma tendência à circunferência, nem ascendia em direção aos lados do recipiente, mas mantinha uma superfície plana, e, portanto, seu movimento circular verdadeiro ainda não havia começado (NEWTON, 2012 p.49).

Newton considerava que enquanto o movimento relativo era máximo entre a água e o balde esta continuava em repouso com sua superfície plana. Logo se alguém a olhasse de fora veria a água executar um movimento circular, porém como ela não tenderia sair pela tangente esta descreveria um movimento relativo. Deste modo, a força que colocou a água em movimento é uma força de inércia (GOMES, 2008). E continua dizendo:

Mas, posteriormente, quando o movimento relativo da água havia diminuído, a subida em direção aos lados do recipiente mostrou o esforço dessa para se afastar do eixo; e esse esforço mostrou o movimento circular real da água aumentando continuamente, até adquirir sua maior quantidade, quando a água ficou em repouso relativo ao recipiente (NEWTON, 2012, p.49).

Com a diminuição do movimento relativo da água, é possível identificar também uma maior distância em relação ao eixo, e esta subir pelas paredes. Esta explicação nos permite dizer que ela iniciou o seu verdadeiro movimento circular e ao encontrar um obstáculo que a impeça de seguir, por inércia em linha reta, o comprime fortemente, dando o formato côncavo à sua superfície. Assim, termina descrevendo que:

E, portanto, esse esforço não depende de qualquer translação da água com relação aos corpos do ambiente, nem pode o movimento circular verdadeiro ser definido por tal translação. Há somente um movimento circular real de qualquer corpo em rotação, correspondendo a um único poder de tendência de afastamento, a partir de seu eixo de movimento, como efeito próprio e adequado; mas movimentos relativos, em um mesmo e único corpo, são inumeráveis, de acordo com as diferentes relações que ele mantém com corpos externos e, como outras relações, são completamente destituídas de qualquer efeito real, embora eles possam talvez compartilhar daquele único movimento verdadeiro (NEWTON, 2012, p. 49).

Assim, conclui-se que em um movimento circular verdadeiro em que haja o impedimento das partículas do corpo de saírem pela tangente, tem-se a presença das forças de inércia, que são ausentes em um movimento circular relativo, e segundo Gomes, “após o balde e a água estarem girando com a mesma velocidade angular em relação ao espaço absoluto, a velocidade relativa nula entre ambos não elimina a “força de inércia” da água adquirida ao longo do movimento” (GOMES, 2008, p.80), deste modo a compressão que ela realiza na parede do balde depende de sua velocidade em relação ao espaço absoluto.

### 6.1.2 LEIS DO MOVIMENTO – *PRINCIPIA*

Após a definição da experiência do balde, Newton descreve nos axiomas suas três Leis, sendo:

**Lei I:** *Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.*

**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.*

**Lei III:** *A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas* (NEWTON, 2012, p.53-54).

A primeira Lei, ou mais conhecida como Lei da Inércia, estabelece um ponto de ruptura com a física pré-galilaica ou aristotélica, em que o movimento era entendido como um processo que alterava as características inerentes ao corpo opondo-se ao repouso, que correspondia à ausência desse processo. Após Galileu, movimento e repouso passaram a ser indiscerníveis deixando de afetar as propriedades dos corpos aos quais só poderiam ser definidos com relação a outros corpos. Para Newton, esta lei relaciona a alteração no

estado de movimento de um corpo com o aparecimento de forças aplicadas, onde os corpos também apresentam resistência a alterar o seu estado de movimento, sendo necessário o aparecimento das causas exteriores (FITAS, 1996).

No entanto, como Barra (1994, apud GOMES p. 74), comenta “Ao contrário de Descartes, Newton manteve desde o *De Gravitatione* que tais estados são conservados em virtude de uma força inerente, inata e essencial à matéria [...]”.

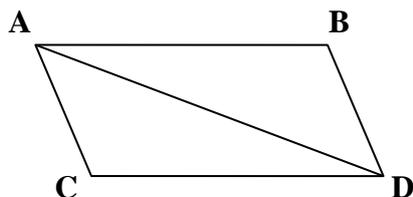
Logo, analisando a definição III, com o enunciado da primeira Lei “[...] Newton jamais se afastou da posição de que a perseverança dos estados inerciais depende da natureza intrínseca da matéria que, além de não poder mudar por si só seu próprio estado, conserva-o através da força inerente a ela” (BARRA, 1994, apud GOMES, 2008, p. 74).

Com relação à Segunda Lei do movimento (*Força*), Cajori (2012) argumenta que pela segunda definição de Newton a quantidade de movimento surge da velocidade e quantidade de matéria, ou seja,  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ . Assim pela segunda Lei a mudança na quantidade de movimento é proporcional a força motora imprimida, ou em termos matemáticos,  $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ , o que significa que a variação do movimento é igual à medida da força que a produz, logo a partir desta relação temos a medida da força como o produto da massa e aceleração ( $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ ) (CAJORI, 2012).

Os estudos experimentais das colisões foram muito importantes para a construção da Terceira Lei. Segundo Gomes, “estes estudos foram inspirados nos experimentos imaginários de Descartes sobre colisões, que os fez para dar um embasamento empírico à sua teoria do movimento, estabelecendo as “regras dos choques”” (GOMES, 2008, p.76). Neste sentido, Newton comenta sobre a Terceira Lei:

Se um corpo se choca com outro, e pela sua força muda o movimento desse, aquele corpo também (por causa da igualdade da pressão mútua) sofrerá uma mudança igual no seu próprio movimento, em direção à parte contrária. As mudanças feitas por essa ação são iguais não nas velocidades, mas nos movimentos dos corpos; quer dizer, se os corpos não forem obstruídos por quaisquer outros impedimentos. Pois, porque os movimentos são igualmente alterados, as mudanças de velocidades feitas em direções a partes contrárias são inversamente proporcionais aos corpos (NEWTON, 2012, p.54).

Newton ainda estabelece seis corolários, que descrevem as propriedades dos movimentos dos corpos. O primeiro Corolário traz a descrição da regra do paralelogramo, para a composição de forças, com as seguintes explicações, “*Um corpo, submetido a duas forças simultaneamente, descreverá a diagonal de um paralelogramo no mesmo tempo em que ele descreveria os lados pela ação daquelas forças separadamente*” (NEWTON, 2012, p.55).



**Figura 5: regra do paralelogramo.**

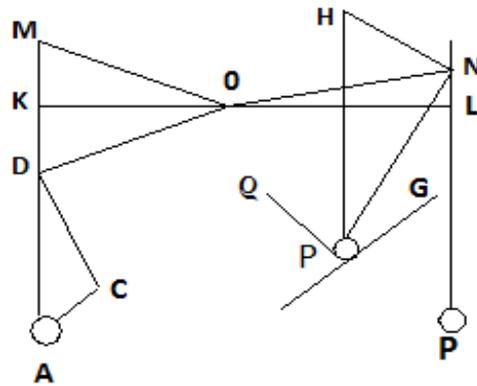
Fonte: adaptada NEWTON, 2012, p.55.

Em resumo, Newton determina se duas forças forem impressas separadamente na diagonal e horizontal (de A à B, e de A à C), estas forças estarão agindo completamente no paralelogramo ABCD, e por ambas estarem agindo juntas, o corpo será levado no mesmo tempo a diagonal de A para D. Assim, se uma força N age na direção da linha AC, paralela a BD, essa força (pela Segunda Lei) não altera a velocidade gerada pela outra força M, onde o corpo é levado em direção à linha BD. O corpo chegará na linha BD no mesmo tempo, seja a força N imprimida ou não, sendo encontrado em algum lugar da linha BD. E pela Primeira Lei moverá numa linha reta de A à D (NEWTON, 2012, p.55).

No segundo corolário Newton, descreve a composição e decomposição de duas forças, sendo,

*E assim é explicada a composição de qualquer força direta AD, a partir de quaisquer duas forças oblíquas AC e CD e, inversamente, a decomposição de qualquer força direta AD em duas forças oblíquas AC e CD, cujas composições e decomposições são abundantemente confirmadas pela mecânica (NEWTON, 2012, p.55).*

Como segue a representação abaixo:



**Figura 6: Decomposição de forças.**

Fonte: adaptada NEWTON, 2012, p.56.

Newton explica este como sendo:

Seja a força total do peso A representada pela linha AD, e seja ela decomposta nas forças AC e CD, das quais a força AC, traçando o raio OD diretamente do centro, não terá efeito algum para mover a roda; mas a outra força DC, traçando o raio DO perpendicularmente a ela, terá o mesmo efeito como se traçasse perpendicularmente o raio OL igual a OD, isto é, ela terá o mesmo efeito que o peso P se

$$P : A = DC : DA,$$

mas como os triângulos ADC e DOK são semelhantes,

$$DC : DA = OK : OD = OK : OL.$$

Portanto,

$$P : A = \text{raio OK} : \text{raio OL}.$$

Como esses raios se situam na mesma linha reta, eles serão equipolentes e, assim, permanecem em equilíbrio; e essa é a bem conhecida propriedade da balança, da alavanca e da roda. Se qualquer um dos pesos for maior do que nessa razão, sua força para mover a roda será igualmente maior.

[...]

Se existisse um plano qualquer  $pQ$ , perpendicular à corda  $pN$ , cortando o outro plano  $pG$  numa linha paralela ao horizonte, e o peso  $p$  fosse sustentado somente pelos planos  $pQ$  e  $pG$  ele pressionaria esses planos perpendicularmente com as forças  $pN$ ,  $HN$ ; quer dizer, o plano  $pQ$  com a força  $pN$ , e o plano  $pG$  com a força  $HN$ . E, portanto, se o plano  $pQ$  fosse removido, de modo que o peso pudesse distender a corda, porque a corda, agora sustentando o peso, tomou o lugar do plano que for removido, ela seria esticada pela mesma força  $pN$  que pressionava o plano anteriormente.

Portanto,

$$\text{Tensão de } pN : \text{tensão de } PN = \text{linha } pN : \text{linha } pH.$$

Portanto, se

$$p : A = OK : OL = \text{linha } pH : \text{linha } pN,$$

então, os pesos  $p$  e  $A$  terão o mesmo efeito no sentido de mover a roda e, portanto, sustentar-se-ão um ao outro, como pode ser constatado por experimento.

[...]

