

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS – CAMPUS BAURU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA**

**MARIA FERNANDA BIANCO GUÇÃO**

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE  
PROFESSORES DE FÍSICA: CONTRASTES, IMPRESSÕES E VIVÊNCIAS A  
RESPEITO DO CONCEITO DE CIÊNCIA**

**BAURU – SP  
2017**

**MARIA FERNANDA BIANCO GUÇÃO**

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE  
PROFESSORES DE FÍSICA: CONTRASTES, IMPRESSÕES E VIVÊNCIAS A  
RESPEITO DO CONCEITO DE CIÊNCIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração em Ensino de Ciências, Faculdade de Ciências, UNESP – Universidade Estadual Paulista – Campus de Bauru, como requisito parcial à obtenção do título de doutora.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Carbone Carneiro

**BAURU – SP  
2017**

Gução, Maria Fernanda Bianco.

História e filosofia da ciência na formação inicial de professores de física: contrastes, impressões e vivências a respeito do conceito de ciência / Maria Fernanda Bianco Gução, 2017

179 f. : il.

Orientador: Marcelo Carbone Carneiro

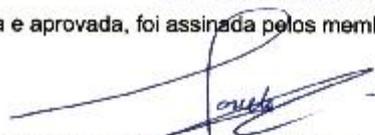
Tese (Doutorado)-Universidade Estadual

Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2017

1. História e filosofia da ciência. 2. Educação Científica. 3. Fenomenologia. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE MARIA FERNANDA BIANCO GUÇÃO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS.**

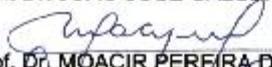
Aos 05 dias do mês de maio do ano de 2017, às 08:30 horas, no(a) Sala 01 da Pós-Graduação da Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO - Orientador(a) do(a) Departamento de Ciências Humanas / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - UNESP/Bauru, Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, Prof. Dr. MOACIR PEREIRA DE SOUZA FILHO do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP/Presidente Prudente, Prof. Dr. CLAUDINEI APARECIDO DE FREITAS DA SILVA do(a) Departamento de Filosofia / Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Prof. Dr. SERGIO LUIZ BRAGATTO BOSS do(a) Departamento de Física / Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de MARIA FERNANDA BIANCO GUÇÃO, intitulada "HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA: CONTRASTES, IMPRESSÕES E VIVÊNCIAS A RESPEITO DO CONCEITO DE CIÊNCIA". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



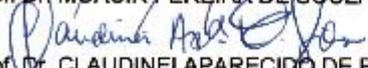
Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO



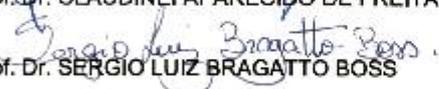
Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI



Prof. Dr. MOACIR PEREIRA DE SOUZA FILHO



Prof. Dr. CLAUDINEI APARECIDO DE FREITAS DA SILVA



Prof. Dr. SERGIO LUIZ BRAGATTO BOSS

**Dedico aos meus pais.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, a quem eu chamei nos momentos de angústia e de desesperança.

Ao professor Carbone, que durante esses longos anos soube ser mais do que orientador da pesquisa, mas muitas vezes dispôs de seu tempo simplesmente para me ouvir.

Agradeço aos meus pais, Celso e Edna, aqueles que esperaram e acreditaram sempre que eu poderia chegar até aqui.

Agradeço às minhas irmãs, Laura e Ana, que sempre me deram tanto carinho.

Agradeço aos amigos, que mesmo sem entender muito o que eu fazia sempre terminavam com um “você consegue!”.

Aos colegas da pós, que muito contribuíram para vencer cada crédito.

Ao professor Jonas, por permitir que eu desenvolvesse a pesquisa durante as suas aulas.

Aos professores do Programa, por cada contribuição para a caminhada.

Aos atendentes da secretaria, que sempre foram dispostos a ajudar com as burocracias e, por vezes, ouvir as inquietações também.

Aos atendentes da biblioteca, pela prontidão em atender.

Aos membros da banca de qualificação, que encaminharam a pesquisa.

Aos membros da banca de defesa, que avaliaram atentamente a pesquisa.

Finalmente, aos alunos da Física, que se tornaram mais do que o fenômeno investigado, parte do meu mundo vivido.

*Eppur si mouve*

[Galileu Galilei?]

GUÇÃO, Maria Fernanda Bianco. **História e filosofia da ciência na formação inicial de professores de física: contrastes, impressões e vivências a respeito do conceito de ciência**. 2017. 179 f.il. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP, Campus Bauru, 2017.

## RESUMO

A educação científica é, hoje, objeto de estudo das diversas linhas de pesquisa no campo da educação para a ciência. Além de subsidiar a aprendizagem de conteúdos científicos, ela deve elucidar o conceito de ciência, seu processo e suas implicações na sociedade. A história da ciência é considerada de grande relevância como instrumento de reflexão sobre o que é ciência, de como se desenvolve e das características políticas, sociais e tecnológicas inerentes a esse processo. Assim, a formação do professor de ciências deve possibilitar uma base sólida de conteúdos específicos, bem como da natureza da ciência. Considerando essas leituras, tomamos a educação científica na formação inicial como objeto de estudo, levando em consideração a importância do entendimento sobre a ciência para o aluno e também sobre a sua própria formação nesse contexto. Desenvolvemos uma investigação com alunos de graduação em Física, a fim de descrever a sua compreensão e seu papel a respeito da ciência, considerando a sua formação. Tomamos por base a ideia de que o conceito de ciência deve ser entendido a partir da reflexão sobre conceitos e episódios históricos, apresentando controvérsias e discussões sobre o processo de se abandonar ou defender uma teoria. A metodologia de análise utilizada foi a fenomenologia de Merleau-Ponty. Escolhemos o exemplo histórico de Galileu para o debate do conceito de movimento e consideramos como um bom instrumento para incitar a reflexão sobre o desenvolvimento do conhecimento científico. Salientamos que outros momentos e outros conceitos podem ser usados da mesma forma. Por meio da descrição do mundo vivido pelos estudantes, buscamos conhecer a concepção de ciência do licenciando e o papel da educação científica dentro desse contexto. O olhar fenomenológico nos levou a concluir que as formas de expressão e os discursos são carregados de ambiguidade, opacidade e contradições. Assim, apresentamos a descrição de temas que permeiam a concepção de ciência e do papel da formação que os estudantes expressam.