A partir daí são facilmente deduzidas as forças de máquinas, que são compostas de rodas, polias, alavancas, cordas e pesos, ascendendo direta ou obliquamente, e de outras máquinas mecânicas, bem como a força dos tendões que movem os ossos dos animais (NEWTON, 2012, p.56-57).

No terceiro Corolário, Newton descreve a quantidade de movimento dos corpos com relação a suas mudanças de posição, como, “*A quantidade de movimento, que é obtida tomando-se a soma dos movimentos dirigidos para as mesmas partes, e a diferença daquelas que são dirigidos a partes contrárias, não sofre mudança a partir da ação de corpos entre si*” (NEWTON, 2012, p.57).

Deste modo, argumenta:

Pois a ação e sua reação oposta são iguais, pela terceira Lei, e portanto, pela segunda Lei, elas produzem nos movimentos mudanças iguais em direção a partes opostas. Portanto, se os movimentos são dirigidos para as mesmas partes, seja o que for que se acrescente ao movimento do corpo precedente será subtraído do movimento daquele que segue, de modo que a soma será a mesma que antes. Se os corpos se encontram, com movimentos contrários, haverá uma igual dedução a partir dos movimentos de ambos e, portanto, a diferença dos movimentos dirigidos a partes opostas permanecerá a mesma (NEWTON, 2012, p.57-58).

No quarto corolário, Newton descreve o centro de massa de um sistema de corpos relacionando-os às suas interações seja movimento uniforme e retilíneo ou repouso. Onde,

“*O centro comum de gravidade de dois ou mais corpos não tem seu estado de movimento ou repouso alterado pelas ações dos corpos entre si e, portanto, o centro comum de gravidade de todos os corpos agindo uns sobre os outros (excluindo ações externas e impedimentos) ou está em repouso, ou se move uniformemente em uma linha reta*” (NEWTON, 2012, p.59).

Desta forma, se dois pontos se movimentam em movimento retilíneo e uniforme e a distância entre ambos for dividida em uma dada razão, o ponto divisor estará em repouso ou prosseguirá em linha reta. O mesmo aconteceria se acrescesse um outro ponto, no qual o centro comum desses três e o de um quarto estará em repouso ou se moverá uniformemente em linha reta, pois a distancia dos centros será dividida em uma dada razão. Isso desde que não haja qualquer ação mútua entre eles (NEWTON, 2012).

No quinto corolário Newton destaca os movimentos iguais dos corpos em um mesmo espaço, onde a partir das somas e diferenças dos movimentos ocorrerão as colisões e impulsos. Desta forma pela segunda Lei, os efeitos das colisões entre os corpos serão iguais em ambos os casos (NEWTON, 2012). Como diz, *“O movimento de corpos encerrados em um dado espaço são os mesmos entre si, esteja esse espaço em repouso, ou se movendo uniformemente em uma linha reta sem qualquer movimento circular”* (NEWTON, 2012, p.61).

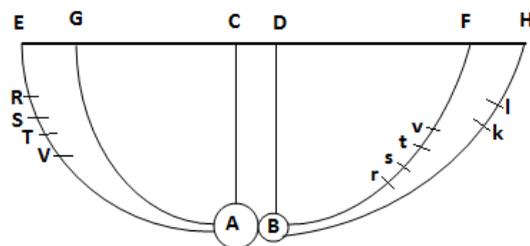
No sexto corolário Newton afirma que se as forças estiverem agindo igualmente nos corpos com relação as suas quantidades e em direções paralelas, pela segunda Lei, não haverá mudanças nas posições ou movimento dos corpos. Ou em palavras, *“Se corpos movidos de qualquer maneira entre si são impedidos na direção de linhas paralelas por forças acelerativas iguais, eles continuarão todos a mover-se entre si da mesma maneira, como se não tivessem sido impelidos por aquelas forças”* (NEWTON, 2012, p.61).

Na última parte dos axiomas, antes do primeiro livro sobre o movimento dos corpos, mais precisamente no escólio, Newton faz um comentário em relação a sua filosofia natural, *“Até aqui, estabeleci tais princípios do modo como foram aceitos pelos matemáticos, e, como confirmados por uma abundancia de experimentos”* (NEWTON, 2012, p.61). E continua:

Pelas primeiras duas Leis e pelos primeiros dois Corolários, Galileu descobriu que a queda dos corpos variava como o quadrado do tempo (*in duplicata ratione temporis*) e que o movimento dos projéteis estava na curva de uma parábola; a experiência concorda com ambos, a não ser pelo fato de que esses movimentos são um pouco retardados pela resistência do ar. Quando um corpo está caindo, a força uniforme de sua gravidade, agindo igualmente, imprime em intervalos de tempo iguais, forças iguais sobre aquele corpo e, portanto, gera velocidades iguais; e no tempo total, imprime uma força total e gera uma velocidade total proporcional ao tempo. E os espaços descritos em tempos proporcionais são como o produto das velocidades e dos tempos; isto é, como os quadrados dos tempos. E quando um corpo é atirado para cima, sua gravidade uniforme imprime forças e reduz velocidades proporcionalmente aos tempos; e os tempos de subida às alturas máximas são como as velocidades a serem extinguidas, e aquelas alturas são como produto das velocidades e dos tempos, ou como os quadrados das velocidades. E se um corpo for arremessado

em qualquer direção, o movimento originado por seu lançamento é composto com o movimento originado por sua gravidade (NEWTON, 2012, p.62).

Newton relata ainda que *Wren, Wallis e Huygens*, os maiores geômetras da época, a partir das duas primeiras Leis e juntamente com a Terceira determinaram separadamente as regras do impacto e reflexão dos corpos duros. Logo, acrescentam que para que esse experimento concorde com a teoria é preciso considerar tanto a resistência do ar como a força elástica dos corpos. Em contrapartida, realizam experimentos com pêndulos a fim de explicar a descoberta (NEWTON, 2012). Para isso usam a seguinte representação:



**Figura 7: experimento do pêndulo.**

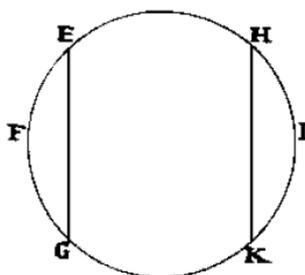
Fonte: adaptada de NEWTON, 2012, p.63.

Dessa forma, explicam que “[...] Pelo encontro e colisão de corpos, a quantidade de movimento, obtida da soma dos movimentos que tinham a mesma direção, ou da diferença daqueles que tinham direções contrárias, nunca mudou” (NEWTON, 2012, p.64).

Newton comenta que para que esta experiência não venha a ser contraditória com a regra, conjecturando os corpos serem duros ou ainda perfeitamente elásticos, afirma que para a experiência ser bem sucedida esta independe da dureza do corpo, podendo utilizar corpos duros ou macios, onde para este último deverá diminuir a reflexão na proporção que é exigida a quantidade de força elástica. Assim pela teoria, corpos duros retornam após o choque com a mesma velocidade ao qual se encontravam, o mesmo vale para corpos elásticos. Para corpos imperfeitamente elásticos a velocidade com que retornam devem diminuir com a força elástica. Desse modo, Newton completa, “E assim, a terceira Lei, na medida em que se refere a percussões e reflexões, está provada por uma teoria que concorda exatamente com a experiência” (NEWTON, 2012, p.65)

Apresenta ainda outra experiência, ao qual analisa dois casos de atração. Primeiro imagina-se dois corpos A e B que se atraem, separados por um obstáculo, onde pela primeira Lei estes corpos devem pressionar igualmente o obstáculo e sofrerem atrações mútuas, permanecendo em equilíbrio (NEWTON, 2012).

Na segunda parte Newton realiza uma experiência ao qual relaciona a gravitação entre a Terra e suas partes afirmando serem mútuas, como representada na figura abaixo:



**Figura 8: A Terra é representada por FI, sendo cortada por EG e HK.**

Fonte: adaptada de NEWTON, 2012, p.66.

Desta forma Newton explica:

[...] A parte extrema HKI se apoiará e pressionará com todo o seu peso a parte central em direção à outra parte extrema EGF; e, portanto, a força com a qual EGI, a soma das partes HKI e EGKH, tende em direção à terceira parte EGF é igual ao peso da parte HKI, isto é, ao peso da terceira parte EGF. E, assim, os pesos das duas partes EGI e EGF, uma em direção à outra, são iguais, como eu queria provar. [...] cada um suporta mutuamente a pressão contrária do outro, cujas velocidades, estimadas de acordo com a determinação das forças, são inversamente como as forças (NEWTON, 2012, p.66).

A partir de seus vários experimentos a fim de exemplificar suas Leis, Newton termina dizendo:

Eu pretendia simplesmente mostrar com esses exemplos a grande extensão e rigor da terceira Lei do Movimento. Pois se estimamos a ação do agente a partir do produto de sua força e velocidade, e da mesma forma, a reação do impedimento a partir do produto das velocidades de suas várias partes e as forças de resistência oriundas da fricção, coesão, peso ou aceleração dessas partes, a ação e a reação, usando-se todos os tipos de máquinas, serão sempre iguais. E na

medida em que a ação é propagada pelos instrumentos intervenientes e, finalmente, imprimida sobre o corpo resistente, a ação última será sempre contrária à reação (NEWTON, 2012, p.67-68).

Portanto toda a sua acurácia, em trabalhar com a linguagem matemática, a preocupação em definir fenômenos e variáveis dos quais seriam importantes para a compreensão de qualquer leitor, o uso de experimentos e exemplos também foram importantíssimos para uma melhor compreensão de seu trabalho. Sendo possível identificarmos todos seus estudos e trabalho pra a conclusão de uma das leis mais importantes da Ciência.

## 7 ANÁLISE DO LIVRO DIDÁTICO

A partir da análise das leis de Newton pelo *Principia*, procuraremos neste capítulo identificar como estas leis são desenvolvidas nos livros didáticos, bem como é descrita e introduzida a História da Ciência nos livros de Física do 1º ano do Ensino Médio, a partir de suas definições. Para a análise, escolhemos os livros mais usados pelos professores.

Os livros analisados foram:

**Tabela 1: Relação de livros analisados.**

<b>Código do livro</b>	<b>Título</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Volume analisado</b>	<b>Editora</b>
Livro 1	Os fundamentos da Física.	Ramalho, Nicolau e Toledo.	Volume 1.	Moderna
Livro 2	Física	Alberto Gaspar	Volume 1.	Ática
Livro 3	Curso de Física	Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga	Volume 1.	Scipione
Livro 4	Física em Contextos	Pietrocola; Pogibin; Andrade;e Romero.	Volume 1.	FTD
Livro 5	Temas de Física, 1	Bonjorno e Clinton	Volume 1.	FTD

Fonte própria do autor.

Procuramos verificar como os autores apresentam e organizam os conteúdos, e em especial, se ha a presença de elementos da História da Ciência, a partir do

desenvolvimento das Leis de Newton, e ainda, através do uso de figuras, charges, notas, fotografia etc.

Além disso, para a análise da História da Ciência utilizamos a metodologia adotada por Carvalho (2007), analisando-a por categorias, as quais permitem investigar como a história foi de fato contada pelos autores dos livros, com relação às suas concepções, vivência com a área de conhecimento etc., onde segundo ele:

[...] elas permitiram integrar, na visão do autor, a história ambientada em várias épocas, unindo cultura, escola e o ensino em torno das concepções de mundo que predominaram na sociedade, assim como permitiram inferir algumas das concepções que os autores manifestam em torno da temática investigada (CARVALHO, 2007, p.50).

Em que descreve:

**Interação** – Analisa como é apresentado, no livro, o desenvolvimento de uma teoria, se através de um trabalho individual ou com a participação de outras pessoas, demonstrando um trabalho de comunicação e colaboração.

**Atores** – Analisa como são apresentados os atores, se apenas os mais ou também os menos consagrados, assim como também a concepção do autor sobre perfil social dos cientistas e de outras pessoas que ajudaram, colaboraram e fizeram parte do desenvolvimento da ciência.

**Métodos** – Nesta categoria analisou-se como é apresentado o desenvolvimento da teoria, durante a explicação dos assuntos, sendo que o método pode ser considerado o registro de atividades que constituem o trabalho do cientista e de outras pessoas que estiveram presentes ao processo de desenvolvimento científico. Dessa forma, o método pode ser classificado como experimental, matemático ou de observação.

**Construção da Ciência** – Analisa se no processo de descrição da construção da ciência, estão sendo evidenciados tanto os acertos quanto os erros da ciência e se nesse processo, a construção do desenvolvimento científico pode estar sendo caracterizada pela cumulatividade, pelos antagonismos e controvérsias que marcaram as disputas de grupos e comunidades científicas pela aceitação ou rejeição de determinadas hipóteses e teorias (CARVALHO, 2007, p.51).

Analisando inicialmente os autores, para desta forma entendermos a maneira como foi elaborada e desenvolvida a escrita, vemos que os cinco livros contam com autores licenciados em Física, em que Alberto Gaspar autor do livro Física, é Licenciado em Física pela Universidade de São Paulo, Mestre em Ensino de Física pela Universidade de São Paulo e Doutor em Educação pela mesma, e atua como professor na Unesp, os

autores do livro “Curso de Física”, Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, em que Antônio M. R. da C. é professor adjunto do Departamento de Física da UFMG, e Beatriz A. Á, é professora Emérita do Departamento de física da mesma universidade. Os autores do livro “Física em Contextos” de Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira é licenciado em Física pela USP-SP também é mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo. Doutorado em Epistemologia e História da ciência na Universidade de Paris VII. Iniciou a carreira docente como professor de Física em Escolas de nível médio Fez Livre-docência na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo intitulada: Reflexões Histórico-Epistemológicas e o Ensino das Ciências (2004). Foi professor do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é professor titular da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Já, Renata Cristina de Andrade Oliveira, é Licenciada em Física pela USP-SP, pós-graduada em Ensino de Física Universidade Estadual de Campinas e formação complementar em Pedagogia e Especialização em Psicopedagogia e atualmente é professora da Equipe Pedagógica da Área de Ciências da Natureza Componente Curricular Física na Secretaria de Estado da Educação de São Paulo e trabalha com coautoria de materiais didáticos e ensino de Ciências à distância, Talita Raquel Luz Romero, é Licenciada em Física pelo Instituto de Física da USP-SP, mestrado em Ensino de Ciências, modalidade Física, pelo Programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo.

Do livro “Temas de Física”, José Roberto Bonjorno, é Bacharel e Licenciado em Física pela PUC-SP, professor de Matemática e Física, Regina Azenha Bonjorno é Bacharel e Licenciada em Física pela PUC-SP e professora de Matemática e Física, Valter Bonjorno é Engenheiro Naval pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo USP-SP e Clinton Márcico Ramos, é Licenciado em Física pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Mogi das Cruzes UMC-SP e professor de Física. O livro de “Os Fundamentos da Física”, Francisco Ramalho Junior é professor de Física em cursos pré-vestibulares, Nicolau Gilberto Ferraro é engenheiro Metalúrgico e licenciado em física pela USP, já Paulo Antonio de Toledo Soares dá aulas de Física em cursos pré-vestibulares, escolas e ensino médio e superior, mas é formado em medicina pela FMUSP.

Deste modo, vemos que a maior parte dos autores possui graduação em Física, possuindo mestrado e até doutorado e que alguns trabalham no ensino e em cursinhos pré-vestibulares. Logo, esse último fator nos permite inferir uma visão tradicional, pois este em seu curso tem como finalidade a preparação para o vestibular, o que nos lembra um ensino através de prática de memorização (CARVALHO, 2007).

## 7.1 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS MEDIANTE CATEGORIAS

Deste modo, optamos por fazer a análise dos processos históricos sobre as Três Leis do Movimento de Newton, a partir da metodologia descrita acima. Assim, seguem-se as análises de cada livro:

### **Livro 1: Ramalho, Nicolau e Toledo – Volume 1.**

**Métodos:** Os autores, ao editarem a parte 4, capítulo 11 intitulado “Forças em Dinâmica”, que aborda as Leis de Newton, não se atentam ao fato de Newton ter desenvolvido suas leis a partir dos pensamentos de momento e conservação do momento, em que se trabalhado primeiro traria uma melhor compreensão desta para a inserção das Leis, trazendo o conteúdo somente no cap. 16.

**Interação e Atores:** O autor introduz um pequeno resumo das noções singulares de dinâmica, força e massa. Logo após, relata um resumo da História da Ciência, a partir das contribuições de Aristóteles (384-322 a.C.), Galileu Galilei (1564-1642) e Newton (1642-1727). Desse modo, a ideia de que a ciência é uma construção, fruto de inúmeros estudos e experimentos, desenvolvidos por várias pessoas, não é passada de modo satisfatório. Omite, por exemplo, as ideias de Kepler e Descartes, as quais foram essenciais para o despertar dos estudos de Newton, ainda traz apenas o nome dos mais consagrados na história da Ciência.

Aristóteles (384-322 a.C.) elaborou uma teoria para explicar os movimentos dos corpos, que permaneceu até a Idade Média e apenas no Renascimento começou a ser reavaliada. [...] Realizando experiências, Galileu Galilei (1564-1642) constatou que a tendência natural dos corpos, livres da ação de forças, é permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. [...] Isaac Newton aceitou e

desenvolveu as idéias de Galileu [...] (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2003, p.172).

**Construção da Ciência:** Comete um erro ao dizer que Newton aceitou e desenvolveu as ideias de Galileu, pois, pela análise dos *Principia* e das ideias de Galileu, identificamos que Newton não concordava com algumas ideias descritas por Galileu, o que apresenta dessa forma uma ciência errônea, como se Newton apenas estivesse tomado posse das ideias de Galileu. De acordo com Cohen, a ideia de Inércia para Galileu era diferente daquela dada por Newton no *Principia*:

Galileu acreditava que os corpos ou tinham a tendência de permanecer em repouso ou em movimento circular uniforme. Ele não concebia um movimento retilíneo uniforme perpétuo, pois afirmava que um corpo não pode simplesmente *afastar-se de um lugar*, mas apenas mover-se *em direção a um lugar*. Assim, não há como mover-se em direção a um lugar onde é impossível chegar (COHEN, 1988 apud GOMES, 2008, p.43).

**Métodos:** Ainda estabelece como Princípio da Inércia ou a Primeira Lei de Newton sendo, “Um ponto material isolado está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme” (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2003, p.173), que deixa explícito o que venha a ser o ponto material isolado “(quando não existem forças atuando nele ou quando as forças aplicadas ao ponto têm soma vetorial nula)” (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2003, p.173). Ainda para exemplificar a primeira Lei cita por meio de figuras o exemplo do ônibus e de um cavaleiro, e um carro em uma curva que tende a sair pela tangente.

Para a segunda Lei os autores não voltam a utilizar a História da Ciência, descrevendo-a como, “A resultante das forças aplicadas a um ponto material é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida:  $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$ ” (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2003, p.173).

Para a abordagem da noção de peso, os autores atribuem a relação de corpos abandonados nas vizinhanças do solo que sofrem variações de velocidade, havendo uma interação entre os corpos e conseqüentemente uma força chamada de peso  $\vec{P}$ . E ainda:

Quando um corpo está em movimento sob ação exclusiva de seu peso  $\vec{P}$ , ele adquire uma aceleração denominada aceleração da gravidade  $\vec{g}$ . Sendo  $m$  a massa do corpo, a equação fundamental da dinâmica  $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$  transforma-se em  $\vec{P}_R = m \cdot \vec{g}$ , pois a resultante  $\vec{F}_R$  é o peso  $\vec{P}$  e a aceleração  $\vec{a}$  é a aceleração da gravidade  $\vec{g}$  (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2003, p.177).

O que é semelhante ao descrito por Newton:

[...] e a força motora origina-se da multiplicação da força acelerativa pela mesma quantidade de matéria. E a soma das ações da força acelerativa sobre as várias partículas do corpo é a força motora do todo. Assim é que, próximo à superfície da Terra, onde a gravidade acelerativa ou a força que produz a gravidade em todos os corpos é a mesma, a gravidade motora ou o peso é igual ao corpo [...] (NEWTON, 2012, p.44).

Para a Terceira Lei também não há menção da História da Ciência, e inserem a seguinte definição, “Sempre que dois corpos quaisquer A e B interagem, as forças exercidas são mútuas” (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2003, p. 183).

Cita ainda:

Toda vez que um corpo A exerce uma força  $\vec{F}_A$  num corpo B, este também exerce em A uma força  $\vec{F}_B$  tal que essas forças:

- a) Têm a mesma intensidade  $|\vec{F}_A| = |\vec{F}_B| = F$ ;
- b) Têm a mesma direção;
- c) Têm sentidos opostos;
- d) Têm a mesma natureza, sendo ambas de campo ou ambas de contato (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2003, p.183).