**Palavras-chave:** História e Filosofia da Ciência. Formação de professores. Fenomenologia. Conceito de ciência.

GUÇÃO, Maria Fernanda Bianco. **History and philosophy of science in the initial formation of physics teachers: contrasts, impressions and experiences about the concept of science**. 2017. 179 f.il. Thesis (Doctorate in Education for Science) – Faculdade de Ciências, UNESP, Campus Bauru, 2017.

## **ABSTRACT**

Scientific education is, today, the object of study of several lines of research in the field of education for science. Besides subsidizing the learning of scientific contents, it should elucidate the concept of science, its process and its implications in society. The history of science is considered of great relevance as an instrument for reflection on what science is, how it develops, and the political and technological characteristics inherent in this process. Thus, the formation of the science teacher should provide a solid basis for specific contents as well as the nature of science. Considering these readings, we take scientific education in initial formation as an object of study, considering the importance of understanding about science for the student and also about their own formation in that context. We develop research with undergraduate students in Physics to describe their understanding of science and its role in it, considering its formation. We take the idea that the concept of science must be reflected from the discussion of historical concepts and episodes, presenting controversies and discussions about the process of abandoning or defending a theory. The methodology of analysis used was the phenomenology of Merleau-Ponty. We chose the historical example of Galileo for the discussion of the concept of movement and consider it as a good instrument to stimulate reflection on the development of scientific knowledge. We point out that other moments and other concepts can be used in the same way. Through the description of the world lived by the students, we sought to know the conception of science of the graduating and the role of scientific education within that context. The phenomenological view has led us to conclude that the forms of expression and the discourses are loaded with ambiguity, opacity and contradictions. Thus, we present the description of themes that permeate the conception of science and the role of the formation that the students express.

**Keywords:** History and philosophy of science. Teacher training. Phenomenology. Science concept.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Sistema geocêntrico .....	26
Figura 2	- Sistema de mundo de Tycho Brahe .....	29
Figura 3	- Sistema Heliocêntrico Copernicano .....	31
Figura 4	- Esfera solta com o barco em repouso.....	93
Figura 5	- Aluno descreve o vetor velocidade, admite velocidade inicial nula, cita a gravidade como causadora desse efeito de queda acelerada. Adota $V_0 = 0$ e $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .....	95
Figura 6	- Esfera solta com o barco em movimento .....	98
Figura 7	- Descrição considerando situações ideais .....	100
Figura 8	- Descrição sobre a trajetória da esfera .....	101
Figura 9	- Esfera solta com o barco em MRU .....	108
Figura 10	- Descrição do movimento da esfera a partir de diagrama de corpo livre .....	109
Figura 11	- Canhões disparando balas a Leste e a Oeste .....	111
Figura 12	- Descrição considerando situações ideais .....	112
Figura 13	- Descrição a respeito das trajetórias dos projéteis .....	113

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>CONCEITO DE MOVIMENTO EM GALILEU E SUAS LEITURAS .....</b>	<b>19</b>
2.1	BREVE HISTÓRICO DA DISCUSSÃO SOBRE O MOVIMENTO .....	25
2.2	A HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA GALILIANA .....	36
2.2.1	O Galileu de Koyré.....	41
2.2.2	O Galileu de Feyerabend .....	46
<b>3</b>	<b>A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.....</b>	<b>55</b>
3.1	A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA POR FEYERABEND .....	64
3.2	A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA POR KUHN .....	67
<b>4</b>	<b>A INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>72</b>
4.1	O MÉTODO FENOMENOLÓGICO .....	72
4.2	DESCRIÇÃO DOS SUJEITOS DA PESQUISA .....	77
4.3	INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO .....	79
4.3.1	Questionário inicial.....	79
4.3.2	Ilustrações das experiências presentes no Diálogo.....	92
4.3.3	Discussão dos argumentos aristotélicos presentes no Diálogo.....	120
<b>5</b>	<b>DESCRIÇÃO DO MUNDO VIVIDO .....</b>	<b>131</b>
5.1	DESCRIÇÃO DO CONCEITO DE MOVIMENTO .....	131
5.2	DESCRIÇÃO DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA .....	135
5.2.1	Formação .....	135
5.2.1.1	As discussões a respeito da formação e da ciência acontecem nas disciplinas específicas para esse fim.....	142
5.2.1.2	História e filosofia da ciência no ensino .....	144
5.2.1.3	Livro didático .....	146
5.2.1.4	Experimentação .....	148
5.3	DESCRIÇÃO DO CONCEITO DE CIÊNCIA.....	153
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>171</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>173</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Apresentamos trechos de textos escritos e falados a respeito do conhecimento em momentos, contextos e finalidades diferentes, a fim de nortear as discussões feitas nesta tese.

Eu nunca pude entender, Ilustríssimo Senhor, de onde originou-se o fato de que tudo aquilo que dos meus estudos achei conveniente publicar, para agradar ou servir aos outros, tenha encontrado em muitas pessoas uma certa animosidade em diminuir, defraudar e desprezar aquele pouco valor que, se não pela obra, ao menos pela minha intenção, eu esperava merecer. Mal acabara de sair o meu *Nunzio Sidereo*, onde foram reveladas tantas novas e extraordinárias descobertas referentes ao céu, que aliás devem ser do agrado de todos os apaixonados da verdadeira filosofia, que imediatamente levantaram-se, em todos os lugares, invejosos daqueles louvores devidos a tão importantes descobertas: nem faltaram aqueles que, somente para contradizer minhas palavras, não se preocuparam de pôr em dúvida todas aquelas demonstrações que viram e reviram à vontade com os próprios olhos. (GALILEI, 1623)

A diferença que existe entre os homens e os outros animais, por maior que seja, quem afirmasse poder não ser menor entre os próprios homens, talvez não falasse sem razão. [...] Tal diferença depende das habilidades diversas dos intelectos, o que eu reduzo ao ser ou não ser filósofo; pois a filosofia, como alimento próprio daqueles que dela podem nutrir-se, distingue-os realmente da existência comum do vulgo, num grau mais ou menos digno, de acordo com a variedade desse nutrimento. Quem olha mais alto diferencia-se mais altamente; e o voltar-se para o grande livro da natureza, que é o próprio objeto da filosofia, é o modo de levantar os olhos [...] Por isso, se a ninguém coube jamais em excesso diferenciar-se no intelecto sobre outros homens, Ptolomeu e Copérnico foram aqueles que tão elevadamente leram, se aprofundaram e filosofaram sobre a constituição do mundo. (GALILEI, 1632)

[...] tomei no discurso a parte copernicana, procedendo por pura hipótese matemática, procurando por todo tipo de caminho artificioso representa-la superior, não àquela da imobilidade da Terra tomada absolutamente, mas àquela que é defendida por alguns que, da profissão peripatética<sup>1</sup> retêm apenas o nome, contentes de adorar sem rodeios sombras, não filosofando por experiência própria, mas somente com a lembrança de quatro princípios mal compreendidos. (autor não definido)

---

<sup>1</sup> Peripatetismo (do latim *peripateticus*, do grego *peripatetikós*, de *peripatein*: passear, caminhar). Termo que designa a filosofia de Aristóteles e de sua escola; é proveniente da tradição segundo a qual Aristóteles lecionava dando passeios a pé nos jardins do Liceu, local onde fundou sua escola em Atenas (335 a.C.) (JAPIASSÚ; MARCONDES, 2006, p. 215).

Eu vejo que a gente está na parte do conhecimento de descobrir coisas novas, não questionar as coisas antigas que já foram postas. [...] isso [o movimento da Terra] foi uma coisa que foi imposta, a gente sabe, está certo, então, pra quê a gente vai discutir isso de novo? A formação nossa, pelo menos que eu penso, é que estão preparando gente, para gente, sei lá, pesquisar coisas novas. (fala de licenciando em Física)

[...] tem certos tópicos que já foram exaustivamente provados, testados, tem coisas que realmente não há necessidade, que é o que a gente aceita... Que é a questão do movimento da Terra por exemplo, não é uma coisa que você fica pensando. (fala de licenciando em Física)

O primeiro trecho foi tirado de *O ensaiador* (GALILEI, 1623), escrito em forma de carta por Galileu ao Dom Virginio Cesarini, acadêmico da Academia dos “Lincei”. Nele, Galileu questiona a repulsa que sofreu por parte dos leitores cultos a respeito das discussões escritas em *Sidereus Nuncius*, onde apresenta demonstrações sobre os fenômenos observados no céu. Questiona o porquê de pôr em dúvida aquilo que pode ser visto com os próprios olhos. Trata-se das demonstrações sobre os corpos flutuantes e as observações sobre as manchas solares.

O segundo trecho é parte da dedicatória do livro *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo*, endereçada a Ferdinando II de Médici, grão-duque de Toscana. Galileu apresenta Ptolomeu e Copérnico como homens que se distinguem dos outros pelo fato de filosofar sobre a natureza. Coloca como principal diferença entre os homens a busca por conhecimento (GALILEI, 1984).

Em seguida, o terceiro trecho foi tirado do prefácio do *Diálogo*, intitulado “Ao discreto leitor”. Sobre ele há diversas interpretações de historiadores que afirmam não poder precisar sobre a autoria, já que não é assinado, e também sobre as reais intenções de ser incluído na obra. O texto é conflitante em alguns pontos, parece ter sido escrito em forma de redenção sobre o objetivo do diálogo e apresenta muitas contradições entre aquilo que se percebe sobre a defesa copernicana de Galileu nas entrelinhas das jornadas e como se direciona ao leitor<sup>2</sup>.

Por último, são apresentadas falas de dois alunos de graduação em licenciatura em Física, que são sujeitos desta pesquisa. O contexto delas é a discussão a respeito de se pensar o movimento terrestre para estudo de movimento de corpos na Terra.

---

<sup>2</sup> Sobre isso, ler as notas do *Diálogo*, traduzido por Pablo Rúben Mariconda (GALILEI, 1984).

O *ensaiador* foi publicado antes de *Diálogo*, e no trecho apresentado é possível notar a indignação de Galileu diante das considerações de seus opositores. Percebemos o entendimento de suas descobertas como provas de que a natureza pode ser descrita a partir de formas geométricas e que, ao tomá-las no estudo dos fenômenos tanto do céu quanto da Terra, aproxima-se do que é a verdade sobre ela, a verdadeira filosofia. Nessa obra, já são apresentadas ideias que confrontam as teorias aristotélicas, consideradas por alguns leitores de sua obra como o início de sua ridicularização. O grande livro da natureza refere-se à crítica direcionada aos defensores aristotélicos, que tinham na obra peripatética a única forma de conhecer sobre o mundo. O modo de levantar os olhos remete à necessidade de enxergar além do que se vê ou, ainda, transpor a forma de ver de Aristóteles. Assim, olhar mais alto significa usar a matemática para explicar o que se vê.