Ainda com relação à citação d) estabelece como característica da força de mesma natureza ambas de campo, quando deveria ser estabelecida como de ação a distância ou de contato.

Também destaca algumas aplicações do Princípio da Ação e Reação, a partir da atração de corpos próximo a superfície da Terra.

**Construção da Ciência:** Ao final deste capítulo, traz outro resumo da História da Física, em que comenta algumas obras de Newton como o, *Principia*, o *Óptica*, entre outros, e em resumo estabelece as Leis do Movimento em sua formulação original.

**Atores:** Ainda ao final ressalta-o como o maior cientista de todos os tempos, sem relatar a contribuição de tantos outros filósofos através de suas teorias sobre o movimento, em que foram essenciais para o despertar dos pensamentos do mesmo.

## **Livro 2: Alberto Gaspar - Volume 1.**

**Métodos:** O autor ao editar o capítulo 9 intitulado “As Leis de Newton” aborda o conceito da mesma maneira que o livro anterior, apresentando o conceito de Quantidade de Movimento e Conservação somente no capítulo 17, ou seja, deixa os alunos construírem a ideia de força antes do movimento, sabendo que Newton utilizou das ideias de movimento para entender quais eram as causas deste, caracterizando-as depois. Ao nosso entendimento essa inversão (conceito de momento antes dos de forças) facilitaria o entendimento das leis de Newton pelos alunos.

No capítulo 9, Gaspar começa com um pequeno texto dando exemplos que caracterizam a ideia de força, a fim de construir mais à frente o conceito mais detalhado desta. Logo após, utiliza uma página inteira para descrever o significado de força encontrado no dicionário, e em um pequeno texto descreve as quatro interações fundamentais da natureza de acordo com a física moderna, sendo a interação gravitacional, interação eletromagnética, interação forte e interação fraca.

**Construção da Ciência e Interação:** Traz um breve texto da história de Isaac Newton, e suas contribuições para a ciência, logo a História da Ciência trazida por ele está dividida em duas partes. Na primeira parte o autor faz uma adaptação dos escritos de Hecht, ao descrever o caminho trilhado por Newton desde seu nascimento, a faculdade cursada, seus estudos, descobertas e a influência que outros nomes tiveram em sua vida, seja favorecendo o seu trabalho ou tardando, também deixa claro a resistência do povo em aceitar uma nova ideia. Mesmo o autor não descrevendo nesta parte toda a história da ciência e a trazendo resumidamente, se esta for analisada pelo professor em sala

juntamente com alunos pode leva-los a se interessarem pela obra realizada por Newton, levando-os a uma pesquisa mais detalhada sobre a história da ciência.

**Métodos:** Na primeira Lei ou lei da Inércia o autor parte de uma pergunta “O que acontece com o movimento de um corpo livre da ação de qualquer força?” (GASPAR, 2000, p.114). Nesta pergunta o autor leva os alunos a pensarem na força imprimida como causa/ação exercida sobre um determinado corpo capaz de modificar seu estado ou de repouso ou de movimento, conforme a definição IV, dessa Newton comenta que “Essa força consiste apenas na ação, e não permanece no corpo quando termina a ação” (NEWTON, 2012, p.41).

A partir da pergunta descrita, insere as respostas, *Se nenhuma força atua sobre o corpo em repouso, ele continua em repouso. [...] Se nenhuma força atua sobre o corpo em movimento, ele continua em movimento [...] retilíneo e uniforme*” (GASPAR, 2000, p. 114-115). Dessa forma insere a primeira Lei de Newton, “Um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme se nenhuma força atuar sobre ele” (GASPAR, 2000, p.115). Após inserir a Lei da Inércia Gaspar descreve que essa ideia de que o corpo se move sem a ação de força nem sempre foi assim, sendo contestada por vários pensadores, onde relata “[...] durante séculos prevaleceu o ponto de vista contrário – de que só havia movimento se houvesse força – até o aparecimento dos trabalhos de Galileu” (GASPAR, 2012, p.115).

**Interação e Atores:** Em sequência Gaspar traz em nota o que significa inércia na linguagem cotidiana, e em outra um pouco da história da ciência em relação ao pensamento de diversos filósofos sobre o principio da Inércia, dentre eles o de Aristóteles, e seu exemplo da flecha, como também de Buridan, Galileu e Descartes, onde mesmo de maneira resumida ao qual sabemos que não foram somente estes responsáveis pela evolução do pensamento de inércia, mas mostra a ciência dotada de erros cometidos por pessoas como nós, que foi fundamentada por muito tempo. Como já dito antes essa iniciativa é um aliado caminho para permitir que o professor leve a discussão e pesquisa.

**Métodos:** A segunda Lei é trazida pelo autor através de outra pergunta, como “O que ocorre quando o corpo está sob a ação de força resultante não nula?” (GASPAR, 2000,

p.117). Essa pergunta leva a ideia de aceleração onde o autor explicita que de acordo com Newton “essa aceleração tem a mesma direção e sentido da força resultante. Além disso, se a força resultante for constante, a aceleração também será constante” (GASPAR, 2000, p.117).

Logo Newton estabelece a aceleração através da definição VII, onde diz “A quantidade acelerativa de uma força centrípeta é a medida da mesma, proporcional à velocidade que ela gera em um dado tempo” (NEWTON, 2012, p.43), onde relaciona o movimento com a velocidade adquirida pelo corpo sendo esta a aceleração, diferente de como o autor a descreve. Ainda descreve que “Para  $\overline{F_r}$  constante, quanto maior for a inércia do corpo, menor a aceleração  $\vec{a}$  que ele adquire e vice-versa” (GASPAR, 2000, p.117), desta relação Newton estabelece que a força da gravidade varia com a distância à Terra, mas “[...] a distâncias iguais, é a mesma em todos os lugares, pois (removendo, ou descontando, a resistência do ar), ela acelera igualmente todos os corpos que caem, sejam pesados ou leves, grandes ou pequenos” (NEWTON, 2012, p.43), ou seja mesmo não usando as mesmas palavras Gaspar usa o conceito original de Newton, chegando através dessa relação juntamente com a anterior a segunda lei de Newton.

Em seguida Gaspar explica em duas notas a massa relativa e introduz aceleração e velocidade para movimentos curvilíneos. A Terceira lei é inserida a partir do resultado da interação entre dois corpos, ao qual Gaspar exemplifica com o caso dos patinadores, onde diz “As forças atuam sempre aos pares, não existe ação sem reação” (GASPAR, 2000, p.119), e ainda “Se um corpo **A** exerce uma força sobre um corpo **B**, o corpo **B** exerce sobre **A** uma força de mesma intensidade e direção, mas de sentido contrário” (GASPAR, 2000, p.119).

### **Livro 3: Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, Volume 1.**

**Métodos:** Os autores introduzem a primeira e a terceira Lei no capítulo 4, onde deixam a segunda lei para trabalhar no capítulo seguinte, pois julgam que estas necessitam de uma análise diferente.

**Interação e Atores:** iniciam a unidade com um resumo sobre a vida de Isaac Newton, relatando que suas observações e de outros cientistas foram essenciais para a

formulação dos seus três princípios, chamados de “Leis do Movimento” (LUZ; ÁLVARES, 2000), ainda atribuí a Galileu o início de uma revolução na ciência por ter formulado as três leis básicas, porém, o referencia como se tivesse sido o primeiro e único antes de Newton a pensar nas leis do movimento, o que sabemos que não foi, pois, antes de Galileu vários outros cientistas já tinham ideia de movimento não como tal é hoje, mas foram as primeiras contribuições para estas, e após Galileu também outros reformularam a as ideias sobre força e movimento, o que não consta neste resumo.

Em seguida dão exemplos de força, atribuindo primeiramente a visão intuitiva de força como esforço muscular, como foi há muito tempo aceita, em seguida a força como atração, força peso, e força elétrica e magnética, bem como os instrumentos capazes de medir essas forças.

**Construção da Ciência:** Em seguida aborda uma pequena relação entre força e movimento para Aristóteles e Galileu. Destaca que para Aristóteles era impossível um corpo possuir movimento sem a presença de forças atuando sobre ele. Relatam ainda que estas ideias perduraram durante toda a Idade Média, onde eram aceitas sem serem questionadas, assim as críticas só viria aparecer no século XVII com Galileu (LUZ; ÁLVARES, 2000). Já Galileu caracteriza força e movimento como:

Estando uma esfera em repouso sobre uma superfície horizontal, Galileu observou que, empurrando-a com uma certa força, ela entrava em movimento. Entretanto, a esfera continuava a se mover, percorrendo uma certa distância, mesmo depois que ele deixava de empurrá-la. Assim, Galileu verificou que um corpo podia estar em movimento sem a ação de uma força que o empurrasse. [...] Baseando-se em uma série de experiências semelhantes, Galileu conclui que o corpo parava, após cessado o empurrão, em virtude da ação do atrito entre a superfície e o corpo, cujo efeito seria sempre o de retardar o seu movimento. Assim, se fosse possível eliminar totalmente a ação do atrito, o corpo continuaria a se mover indefinidamente (LUZ; ÁLVARES, 2000, p.122-123).

**Atores:** Logo, mesmo os autores trazendo o conceito de força e movimento para os dois cientistas, mistificam a história da ciência, dando a ideia de que somente os dois pensaram sobre, encobrendo tantos outros que tiveram contribuições.

**Métodos:** Em seguida os autores trazem a tona o conceito de inércia, onde denominam que,

[...] um corpo tende a permanecer em seu estado de repouso ou de movimento. [...] Se um corpo estiver em repouso, ele, por inércia, tende a continuar parado e só sob a ação de uma força é que poderá sair deste estado; se um corpo estiver em movimento, sem que nenhuma força atue sobre ele, o corpo tende, por inércia, a se mover em linha reta com velocidade constante (LUZ; ÁLVARES, 2000, p.124).

Porém, Newton utiliza as seguintes palavras para descrever a inércia, direcionando esta a uma propriedade do corpo, como:

É uma propriedade do repouso que os corpos realmente em repouso repousem uns com relação aos outros [...].  
É uma propriedade do movimento que as partes, as quais guardam determinadas posições com relação a seus todos, realmente compartilhem dos movimentos desses todos [...] (NEWTON, 2012, p.47).