Podemos identificar a forte influência renascentista e citar as obras de Platão e de Arquimedes como as principais estudadas por Galileu na época. Naquele momento, Florença passava por crise política e econômica e, como forma de retomar o controle, autoridades da igreja e da política proibem a publicação de teorias e pensamentos contrários àquilo que se tinha como verdade. O feito de Galileu foi reconhecer a possibilidade de outra forma de pensar, hoje interpretada como método de Galileu, que passou a ganhar força dentre os seus cultos leitores. Essa forma de ver é muito questionada pelas divergentes leituras da historiografia galiliana, o que a torna muito rica do ponto de vista da discussão sobre o processo de desenvolvimento do conhecimento sobre a natureza.

Com o trecho do prefácio, podemos introduzir o conceito de historiografia. A escrita da história é investida de ideologias políticas e religiosas, que a tornam produto de investigação intensa no estudo da história da ciência. A começar pelo fato de ele, o prefácio, não ser assinado e também ser considerado por alguns historiadores como algo que foi escrito posteriormente e incluído na obra para publicação. Nele, à primeira leitura, vemos a intenção de dizer que não se contesta a verdade prevista por Aristóteles, que se encaixa perfeitamente na interpretação da Bíblia e do lugar do homem no mundo. Afirma ser apenas uma especulação de uma hipótese puramente matemática que se opõe às teorias aristotélicas, que, segundo ele, são defendidas sem o devido conhecimento ou comprovação.

Lendo as jornadas do *Diálogo*, podemos perceber claramente a intenção e o triunfo em convencer o defensor da teoria geocêntrica a respeito da mobilidade e da localização da Terra.

Por último, lendo as falas de futuros professores, vemos um desinteresse por toda essa discussão apresentada até aqui. A educação científica sofreu, ao longo das décadas, modificações quanto aos objetivos e ao tipo de ensino que deveria atender. Recentemente, nas últimas duas décadas, os currículos de licenciatura passaram por reformulações que deram especial atenção à necessidade de se discutir o conhecimento científico e a forma como ele se desenvolve. Os argumentos falam sobre ser imprescindível que o professor de ciências tenha entendimento do conceito de ciência.

Pesquisas realizadas após a inclusão de disciplinas como história e filosofia da ciência mostram que essas discussões ficaram isoladas aos componentes curriculares pedagógicas e que os estudantes, bem como os livros didáticos, se apossaram dos discursos e os reproduzem quando solicitado que se faça. Porém, essa mudança rasa não apresenta grandes mudanças quando se observa a prática, que normalmente permanece nos moldes antigos. Esses mesmos estudantes são contraditórios quando, em outros momentos das discussões, expõem-se de forma diferente da apresentada aqui.

Todas essas questões apresentadas norteiam a questão que guiou a pesquisa. A autora, enquanto parte desse mundo que se pretendeu aqui descrever, é formada em Física nesse mesmo campus onde desenvolveu a investigação. Atualmente, é docente de nível médio e superior em Física. O currículo da licenciatura cursada por ela se insere no formato anterior às reformulações.

Na dissertação de mestrado, desenvolvemos um estudo teórico sobre do conceito de movimento e de referencial de movimento na obra *Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo: ptolomaico e copernicano*, de Galileu Galilei, além de pesquisa sobre a historiografia galiliana. Apresentamos as leituras de Alexandre

Koyré<sup>3</sup>, Paul Feyerabend<sup>4</sup> e Maurice Clavelin<sup>5</sup>, que interpretam a figura de Galileu e a sua defesa do heliocentrismo sob diferentes visões com bases metodológicas e filosóficas distintas.

Escolhemos o período de transição entre os sistemas de mundo geocêntrico e heliocêntrico, tomando as discussões feitas por Galileu, por visualizar nele grandes possibilidades de discussão historiográfica e filosófica que, ao serem desenvolvidas no ensino, podem ter contribuições significantes para a formação em ciências, desejada pelas diretrizes da educação. Chegamos à conclusão de que esta investigação pode ser desenvolvida sobre qualquer outro período histórico, garantindo a mesma complexidade historiográfica e filosófica para discussão.

Vimos, sob o viés deste estudo, a riqueza de possibilidades ao se trabalhar conceitos-chaves em física, como movimento e relatividade de movimentos nas práticas em sala de aula. Ressaltamos que as concepções prévias muito se assemelham às explicações aristotélicas para os movimentos e, ainda, podemos notar concepções medievais intrínsecas nas falas dos futuros professores de física.

Assim, a compreensão sobre o conceito de ciência do professor em formação inicial é a questão norteadora da presente pesquisa.

Procuramos nos aproximar ao máximo da forma de pensar a ciência que o aluno de licenciatura tem. Como a literatura sinalizava que os alunos, embora

---

<sup>3</sup> Nascido na Rússia, em Taganrog, em 1892, Alexandre Koyré seguiu entre 1908 e 1911 os cursos de Husserl e Hilbert, em Göttingen, vivendo depois em Paris, onde acompanhou os cursos de Bergson e Brunschvicg. Começou por elaborar uma tese sobre Jacob Böhme, vindo a publicar vários estudos filosóficos (sobre St. Anselmo, Spinoza), dedicando-se, seguidamente, à história da ciência, área onde produziu várias obras fundamentais, nomeadamente *Études galiléennes* (1939), *From the closed World to the infinite Universe* (1957), *La Révolution astronomique* (1961) e *Études newtoniennes* (1964), dentre outros. Consideramos sua interpretação da ciência galilianagalileiana como fundamental no presente estudo.

<sup>4</sup> Paul Karl Feyerabend, nascido em Viena, 13 de janeiro de 1924, foi um filósofo da ciência austríaco que viveu em diversos países como Reino Unido, Estados Unidos, Nova Zelândia, Itália e Suíça. Seus maiores trabalhos são *Against Method* (1975), *Science in a Free Society* (1978) e *Farewell to Reason* (uma coleção de artigos publicados em 1987). Feyerabend tornou-se famoso pela sua visão anarquista da ciência e por sua suposta rejeição da existência de regras metodológicas universais. É uma figura influente na filosofia da ciência, e também na sociologia do conhecimento científico.