Após a explicação do que seria inércia, os autores revelam a descrição da primeira Lei, onde mais uma vez dizem Newton ter se baseado nas ideias de vários físicos, entre eles Galileu e ainda que a primeira lei é uma síntese das ideias de Galileu, em que inscreve, “Na ausência de forças, um corpo em repouso continua em repouso e um corpo em movimento move-se em linha reta, com velocidade constante” (LUZ; ÁLVARES, 2000, p.125).

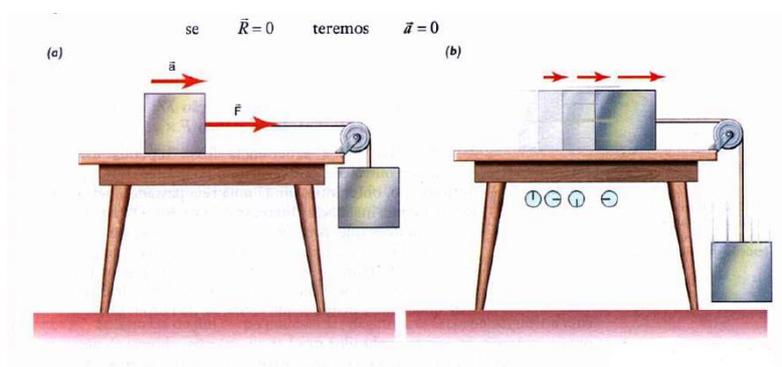
O que nos inquieta é a maneira como os autores inserem a primeira Lei atribuindo créditos somente a Galileu, sendo que outros nomes entre eles Descartes, Wallis, Wren, Huygens, Mariotti, foram principais para o amadurecimento da ideia em Newton, o que acaba também por ocultar os fatos e passar a visão aos alunos de que a ciência é construída apenas de grandes nomes.

Na sequência os autores inserem a terceira lei como descrevem antes, “Newton percebeu que as forças sempre aparecem como resultado da interação de dois corpos. [...] Newton constatou que, na interação de dois corpos, as forças sempre aparecem aos pares: para cada ação de um corpo sobre outro existirá sempre uma reação igual e contrária deste outro sobre o primeiro” (LUZ; ÁLVARES, 2000, p.129). Dessa maneira

insere o enunciado da terceira lei, sendo, “Quando um corpo A exerce uma força sobre um corpo B, o corpo B reage sobre A com uma força de mesmo módulo, mesma direção e de sentido contrário” (LUZ; ÁLVARES, 2000, p.129). Nesta lei e também nas outras não há presença das explicações pelos autores de como Newton chegou a enuncia-las, o que era pensado antes pelos cientistas até a formulação de Isaac Newton, entre outras.

**Construção da Ciência/ Atores/ Interação:** No final do capítulo trazem um tópico especial onde através de um texto relatam a vida de Newton, porém os fatos comentados são, data de nascimento, morte e suas principais obras. Nelas os autores não citam as ideias de outros filósofos que incentivaram Newton a desenvolver suas principais leis, apenas citam que foi através do incentivo de amigo Halley que veio a publicá-las, pois Newton era muito tímido e possuía aversão a polemicas, o que teria causado o tardamento de sua publicação, também traz em nota as três leis de Newton originais, escritas em latim, somente no final do texto cita a presença marcante dos antecessores de Newton responsável pela sua grande obra, onde termina descrevendo que Pode ver mais longe, pois, estava sobre “ombros de gigantes” (LUZ; ÁLVARES, 2000, p.129).

**Métodos:** A segunda lei só aparece no capítulo 5, onde inicia descrevendo que “ [...] se a resultante das forças que atuam em um corpo for nula, este corpo estará em repouso ou em movimento retilíneo uniforme” (LUZ; ÁLVARES, 2000, p. 163). Também introduzem a noção de aceleração através do movimento, onde partem de uma pergunta, “que tipo de movimento teria o corpo se a resultante das forças que nele atuam fosse diferente de zero?” (LUZ; ÁLVARES, 2000, p. 163), a resposta é respondida através de duas figuras, como segue:



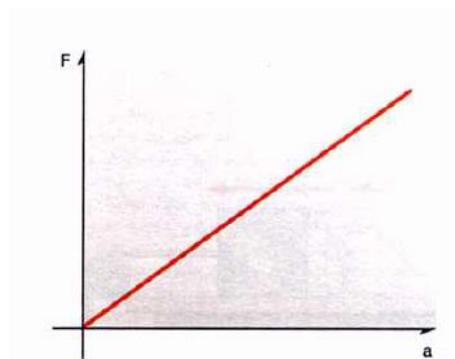
**Figura 9: A força  $\vec{F}$  imprime ao corpo um movimento acelerado.**

Fonte: LUZ; ÁLVARES, 2000, p.163.

A figura 9a representa um objeto em uma superfície lisa sem atrito, a partir delas continuam,

“Como as demais forças que atuam no corpo (peso e reação normal) se equilibram, podemos considerar a força  $\vec{F}$  como a única força que atua no corpo. A figura 9b [...], como a distância entre duas posições sucessivas está crescendo, evidentemente a velocidade do corpo está aumentando, ou seja, o movimento do corpo é acelerado” (LUZ; ÁLVARES, 2000, p.163).

Dessa relação chegam que da ação de uma força surge à aceleração e em seguida que a intensidade da força é proporcional á aceleração. Assim para inserirem a massa na equação utilizam de um gráfico,

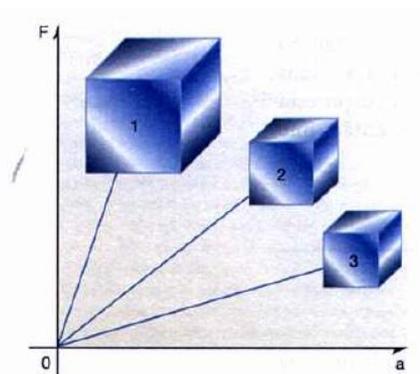


**Figura 10: força proporcional à aceleração.**

Fonte: LUZ; ÁLVARES, 2000, p.164.

Onde acrescentam,

“De um modo geral, verificamos que, para um dado corpo, temos sempre  $F \propto a$ , mas a inclinação do gráfico  $F \times a$  varia de um corpo para outro (figura abaixo). Portanto, o quociente  $F/a$  tem um valor constante para um dado corpo, sendo, assim, característico de cada objeto. Este quociente é denominado massa,  $m$ , do corpo” (LUZ; ÁLVARES, 2000, p.164).



**Figura 11:  $F \times a$  representa a massa do corpo.**

Fonte: LUZ; ÁLVARES, 2000, p.164.

Ainda estabelecem que quanto maior a massa maior a inércia, assim inserem a segunda lei de Newton, dizendo “A aceleração que um corpo adquire é diretamente proporcional à resultante das forças que atuam nele e tem a mesma direção e mesmo sentido desta resultante” (LUZ; ÁLVARES, 2000, p.165).

Assim como visto os autores utilizam outros meios matemáticos para descrever as leis de Newton, diferente de como o próprio às desenvolveu.

#### **Livro 4: Pietrocola, Pogibin, Andrade, Romero. Volume 1.**

Neste livro diferente dos outros faremos uma descrição geral das unidades dando ênfase nas leis de Newton isto, pois, os autores utilizam de todo conhecimento da História da ciência para elaborarem, ou seja, é um livro todo teórico a fim de reforçar as descrições matemáticas.

**Construção da Ciência:** Na primeira unidade os autores usam textos informativos sobre a ordem e desordem a nossa volta, onde pretende-se relatar as primeiras ideias de Universo, ainda estudos da origem e da evolução do cosmos, da cosmologia egípcia a moderna, a história dos calendários, organização do universo para Aristóteles entre outros como tempo e movimento, referencial, o dialogo entre a queda livre - Galileu, etc. O interessante é que cada equação é inserida de acordo com sua passagem na história.

**Métodos:** As Leis de Newton são incisivas no capítulo 9 onde os autores deixam expressos os objetivos do capítulo em nota, sendo abordar as causas do movimento e sua relação com as forças. Os autores assim iniciam o capítulo reforçando a ideia de força já discutida nos capítulos anteriores, então sugere a seguinte pergunta, “[...] Será que todo corpo em movimento necessita de uma força? Será que cessando a ação da força o movimento acaba?” (OLIVEIRA et al., 2010, p.262). Refletindo sobre essa pergunta os autores trazem a ideia de força desde Aristóteles, Buridan com o conceito de impetus, Galileu, Descartes, e Newton com sua obra *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*.

Desse modo a lei da Inércia é exposta da mesma maneira que Newton enunciou em seu livro, sendo “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele” (OLIVEIRA et al., 2010, p.264).

A segunda Lei “[...] permite descrever o que ocorre quando a força resultante não é nula, ou seja, quando permanece uma componente da força resultante” (OLIVEIRA et al., 2010, p.266). Assim como a primeira Lei também enunciam a versão original da segunda Lei, sendo “A variação do movimento de um corpo é proporcional à ação efetiva das forças aplicadas e se dá na mesma direção da força resultante” (OLIVEIRA et al., 2010, p.266), a partir desta dizem que a mudança do movimento se refere a aceleração, onde esta é proporcional a força e inversamente proporcional à massa.

A Terceira Lei o autor se refere à interação entre dois corpos, sendo produzida sempre aos pares, nesta o autor assim como Newton cita um exemplo de colisão, onde ao se colidirem uma aplica força na outra, enunciando que “A toda ação existe uma reação de mesma intensidade e direção, mas de sentido oposto” (OLIVEIRA et al., 2010, p.271).

**Construção da Ciência:** Ao decorrer do capítulo há ainda outras partes da história da ciência, relatando a vida de Newton desde sua infância, na universidade, seus primeiros estudos, as contribuições de Einstein e ainda copias dos axiomas do livro *Principia* de Newton.

**Métodos:** A maneira como os autores estabelecem todo o conteúdo está de acordo com as diretrizes, ou seja, incentivando o uso da história da ciência. Além dela também no final de cada unidade possui alguns experimentos que podem ser feitos com relação aquele conteúdo, também opção de filmes, ainda relacionam o conteúdo trabalhado com o cotidiano do aluno.

### **Livro 5: Bonjorno e Clinton. Volume 1.**

Esse livro aborda os conteúdos de forma mais conceitual, diferente do livro anterior, abordando todos os conteúdos determinados para o primeiro ano do ensino médio.