<sup>5</sup> Nascido em 1927, Maurice Clavelin cursou o ensino médio no Lycée Rouget de Lisle em Lons-le-Saunier. Em 1952, torna-se professor de Filosofia. Defende sua tese em 1968 sobre a filosofia natural de Galileu, e, no ano seguinte, obtém uma cadeira de filosofia na Universidade de Rennes. Em sua obra, busca identificar questões, conceitos e metodologias que permitiram uma teoria baseada na releitura da física aristotélica.

reproduzissem os argumentos presentes nos documentos que nortearam as reformulações de currículo, se contradiziam nas práticas ou até mesmo em diferentes contextos, buscamos investigar o fenômeno de forma menos superficial possível. Encontramos possibilidades de sucesso com a pesquisa fenomenológica, a partir da qual buscaríamos responder ou discutir a questão com vista no mundo vivido pelos estudantes.

A metodologia da pesquisa, portanto, tem seus fundamentos na concepção fenomenológica de Merleau-Ponty e procurou descrever o mundo vivido dos estudantes de física de uma universidade pública do interior do Estado de São Paulo. A fenomenologia é o estudo das essências na existência, que estão presentes nos relatos sobre o espaço, o tempo e o mundo vivido. Uma busca por encontrar o contato ingênuo com o mundo, antes da reflexão, é uma tentativa de descrição direta da experiência. A descrição sobre um fenômeno deve ser feita sem explicar ou analisar, deve vir diretamente do fenômeno. Assim, a descrição da vivência dos alunos contém os dados sobre os quais nos debruçamos em busca da essência do conceito de ciência para aquele meio retratado.

O objetivo geral da pesquisa é a descrição das impressões, vivências e concepções de futuros professores de física. Especificamente, buscou-se levar a questão do movimento tendo as visões históricas como ponto de partida para a discussão sobre história e historiografia da ciência. Ainda, procurou-se propiciar reflexão crítica sobre a epistemologia da ciência a fim de testá-la nos moldes da educação científica atual. Por fim, procuramos levar a elucidação do conceito de ciência enquanto construção histórica e da sua formação enquanto parte desse processo, a partir de sua vivência no meio acadêmico.

É assim que, no primeiro capítulo discutimos a questão do movimento e do referencial do movimento em Galileu, além de sua historiografia, apresentando as leituras de Koyré e Feyerabend. No segundo capítulo, fazemos a discussão da educação científica, relacionando a importância da história e filosofia da ciência na formação de professores e as concepções relativas ao entendimento sobre a ciência dos alunos de graduação. Apresentamos, ainda, as leituras sobre a educação científica presentes na epistemologia de Feyerabend e de Kuhn.

Por fim, no terceiro capítulo descrevemos a metodologia utilizada na coleta de dados obtidos por meio da investigação de intervenção realizada junto aos alunos

de graduação em Física da Unesp de Bauru. Os dados de áudio e vídeo foram obtidos através das filmagens dos encontros e transcritos na íntegra. Dividimos a descrição em duas partes: na primeira estão as discussões sobre os exemplos de experimentos presentes no Diálogo e, na segunda, alguns conceitos que norteiam a concepção dos alunos a respeito da ciência.

## 2 CONCEITO DE MOVIMENTO EM GALILEU E SUAS LEITURAS

Galileu vive em um período posterior à Idade Média, durante a qual, segundo algumas leituras anteriores ao século XX, a ciência não teve grandes avanços. Tais leituras colocam como principal justificativa o fato da discussão sobre o conhecimento ter na Bíblia o seu ponto de referência. Do ponto de vista científico e dos debates sobre o conhecimento os estudos estavam voltados a fortalecer a teoria geocêntrica, refutando qualquer argumento contrário a ela. A partir do século XIX, a historiografia passa por um movimento de refutar a ideia de não desenvolvimento do conhecimento científico durante a idade média, o que fortalece os estudos em relação às teorias que confrontavam as aristotélicas na época. Como exemplo dos sistemas de mundo e da possibilidade de mobilidade terrestre, citamos os estudos de Nicole e Oresme, no século XIV (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004).

Durantes as décadas posteriores a esse período, a busca pelo conhecimento se intensifica e os estudos da técnica se voltam para a necessidade de desenvolvimento da construção de máquinas de guerra e para construções civil e militar (BANFI, 1981, p. 49). O Renascimento tem início no século XIV, na Itália, e expande-se por toda a Europa, até o século XVI. Considerado como o renovado interesse pelo passado greco romano clássico, especialmente pela arte, o renascimento no âmbito da ciência significa o interesse pelas obras medievais abandonadas pelas universidades e que coloca a razão como a principal fonte de conhecimento.

Alguns estudiosos passam a estudar obras que não eram estudadas durante a Idade Média, ou pelo menos não eram fortemente estudadas durante este período, ao passo que começam a se formar grupos de pessoas interessadas nessas leituras e, a partir daí, confrontar importantes conceitos elaborados pelo pensamento medieval. Segundo Garin (1996), em Veneza e Florença, a cultura renovada de retorno aos antigos se afirmava desde o século XIV (GARIN, 1996, p. 135). O Renascimento propicia aos filósofos da época um esforço para desprender-se da cultura tradicional (ORTEGA Y GASSET, 1989, p. 71). Nesse momento, as principais

obras estudadas são as de Platão<sup>6</sup> e de Arquimedes, ambas exercem grande influência para Galileu.

A partir do século XVI, a vida religiosa em Veneza e Florença tinha profunda necessidade de reforma, tornando-se Veneza um refúgio para os que buscavam religiosidade intensa e vida urbana. Florença inicia um período de crise devido à diminuição da atividade urbana e conseqüente ruralização, causada pela incapacidade de renovar velhas estruturas, instaurando uma crise no comércio e na indústria. As autoridades da igreja e da política buscavam retomar o controle da sociedade italiana que se desviava por meio do interesse nas teorias antigas. Em 1559 tem início o processo Index que declara a proibição dos livros publicados até então. “Tudo o que um século e meio de cultura havia elaborado de ousado, de novo, de eficaz, foi proibido, mutilado, sufocado” (GARIN, 1996, p. 136).