**Atores/ Interação e Construção da Ciência:** Trazem na primeira unidade alguns nomes importantes na história da Ciência como Aristóteles, Galileu, Newton, e Einstein, trazendo suas principais descobertas para a ciência, porém trazem a história muito resumida, omitindo tantos outros cientistas importantes para que a ciência se consolidasse.

**Métodos:** As leis de Newton são inseridas no capítulo 9 da unidade IV. A primeira Lei ou lei da Inércia é inserida pelos autores da seguinte forma, “Todo corpo que não se encontra sob a ação de forças não sofre variação de velocidade. Isto significa que, se ele está parado, permanece parado; se está em movimento, continua em movimento, mantendo sempre a mesma velocidade” (BONJORNO et al., 1997, p. 187).

**Construção da Ciência:** Apresenta ainda um experimento realizado por Galileu para comprovar o fato do corpo em movimento permanecer em movimento com a mesma velocidade onde, “Galileu lançou uma bolinha sobre um plano horizontal e vertical e verificou que ela parava após percorrer poucos metros, mesmo que, aparentemente, nenhuma força estivesse atuando sobre ela (o empurrão cessou)” (BONJORNO et al., 1997, p.188).

**Métodos:** Para a segunda lei descrevem “A experiência nos mostra que uma mesma força produzirá diferentes acelerações sobre diferentes corpos” (BONJORNO et al., 1997, p. 189). Assim para compreender melhor, os autores demonstram duas experiências.

A primeira indica que ao aplicarem forças resultantes sucessivas  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  a um mesmo corpo essas forças tendam a produzir acelerações respectivas  $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$ . Assim, temos  $\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \dots = \frac{F_n}{a_n} = K \rightarrow \frac{F}{a} = K$  (BONJORNIO et al., 1997).

Onde esta mostra a relação entre a força aplicada e a aceleração, onde se uma duplica a outra também duplica, ou seja, a aceleração é proporcional à força. A segunda experiência implica em aplicar a mesma força resultante em corpos de massas diferentes. Logo desta se tem o seguinte resultado, quanto maior a massa do corpo menor a aceleração, sendo estas proporcionais (BONJORNIO et al., 1997).

Assim enunciam a segunda lei da seguinte maneira, “A resultante das forças que agem sobre um ponto material é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida” (BONJORNIO et al., 1997, p. 190).

A terceira lei também é enunciada a partir da interação entre dois corpos, onde descrevem, “Sempre que um corpo B exerce uma força sobre um corpo A, este reage exercendo em B uma outra força, de mesma intensidade e direção, mas de sentido contrario” (BONJORNIO et al., 1997, p.196).

Logo, os três enunciados da forma como foram descritos pelos autores caracterizam a ciência como operações matemáticas, tirando o real valor de construção de pensamentos, toda a cultura social, que contribuiu para a formulação das leis vigentes hoje. Também assim como nos outros livros trabalham primeiro com o conceito de força e depois é que inserem a quantidade de movimento e conservação, diferente de como foi analisado no Principia, onde Newton formula suas leis a partir das ideias de momento e conservação.

Deste modo os livros didáticos presentes nas salas de aula devem conter a história da ciência, apresentada de forma clara, sem esconder ou incumbir seus autores, sejam eles famosos por descobrir tais leis ou não, pois só assim, trazendo todos os episódios vividos é que permitirá com que se entenda como foi desenvolvida a ciência, desta forma a ciência por si só trará a cada evento os conteúdos necessários para o aprendizado do aluno, além de facilitar a compreensão, pois nesta prática estes são

livres para se expressarem, levantarem opiniões, refletirem e entender que a ciência é fruto de mentes iguais a eles, sujeitas a erros e imperfeições, mas também verdades e acertos.

## 8 NOVAS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS

“Se, na verdade, o sonho que nos anima é democrático e solidário, não é falando aos outros, de cima para baixo, sobretudo, como se fôssemos os portadores da verdade a ser transmitida aos demais, que aprendemos a escutar, mas é escutando que aprende a falar com eles. Somente quem escuta paciente e criticamente o outro, fala com ele, mesmo que, em certas condições, precise falar a ele (FREIRE, 1996 p.113)”.

### 8.1 PROPOSTAS

A utilização da História da Ciência nas salas de aula segundo os trabalhos de Castro e Carvalho (1992) e Castro (1993), facilita o desenvolvimento do pensamento dos alunos, além de regular as perturbações lacunares, importantes na construção do conhecimento. Assim as abordagens históricas são capazes de trazer à tona questões, que mesmo aparentemente banais, são capazes de evidenciar as lacunas que venham impedir o processo do conhecimento (CASTRO, 2009).

Logo, a utilização da História e da Filosofia das Ciências além de trazerem as explicações necessárias para o entendimento dos fenômenos, com relação à resistência dos alunos, pelos conceitos introduzidos em sala de aula, também trazem o reequilíbrio, mostrando caminhos para um planejamento, com base na teoria piagetiana, visando a mudança do conceito espontâneo para o conceito científico (CARVALHO, 1992).

Desse modo, não basta apenas conhecer a História da Ciência, é necessário desenvolver estratégias, elaborar atividades que possam ser usadas em benefício da construção do conhecimento.

Como afirma Carvalho e Sasseron (2009, p.109):

Com uma abordagem de conceitos por meio de textos históricos, é possível levar os estudantes a perceber os acertos e desacertos de um pesquisador, suas conclusões e inconclusões e as bases que fundamentaram e apoiaram a proposição do conhecimento científico tal qual por ele realizada.

Para Lemke (1997 apud CARVALHO; SASSERON, 2009, p.113), o desenvolvimento das aulas devem ser tais que facilite a compreensão dos alunos, onde afirma que:

Em todas as sequências de ensino nas quais o enfoque é a construção do conhecimento pelos alunos, o ambiente em sala de aula, para que isso aconteça, deve ser de respeito em relação às ideias dos alunos. Entretanto, mesmo sempre privilegiando as interações entre professor e alunos, e incentivando as argumentações e o debate de ideias, buscando, em consenso, ultrapassar os conflitos semânticos e sociais.

Nesta ideia Carvalho (2005b apud CARVALHO; SASSERON, 2009, p.113), também comenta que “O papel do professor em sala de aula caracteriza-se por ser o de mediador entre as duas culturas e, portanto, com a responsabilidade de ajudar seus alunos a transpor as fronteiras entre a cultura cotidiana e científica”.

Onde segundo Piaget, “tudo que se ensina à criança impede que ela invente ou descubra por si mesma” (o que a criança descobre ou inventa por si mesma reestrutura, fundamentalmente, suas atividades motora, verbal e mental) (LIMA, 1980, p.130).

Assim, segundo Carvalho e Sasseron (2009, p.114), para as aplicações das atividade de História e Filosofia das Ciências é necessário se atentar para o planejamento de três situações:

Primeiramente uma leitura individual, na qual o estudante interaja com o texto – essa situação pode acontecer na própria aula, se o texto escolhido for pequeno, ou como trabalho para casa.

Retoma-se o texto em um discussão em pequenos grupos, visando uma interação entre pares em que a discussão é mais aberta e os alunos podem expor com mais liberdade suas ideias, refutadas ou aceitas pelos colegas. É o início da aprendizagem de uma importante habilidade científica: a argumentação com base em fatos retirados de textos teóricos.

Imediatamente após a discussão, os pequenos grupos são desfeitos e organiza-se um grande grupo, planejando uma interação professor-alunos e não professor-grupo – isso é importante para que o aluno, cuja argumentação não foi aceita pelo grupo de colegas, tenha a liberdade de expor novamente suas ideias e seu raciocínio para o professor. Agora o professor interage e sistematiza as argumentações trazidas pelos alunos das discussões em grupos menores, buscando tanto verter a linguagem cotidiana para a científica como valoriar os aspectos internos e externos da cultura científica.

É importante que a atividade termine com um trabalho escrito. Temos também de ensinar a escrever cientificamente. [...]

Ainda é possível trabalhar em sala de aula demonstrações investigativas<sup>11</sup>, ao qual utiliza-se ainda do trabalho em grupo com o uso de experimentos ao qual partem da apresentação de um problema inicial apresentado pelo professor sendo levados através de questionamentos e discussões, ao fim a solução pelos alunos (AZEVEDO, 2009). Logo, os alunos partiriam da discussão do problema inicial e antes da solução seriam levados a utilizar dos textos originais da história da ciência sobre determinado conceito, onde poderiam discutir ainda as controvérsias e proposições levadas pelo cientista. Onde após entendido o desenvolvimento da formulação do conceito é que de fato é realizado o experimento.

Com relação as controvérsias dos cientistas para a elaboração de um conceito, analisadas pelos grupos, Carvalho e Sasseron (2009, p.117) afirmam que “A importância deste episódio reside no fato de que a percepção de tal controvérsia pelo cientista possibilita aos alunos entender também a Ciência como um conhecimento aberto, sujeito a reformulações e mudanças”.

Segundo Nascimento (2003 e 2004 apud CARVALHO; SASSERON 2010, p.118), “Há ainda indícios de que eles se encontram mais envolvidos com os conceitos quando buscam explicações para as questões colocadas pelo professor [...]”.

Uma outra alternativa para o uso da história da ciência nas salas de aulas, é por meio de peças teatrais, ao qual o professor pode por exemplo, utilizar os originais de Newton e Descartes, onde com estes poderem identificar a ciência como constante desenvolvimento. O professor poderá levá-los a uma leitura detalhada sobre a história de tal conceito sendo levados a discutir as vertentes imersas no processo, como também identificar os cunhos políticos e sociais transcritos na época, a partir de todas essas reflexões os alunos podem ser levados para em grupo escrever uma peça ao qual relate o desenvolvimento sofrido pela ciência.

---

<sup>11</sup> Geralmente, as demonstrações de experimentos em Ciências são feitas como objetivo de ilustrar uma teoria, ou seja, o fenômeno é demonstrado a fim de comprovar uma teoria já estudada ou em estudo. [...] assim as demonstrações experimentais investigativas são demonstrações que partem da apresentação de um problema ou de um fenômeno a ser estudado e levam a investigação a respeito desse fenômeno (AZEVEDO, 2009).

Utilizando ainda da mesma metodologia, pode-se ainda através da leitura de diversos cientistas ser realizado um jure simulado, onde cada grupo tenha que defender as ideias de cada cientistas, dando ainda argumentos e exemplos, ao qual será uma grande ferramenta para a construção de uma ciência baseada em estudos frutos de pessoas condicionadas a erros, deixando claro que a ciência não é uma verdade pronta e acabada.