O platonismo foi censurado, as obras que traziam sua influência não mais poderiam desvirtuar aquilo em que os italianos acreditavam. Os estudos das obras de Platão e Arquimedes passam a acontecer de forma informal, fora das Universidades. Os professores de grego introduziam as obras e, juntamente com os gramáticos, ensinava a físicos, médicos e lógicos as teorias de Arquimedes e Ptolomeu. Os conceitos de ensinar e aprender neste momento ainda não tem o sentido de confrontar diretamente ou refutar as teorias pregadas até então, mas consistia em ler e comentar os autores. Tratava-se ainda de Aristóteles, mas com comentários platônicos, lucrecianos, culminando na destruição da autoridade única de Aristóteles. Nas Universidades há uma separação entre a Física de Aristóteles e a Metafísica de Platão e os professores assumem duas verdades: ensinam a tradição peripatética na cátedra e a renovação platônica nos círculos culturais<sup>7</sup> (GARIN, 1996).

Entre os séculos XIV e XVI ocorre uma transição entre duas formas de operar o conhecimento, fazendo com que a hegemonia da teoria aristotélica se encontre em estado de crise e permita a tomada de consciência de ser de um novo

---

<sup>6</sup> “O neoplatonismo reconhece à natureza alma própria” (BANFI, 1981, p. 49).

<sup>7</sup> O platonismo em Koyrè tem sentido de matematismo contra o empirismo aristotélico. Para Garin, a atenção voltada à obra de Platão no estudo do homem e da ciência da natureza influencia a destruição da hegemonia dos ensinamentos metafísico-teológicos de tradição escolástica (GARIN, 1996).

modo frente ao tradicional. O pensamento moderno a respeito do mundo é incipiente e só se transformou por causa da mudança dos problemas alvos de discussão da época. A visão de mundo de uma era só pode ser observada e pensada a partir deles. Assim, para compreender esse modo de ver é necessário estar imerso nas ideias contemporâneas dele. Para a Idade Média, o universo centrava-se no homem em todos os sentidos. A natureza era subordinada ao homem e totalmente inteligível para a sua mente. A relação de conhecimento da natureza estabelecia ação do homem sobre ela; as explicações dadas pela teoria sobre ela partiam das experiências sensoriais resultando em categorias como substância, essência, qualidade e forma, colocavam-no como fator determinante do mundo. A visão moderna diz respeito ao problema do conhecimento. Os pontos preliminares dela aproximam a investigação da natureza da possibilidade de conhecer, influenciada pela ideia de pesquisa especulativa cartesiana (BURTT, 1991, p. 09-12).

Esse cenário torna possível desprender-se de uma interpretação de universo para ir-se habituando a outra perspectiva. Assim, o conhecimento moderno é constructo de cultura segundo um novo modo de conhecer (ORTEGA Y GASSET, 1989, p. 70-1).

Fazer ciência exige duas operações: uma imaginativa ou criadora, que o homem tira de sua própria substância, e outra confrontadora, que se baseia nos fatos e dados e não no homem. Assim, a realidade não é dada, mas uma construção que o homem faz com o material dado (BURTT, 1991, p. 26). Nessa nova forma de pensar, a verdade deixa de ser transcendente ao pensamento e passa a ser imanente e universal. A nova verdade copernicana justifica-se na análise dos fenômenos com os dados de observações apresentados ao longo dos séculos: a hipótese heliocêntrica é traduzida em termos geométrico-matemáticos, mas ainda traz argumentos tradicionais (BANFI, 1981). Essa dificuldade de se pensar além do tradicional é compreensível, pois, enquanto seres, estamos imersos em um corpo de convicções, ideias e explicações que estão inevitavelmente intrínsecas em nosso modo de ver o mundo (BURTT, 1991, p. 35). A dificuldade maior é o pensamento a partir do qual o conhecimento sobre a natureza não tem mais dependência do homem. “O homem começa a aparecer, pela primeira vez na história do pensamento, como um espectador irrelevante e um efeito insignificante do grande sistema matemático que é a substância da realidade” (BURTT, 1991, p. 72).

Assim, o desafio de Galileu é pensar de forma diferente dentro de uma cultura que se instalou há séculos e não se resumia a um autor. Seu adversário não era Ptolomeu, mas o peripatetismo, como mistura de física e teologia, tradicionalmente entrelaçado com a doutrina cristã. “O problema de Galileu era nada menos que o da criação de uma nova ciência matemática que substituísse a física idealista dos escolásticos”. (BURTT, 1991, p. 73). Não era fácil isolar a física peripatética dos seus pressupostos e das suas implicações metafísicas; portanto, as influências de Galileu em defesa do heliocentrismo eram da Antiguidade, principalmente de Arquimedes, e moderna de Copérnico, uma vez que ele conhecia bem as discussões peripatéticas medievais (GARIN, 1996).

Para Garin (1996), a filosofia de Galileu consiste em uma consciência crítica de um método de pesquisa que foi corajosamente defendido por ele a favor do heliocentrismo. Por meio dessa filosofia é que se torna destruidor da velha sistemática peripatética que ainda imperava nas universidades, opunha-lhe os resultados da nova pesquisa física, das novas especulações matemáticas, da nova lógica das ciências. Para ele, a revolução tem base no deslocamento do centro de gravidade da cultura italiana e europeia, de maneira geral, na mudança de suas medidas, causando impressão de ruptura, mais do que continuidade. “[...] a revolução decisiva efetuou-se quando a própria implantação da cosmologia foi revirada pelo avesso, aos seus olhos, pela aceitação de uma nova visão do universo” (GARIN, 1996, p. 150). Não foram motivos particulares ou experiências que transformaram o seu pensamento, mas sim a aceitação de uma hipótese geral, propondo uma outra forma de ver o mundo, isto é, a teoria copernicana que nele se unia ao reconhecimento de Arquimedes como mestre do método.

Galileu separa o que é próprio do conhecimento (absoluto, imutável, objetivo e matemático) do que é opinião (relativo, subjetivo, flutuante e sensorial) (BURTT, 1991, p. 67). Trata-se do questionamento do “porquê” é substituído pelo “como” dos fatos. Os conceitos físicos como matéria, movimento, gravidade e resistência perdem o caráter dogmático e o sentido metafísico ou teleológico que possuíam e passam a ser a delimitação dos campos de explicação dos fenômenos, expressos por leis (BANFI, 1981, p. 34).

Garin (1996) afirma que Copérnico influenciou a Galileu nesse outro modo de pensar o mundo, apresentando o seu sistema de mundo heliocêntrico, mas a obra

galiliana traz, para ele, mais do que uma defesa do sistema copernicano, uma “revolução mental” que carrega outras influências medievais também (GARIN, 1996).

Galileu descreve a natureza como um sistema simples e ordenado, usando a lógica como instrumento de crítica e a matemática como instrumento de descoberta. “A partir de poucas experiências podia-se chegar a diversas conclusões válidas, as quais iam muito além da experiência mesma” (BURTT, 1991, p. 62). O uso da razão leva a conclusões que violentam a experiência sensorial imediata. Como exemplo, o uso do telescópio torna possível aos sentidos corrigir seus erros de julgamento. Citando exemplos comuns de ilusão sensorial, o pensamento galiliano coloca em xeque a confiabilidade dos sentidos, enaltecendo as soluções matemáticas.

Assim, os sentidos fornecem o mundo a ser explicado, mas não proporcionam ordem racional sobre ele. Somente a ordem racional matemática pode fornecer a explicação desejada, que deve estar baseada em métodos de demonstração aceitos (BURTT, 1991, p. 61-4). A análise dos fatos deve levar ao reconhecimento dos elementos universais que constituem a sua estrutura. “A investigação não se dirige à estrutura substancial da realidade, mas à lei da sua manifestação fenomênica, ou seja, a descoberta das relações constantes e necessárias entre os fenômenos” (BANFI, 1981, p. 80). As relações de causalidade se estabelecem como critério metódico da pesquisa científica. A distinção entre as qualidades primeiras, objetivas e mecânicas, e as segundas, subjetivas e qualitativas, levam a uma verdade progressiva. A observação sozinha pode levar ao erro dos sentidos, ela deve ser o início para a procura de causas e a interpretação matemática deve estruturar a realidade física, matemática e da experiência.

Em síntese, a forma de operar que leva ao conhecimento consiste em estudar o fenômeno físico, dado pela experiência, segundo um método matemático procurando constantes e síntese para a delimitação de leis que regem a natureza, acrescentando a ela a prova experimental (BANFI, 1981, p. 54).

O método em Galileu é alvo de intensas discussões dentre os seus leitores. Isso se deve ao fato de que, em cada obra, ele procede de forma diferente para colocar os pensamentos. Segundo Banfi (1981), o erro dos sentidos não é um erro da sensibilidade, mas do juízo ingênuo. “Não há em Galileu uma exposição

metodológica e epistemológica ordenada e coerente” (BANFI, 1981, p. 79). Para Ortega y Gasset (1989), Galileu ao invés de se perder em inúmeros fatos como passivo espectador, começa a imaginar a gênese do movimento dos corpos lançados. As condições ideais de movimento retiram os obstáculos que, para a nova ciência proposta, são os fatos. A realidade é imaginada e, posteriormente, confrontada com os dados<sup>8</sup> (ORTEGA Y GASSET, 1989, p. 27). Burt (1991) divide o método de Galileu em três etapas: intuição, traduzir o fenômeno à forma matemática; demonstração, deduções matemáticas independentes dos fatos sensoriais; experiência, verificação das demonstrações por meio da experiência. Esses passos levam a ampliação para fenômenos mais complexos (BURTT, 1991, p.65).

O antropocentrismo foi destruído por essa nova visão; esta ruptura permitiu enfrentar os problemas da física fora dos postulados do aristotelismo. Não se trata da aceitação de uma hipótese astronômica, mas sim da adesão de uma visão de mundo num terreno rigorosamente científico, determinantes ao progresso da ciência. Entre os séculos XVI e XVII ocorre uma substituição da ciência das qualidades por uma ciência quantitativa e mecanicista (ALFONSO-GOLDFARB, FERRAZ, BELTRAN, 2004). E este é um novo ainda não esgotado. A época de Galileu marca o início de uma ciência que pode e deve ser discutida na atualidade, pois esta revolução no pensamento requer conhecimento e reflexão acerca daquilo que é aceito pela comunidade científica.

Em sua objeção a tese copernicana e posterior crítica a ideia da relatividade de movimentos galiliana, Husserl (1995) coloca como principal dificuldade a concepção de Terra como um astro no espaço infinito do mundo. A nossa representação de mundo é formada pela experiência a partir dele. Tomamos a Terra como suporte de todos os corpos os quais observamos.

Assim, a dificuldade de representação de repouso e movimento no pensamento moderno requer uma compreensão de Terra como corpo. Em contrapartida, entendemos por movimento aquele efetivo, de mudança de posição. Tomar a Terra como o solo onde ocorrem o movimento e o repouso garantem seus sentidos como absolutos (HUSSERL, 1995).

---

<sup>8</sup> Os dados são o produto primeiro da percepção, aquilo que se observa na experiência. Os fatos são um conjunto de explicações que são dadas aos dados e que estão intrínsecas na forma de ver o mundo da teoria vigente.