Assim, mesmo através de uma imensa possibilidade de utilização desta Ciência, não se tem receitas prontas de como deve ser trabalhado para a obtenção de resultados positivos, ficando nas mãos dos professores a utilização da melhor maneira mesmo, pois, esta não é uma e única solução para se desenvolver o aprendizado, sabendo também que dependerá muito da realidade escolar a que se tem, porém estudos comprovam que a utilização da história da ciência aproxima o aluno da ciência, despertando neste o gosto pela Física, como afirma Carvalho:

A utilização didática da História da Ciência no Ensino Médio não sendo a solução para os problemas do ensino de Física, a utilização pode contribuir no intuito de estimularmos pessoas que sejam capazes de inovar e pensar cientificamente e ao mesmo tempo seres humanos preocupados com questões da sociedade atual, já que a História da Ciência possibilita a integração da Física com outras áreas, contribuindo para a complexa formação de um cidadão contemporâneo (CARVALHO, 2007, p.6-7).

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se vê, a educação hoje no Brasil vive uma época de grandes desafios e inovações (WILSEK; TOSIN, 2009). Correntes pedagógicas até pouco tempo vigentes não são suficientes para cumprir com seu papel de facilitar as práticas pedagógicas, cuidar, manter a ordem e o respeito além de proporcionar a construção de competências e habilidades necessárias para a formação cidadã. Assim como afirmam Wilsek e Tosin (2009, p.3), “A fragmentação do conhecimento em disciplinas, o volume de informações dos currículos distanciam a experiência e o pensamento crítico das práticas escolares [...]”.

Segundo Wilsek e Tosin (2009), esta questão é bem perceptível na sala de aula, onde os alunos possuem dificuldades em relacionar as teorias desenvolvidas em sala com o mundo a sua volta, não as reconhecendo em seu cotidiano. Como afirma Barros et al, (2004) :

Uma das razões é o modelo passivo de aprendizado fomentado nos ambientes tradicionais de ensino em que alunos raramente interagem produtivamente e onde o estímulo é a nota e não o conhecimento. Neste modelo, os estudantes demonstram seu aprendizado resolvendo problemas padrões, mas frequentemente não mudam a maneira como entendem o mundo ao seu redor (BARROS et al., 2004, p.1).

Ainda relatam que neste modelo passivo, os alunos adotam algumas estratégias, sendo elas:

- Concentrar em memorização, ao invés do entendimento.
- Estudar nas vésperas de provas para obter notas, ao invés de conhecimentos.
- Utilizar para auto-avaliação somente notas, ao invés de refletir sobre seu progresso.
- Compartmentalizar o conhecimento, ao invés de pensar no que sabe como um todo.
- Trabalhar sozinho, ao invés de articular idéias com seus colegas, solidificando-as.
- Tentar adivinhar a visão de mundo do professor, ao invés de repensar sua própria.
- Aceitar informações (mesmo sem acreditá-las), ao invés de questionar criticamente (BARROS et al., 2004, p.1).

Por isso defendemos durante todo o trabalho a importância de uma reelaboração dos processos de ensino aprendizagem, em que proporcione uma inversão de papéis em que os professores estabeleçam meios que permitam ao aluno a sua própria construção do conhecimento, através de prática inovadoras, saindo assim do centro do processo de ensino-aprendizagem, tornando-se mediador do conhecimento e o aluno construtor deste. Como comenta Carvalho (2004):

Essa proposta de ensino deve ser tal que leve os alunos a construir seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer-lhes respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vista transmitindo uma visão fechada das ciências (CARVALHO, 2004 apud WILSEK; TOSIN, 2009, p.1).

Desta forma os professores devem ter em mente que os educandos não são tábulas rasas como relata Piaget, mas sim dotados de pré-concepções sobre o mundo a sua volta. Por isso, como afirma Martins (2006), os professores devem:

- Conhecê-las e não fingir que não existem;
- Não ridicularizá-las ou tentar recalá-las, mas tratá-las com respeito;
- Entender seu papel, sua fundamentação, para o indivíduo;
- Compará-las com outras concepções – tanto a atualmente aceita pela ciência como as outras alternativas;
- Analisar as evidências a favor e contra cada uma delas; e
- Tentar auxiliar o educando a passar por uma mudança conceitual, da antiga para a científica, através de argumentos da mesma natureza dos que são utilizados nas discussões científicas – mas não por um argumento de autoridade (MARTINS, 2006, p. 25-26).

No entanto, na busca de soluções ou de simplesmente recursos, atividades, superação de obstáculos do ensino, que educadores de todo o mundo perceberam a grande importância da utilização da História da Ciência no ensino de todos os níveis, e com elas os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio enfatizam na abordagem da História da Ciência, como ferramenta auxiliadora a fim de complementar outras abordagens no ensino científico (MARTINS, 2006).

Logo, mesmo sabendo da ineficiência e superficialidade da História da Ciência encontrada nos livros didáticos que tanto prejudica o trabalho docente, este também

contribui para a deformação da natureza da ciência passada aos alunos, através da ideia de ciência pronta e acabada, fruto de mentes brilhantes ou até mesmo de ciência verdadeira. Porém, ainda podemos encontrar bons materiais dessa natureza, em artigos, teses como também em livros de quem entende sobre o assunto, ou seja, biografias traduzidas de originais, entre outros. Como afirma Martins (2006, p.28), “[...] para poder ser utilizado na educação, deve ser escrito em linguagem adequada e simples, procurando explicar tudo claramente, sem pedantismos acadêmicos mas sem tentar simplificar e transformar em “água com açúcar” a complexidade histórica real”.

Dessa forma dentre as várias práticas possíveis de serem utilizadas na sala de aula, como vimos, está o trabalho em grupo, que favorece a troca de saberes, o convívio coletivo e social. Os alunos podem ser levados por meio de leituras, apresentações, discussões e realizações de experimentos, a desvendar e conhecer de fato como foi desenvolvida a ciência, seus autores, o momento político, social e cultural que culminou tal desenvolvimento, e qual a real explicação para tal fator de acordo com a ciência, fato que na maioria das vezes é omitido nos livros didáticos.

Assim, o grande objetivo da educação é que por meio de práticas inovadoras entre as quais está incluso a utilização da História da Ciência, despertar no aluno o interesse e a curiosidade para esta, revelando entre erros e verdades, todos os “autores” por trás da ciência, fazendo-os se identificarem neles, seja através de falas, ou de algum pensamento, levando-os a crerem que também podem vir a ser um nome na história, ou então, apenas proporcionar a eles o conhecimento científico de que necessitam.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: Problematizando as Atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo. Cengage Learning, 2009. p.19-33. Disponível em: < <http://www.cecimig.fae.ufmg.br/wp-content/uploads/2009/04/ensino-por-investigacao-problematizando-as-atividades-em-sala-de-aula-cap2.pdf> >. Acessado em: 02/10/2013 às 15:08:12.

BARRA, V. M; LORENZ, K. M. **Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980**. Paraná: Ciência e cultura 38(12) p.1970-1983. Aceito em 28/07/1986.

BARROS, J. A. et al. Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p.63-69, 2004. Disponível em: < [WWW.sbfisica.org.br](http://WWW.sbfisica.org.br) >. Acessado em : 28/07/2013 às 14:23:10.

BEZERRA D. P. et al. **A evolução do ensino da física – Perspectiva Docente**. Fortaleza-CE: Scientia plena, v. 5, n. 9, p. 2, julho/setembro 2009.

BIZZO, N. A formação de professores de ciências no Brasil: uma cronologia de improvisos. In: **Ciência e cidadania: Seminário Internacional de Ciências de qualidade para todos**, 28 nov. a 01 dez. 2004. Brasília: UNESCO, 2005.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: Ministério da Educação, 1997.126p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 364p.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio 2007, Biologia**. Brasília: MEC, SEB, 2006. 107p. Disponível em : < [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/EnsMed/biologia\\_v7.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/EnsMed/biologia_v7.pdf) >. Acessado em: 26/07/2013 às 13:47:38.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretária de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. 144p. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> >. Acessado em: 01/04/2013 as 17:22.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. Paraná, 2008.

BONJORNO, J.R.; BONJORNO, R. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M. **Temas de física, 1**. São Paulo: FTD, 1997.

CACHAPUZ, A., et al. **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. 2. Ed. Importância da Educação Científica na Sociedade Actual. Cap.1. São Paulo: Cortez, p. 19-33, 2011.

CAJORI, F. Apêndice Histórico e Explicativo. In: NEWTON, I. **Principia**. 2012. São Paulo: Edusp, 2012, p. 299-325.

CAPES. disponível em: < <http://www.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid> >. Acessado em: 01/04/2013, as 18:00.

CARVALHO, A. M. P. de. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de Ciência: Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo. Cengage Learning, 2009, p. 1-17.

CARVALHO, A. M. P. de. **Construção do conhecimento e Ensino de Ciências**. Em aberto, Brasília, v.12, n. 55, p.4-16, jul./set. 1992.

CARVALHO, C. A História da Indução Eletromagnética contada em livros Didáticos de Física. Dissertação de Mestrado em Educação - Curso de Pós-Graduação em Educação (UFPR). Curitiba: 2007.

CARVALHO, A. M. P. de. et al. Abordagens Históricas-filosóficas em sala de aula: questões e propostas. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p.107-139.

CARVALHO, A. M. P. de. **Física: proposta para um ensino construtivista**, 1989. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária LTda/EPU, 1989.

CASTRO, R. S. de; Uma e outras Histórias. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. P.102-117.

CERQUEIRA, A. G. C; CERQUEIR, A. C.; SOUZA, T. C. de; MENDES, P. A. **A Trajetória da LDB: um olhar crítico frente à realidade Brasileira**. In: CICLO DE ESTUDOS HISTÓRICOS. A ESCOLA DOS ANNALES E A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO HISTÓRICO: HERANÇAS, TENDÊNCIAS E NOVAS PERSPECTIVAS, 20., 2009, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Universidade de Santa Cruz, 2009. Disponível em: < [http://www.uesc.br/eventos/ciclohistoricos/anais/aliana\\_georgia\\_carvalho\\_cerqueira.pdf](http://www.uesc.br/eventos/ciclohistoricos/anais/aliana_georgia_carvalho_cerqueira.pdf) >. Acessado em: 28/07/2013.

COIMBRA, S. G. **A Formação de uma cultura científica no ensino médio: O papel do livro didático de Física**. 2007. 187f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciência). Universidade de Brasília-UnB, Brasília, 2007. Disponível em : < <http://hdl.handle.net/10482/5022> >. Acessado em: 26/07/2013, às 14:09:56.

DAMASIO, F. O início da revolução científica: questões acerca de Copérnico e os epiciclos, Kepler e as órbitas elípticas. Araranguá: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, 3602. 2011. Disponível em: < [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br) >.

DESCARTES, R. **Discurso do Método, 1596-1650**. Tradução: Maria Ermantina Galvão, São Paulo: Martins Fontes - (Clássicos), 1996. Disponível em : < [http://www.josenorberto.com.br/DESCARTES\\_Discurso\\_do\\_m%C3%A9todo\\_Completo.pdf](http://www.josenorberto.com.br/DESCARTES_Discurso_do_m%C3%A9todo_Completo.pdf) >. Acessado em: 28/07/2013.

ÉVORA, F. R. R. Natureza e Movimento: um estudo da física e da Cosmologia aristotélicas. **Cad. Hist. Fil. Ci., Campinas**, Série 3, v. 15, n. 1, p. 127-170, jan.-jun. 2005.

FITAS, A. J. S. **Os Principia de Newton, alguns comentários (Primeira parte, a Axiomática)**. Vértice, n. 72, p. 61-68, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. 29ª Ed. São Paulo: Paz e Terra. 1996.

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Editora Ática, 2000.

GOMES, L. C. **Concepções Alternativas e Divulgação: Análise da Relação entre força e movimento em uma revista de popularização Científica**. 2008. p.126. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

GONZATTI, S. E. M; SARAIVA, M. F. O; RICCI, T. F. **Um curso introdutório à astronomia para a formação inicial de professores de ensino fundamental, em nível médio**, 2008. – Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2008. 138p. : il. (Textos de apoio ao professor de física / Marco Antonio Moreira, Eliane Angela Veit, ISSN 1807-2763; v. 19, n.3).

GRANDI, S. C. Diário PIBID. Maringá, 2010 (Noprelo).

GRANDI, S. C. Diário PIBID. Maringá, 2012 (Noprelo).

KAWAMURA, M. R. D; HOSOUME, Y. **A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio**. Física na Escola, v.4, n.2, p.22-27, 2003.

LACANALLO, L. F. et al. **Métodos de ensino e de aprendizagem: uma análise histórica e educacional do trabalho didático**. In: Jornada do HISTEDBR, 7., 2007, Campo Grande. **Anais...** A organização do trabalho didático na História da Educação. Campo Grande: Editora Uniderp, 2007. p. 157-158.

LAJOLO, M. Livro Didático: um (quase) manual de usuário. Brasília: **Em Aberto**, ano 16, n.69, jan./mar. 1996.

LIBÂNEO, J. C. **Didática, Coleção Magistério. Série formação do professor**. São Paulo: Cortez, 1994.

LIMA, L. O. **Piaget para principiantes**. São Paulo: Summus, 1980.

LUZ, A. M. R. do; ÁLVARES, B. A. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2000.

MARTINS, R. A. Introdução. **A história das ciências e seus usos na educação**. Pp. xxi-xxxiv, In: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006. Este arquivo foi copiado da biblioteca eletrônica do *Grupo de História e Teoria da Ciência* <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>> da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), do seguinte endereço eletrônico (URL):<http://ghtc.ifi.unicamp.br/pdf/ram-116.pdf>.

\_\_\_\_\_. **Galileo e a rotação da Terra**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 11, n. 3, p. 196-211, 1994.

MATOS, A. S., et al. **O papel do livro didático no ensino de Ciências**. In: **IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão (ix jepex) e IV Semana Nacional de Ciência e Tecnologia e a Semana Pernambucana de Ciência e Tecnologia**. Recife/PE - Anais eletrônicos - 19 à 23 de outubro de 2009, p.1-2.

MAZZOTTI, T. **Didacografia**, a arte de ensinar tudo a todos. Comunicação online: "Tarso Mazzotti". 26 de set. 2005.

MEDEIROS, A.; MONTEIRO, M. A. A invisibilidade dos pressupostos e das limitações da teoria copernicana nos livros didáticos de física. Recife: **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v.19, n.1: p.28-50, abr. 2002. Disponível em : <<https://150.162.1.115/index.php/fisica/article/viewFile/9293/8584>>. Acessado em : 23/07/2013.

MORAES, J. U. P. **O Livro didático de Física e o Ensino de Física: suas relações e origens**. Lagarto-SE: Scientia Plena. vol.7, n.9 2011. Disponível em: <[www.scientiaplena.org.br](http://www.scientiaplena.org.br)>.

NARDI, R. Memórias da Educação em Ciências no Brasil: A pesquisa em Ensino de Física. **Investigações em Ensino de Ciências**, Bauru, V.10, n.1, pp. 63-101, 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ienci/?go=artigos&idEdicao=31>>. Acesso em: 24/05/2013, às 15:55:52.

NASCIMENTO, P. E. A. do., et al. **História da Educação no Brasil e a prática docente diante das novas Tecnologias**, 2012. In. Seminário Nacional de Estudos e pesquisas "História, Sociedade e Educação no Brasil", 9., 2012. **Anais Eletrônicos...** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba — 31/07 a 03/08/2012.

NEUBAUER, R., et al. Ensino médio no Brasil: uma análise de melhores práticas e de políticas Públicas\*. Brasília: **Revista brasileira de Estudos pedagógicos**, v. 92, n. 230, p. 11-33, jan./abr. 2011.

NEWTON, I. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural**. 2. Ed. São Paulo: Edusp, 2012. Tradução: Trieste Ricci, Leonardo Gregory Brunet, Sônia Terezinha Gehring, e Maria Helena Curcio Célia.

NUÑEZ, I. B. et al. **A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de ciências.** *Revista Iberoamericana de Educación (Online)*, v. -, p. 1-15, 2003. Disponível em: < [www.campus-oei.org](http://www.campus-oei.org) >.

OLIVEIRA, M. P. P. de; POGIBIN, A.; OLIVEIRA, R. C. de A.; ROMERO, T. R. L.. **Física em Contextos.** 1ª edição. São Paulo: FTD, 2010.

PAULINO, S. F. Livro Tradicional x Livro Eletrônico: a revolução do livro ou uma ruptura definitiva? *Revista digital hipertextus*. Hipertextus, n.3, Jun.2009. Disponível em: < [www.hipertextus.net](http://www.hipertextus.net) >.

PEREIRA, C. L. N.; SILVA, R. R. da. A história da Ciências e o ensino de Ciências. *Revista virtual de gestão de iniciativas sociais (GIS)*. Edição especial. Março de 2009.

PIBID. UFRB, 2013. Disponível em: < <http://www.ufrb.edu.br/pibid/index.php/o-que-e-o-pibid> >. Acessado em : 02/10/2013.

PICAZZIO, E.. **A influência da astronomia na ciência e na humanidade.** Campinas: ComCiência, n.112, 2009. Disponível em: < <http://comciencia.scielo.br/pdf/cci/n112/a07n112.pdf> >. Acessado em:

PIMENTEL, J. R.. Livros Didáticos de Ciências: a física e alguns problemas. Rio Claro: *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 15, n. 3: p. 308-318, ago. 1998.

PORTO, C. M; PORTO, M. B. D. S. M. A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 4, 4601 (2008). Disponível em: < [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br) >.

QUEIROZ, C. T. A. P. de; MOITA, F. M. G. da S. C. **Fundamentos sócio-filosóficos da educação.** 22 ed. Campina Grande: UEPB/UFRN, 2007. Disponível em: < [http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/fundamentos\\_socio\\_filosoficos\\_da\\_educacao/Fasciculo\\_09.pdf](http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/fundamentos_socio_filosoficos_da_educacao/Fasciculo_09.pdf) >. Acessado em: 23/07/2013

QUINTAL, J. R.; MORAES, A. G. de.. **A História da Ciência no Processo Ensino-Aprendizagem.** Parte do Trabalho de Dissertação de Mestrado no Ensino de Ciências e Matemática. Julho de 2008.

RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. **Os Fundamentos da Física.** 8ª edição. São Paulo: Moderna, 2003.

ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. A Teoria Histórico Cultural e o Ensino da Física. In: *Revista Iberoamericana de Educación*, n.33-6, 1-8, 2004. Disponível em : < [http://www.rieoei.org/did\\_mat22.htm](http://www.rieoei.org/did_mat22.htm) >. Acessado em: 23/06/2013.

SANTOS, I. da S. F. dos; PRESTES, R. I; VALE, A. M do. Brasil, 1930 - 1961: Escola Nova, LDB e disputa entre Escola Pública e Escola Privada, 2006. *Revista HISTEDBR On-line*, Campinas, n.22, p.131 -149, jun. 2006. Disponível em: < [http://www.histedbr.fae.unicamp.br/revista/edicoes/22/art10\\_22.pdf](http://www.histedbr.fae.unicamp.br/revista/edicoes/22/art10_22.pdf) >. Acessado em: 30/07/2013.

SIGANSKI, B. P. (IC), FRISON, M. D. (PQ), BOFF, E. T. de O. (PQ). **O Livro Didático e o Ensino de Ciências**, 2008. In: Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ) -UFPR, 14., 2008. **Anais...** Curitiba: 21 a 24 de julho de 2008, p.1-11.

SPIASSI, A.. **Análise de livros didáticos de Ciências: um estudo de caso**, 2008. **Revista Trama**, V. 4, N. 7, p.45-54, 1º Semestre de 2008.

TRINDADE, D. F. História da Ciência: uma possibilidade interdisciplinar para o ensino de ciências no Ensino Médio e nos cursos de formação de professores de ciências, 2011. **Revista Brasileira de História da Ciência**: Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 257-272, jul | dez 2011.

VIEIRA, S. L. A educação nas Constituições brasileiras: texto e contexto. Brasília: **R. bras. Est. Pedag.**, v.88, n. 219, p.291-309, maio/ago 2007.

WILSEK, M. A. G; TOSIN, J. A. P. **Ensinar e Aprender Ciências no Ensino Fundamental com Atividades Investigativas através da Resolução de Problemas**. Secretaria de Estado da Educação. Estado do Paraná, dez. 2009. Disponível em: < <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf> >. Acesso em 28/07/2013.