Colocar a Terra como um corpo do mundo, dentre outros corpos físicos circundantes, faz com que os estados de movimento e de repouso percam o caráter absoluto, tornam-se necessariamente relativos. A questão da infinitude retira a condição terrestre de solo absoluto. A objeção husserliana critica a inexistência de comprovação intuitiva dos fenômenos (HUSSERL, 1995).

Nesse sentido, a centralidade da Terra se justifica pela posição a partir da qual se experimenta os fatos. É necessariamente relativo um movimento do qual se tem experiência em relação a um corpo físico, que serve de solo, sendo experimentado em repouso. Essa é a ideia que justifica e tese de que “a Terra não se move” (HUSSERL, 1995).

A história da ciência no ensino, apresentada pelo professor, traz implicitamente a sua compreensão a respeito do conhecimento científico e da forma como ele se desenvolve. A historiografia da ciência galiliana faz interpretações sob diferentes olhares, mas acreditamos que se deva sempre considerar o contexto em que os episódios históricos acontecem, para que se possa analisar criticamente os adjetivos como gênio, descobridor do método ou revolucionário, por exemplo. Embora estas interpretações de Galileu e deste período sejam as mais comuns, nesta tese consideramos a complexidade das leituras<sup>9</sup> e discutimos a leitura de Koyré, sob olhar filosófico da forma como Galileu defende o copernicanismo, suas influências e pressupostos; e também a leitura de Feyerabend, que centra na questão metodológica, por meio da ideia de que Galileu usa de artifícios mais psicológicos do que conceituais e científicos para convencer os seus oponentes.

## 2.1 BREVE HISTÓRICO DA DISCUSSÃO SOBRE O MOVIMENTO

Na teoria aristotélico-ptolomaica o conceito de universo é entendido como finito e completo, compreendendo dois mundos, o celeste e o terrestre, para o primeiro são observados movimentos perfeitos e uniformes, enquanto que o segundo é dotado, também, de movimentos violentos e irregulares. No mundo

---

<sup>9</sup> Os olhares sobre as obras e o contexto da ciência galiliana partem de pontos de vista diferentes. Koyré apresenta a história do pensamento científico moderno e apresenta as questões filosóficas relacionadas a ele. Feyerabend usa o exemplo de Galileu para fundamentar sua crítica a respeito da filosofia da ciência contemporâneas propostas que trazem as ideias de empirismo ingênuo e sofisticado, falseacionismo, convencionalismo e a teoria das crises.

celeste (supralunar), nada existe além do céu, considerado único e completo e é impossível a existência de um espaço vazio.



Figura 1 – Sistema geocêntrico

O universo aristotélico é organizado por um conjunto de esferas cristalinas, ocas e homocêntricas que têm como centro geométrico o centro da Terra, sua estrutura básica é o Universo das duas esferas. A esfera maior, que contém as estrelas fixas, move-se ao redor de uma pequena esfera, a Terra, que permanece imóvel suspensa no centro da esfera que delimita o Universo (ÉVORA, 1987).  
Envolvendo a esfera da Terra, as primeiras esferas:

Correspondem aos três elementos terrestres, água, ar e fogo respectivamente, seguidas de outras cinquenta e cinco esferas interconectadas, cujo centro comum é a Terra. Cada um dos sete planetas, Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno, se encontra no interior de um grupo destas esferas, cada uma das quais completa uma revolução axial em intervalos de tempos diferentes reproduzindo assim, com boa aproximação, o movimento planetário e explicando os movimentos irregulares, as estações do ano e o movimento retrógrado dos planetas, observados temporariamente. (ÉVORA, 1987, p. 29-30)

Os dois mundos são ocupados por materiais distintos e governados por leis distintas. Estrelas, planetas e esferas cristalinas são constituídos de éter e tudo o que é terrestre pelos quatro elementos fundamentais (terra, ar, fogo e água) ou da combinação deles (ÉVORA, 1987).

A teoria ptolomaica não representa uma total ruptura ou revolução, porém é uma leitura fundamentalmente distinta da teoria aristotélica, diferencia-se pela visão matemática em confronto com a fundamentação filosófica de Aristóteles; sua perspectiva prevê algumas adequações e elementos que preservam a teoria das esferas, explicando-a de maneira mais plausível; bem como os problemas qualitativos relacionados ao movimento irregular dos planetas e as variações de brilho dos mesmos. Ptolomeu explica os fenômenos celestes como produtos de movimentos regulares e circulares; incluindo os epiciclos e deferentes e combinando círculos excêntricos e epiciclos a um deferente básico, faz a adequação de sua proposta de sistema à teoria aristotélica (ÉVORA, 1987).

No fim da Idade Média, o sistema educacional escolástico estava fortemente difundido e estruturava o ensino nas universidades. Dentro deste quadro, temas discutidos eram questionados e provocavam inquietações em relação às explicações dos fenômenos terrestres e celestes. Neste contexto, são elaboradas discussões sobre a possibilidade do vácuo e do movimento no vácuo, a teoria do *impetus*, a rotação diurna da Terra, a possibilidade de existência de outros mundos similares ao nosso e a existência de um espaço infinito, além da esfera celeste, que foram alguns dos principais temas que intensificavam a busca por elucidações dos estudiosos da época. Além disso, com os estudos e as traduções dos originais antigos, ressurgem na Antiguidade Tardia a filosofia platônica, nas escolas neo-platônicas do pensamento, defendendo que “no processo do conhecimento os órgãos dos sentidos fornecem meramente um estímulo impelindo a mente a compreender as formas universais” (ÉVORA, 1987, p. 111).

Ainda Évora,

A concepção neo-platônica da natureza irá influenciar fortemente uma das principais contribuições feitas durante a Idade Média ao método científico e ao desenvolvimento da ciência na Europa: a extensão das matemáticas a toda a ciência física, ao menos em princípio. Aristóteles tinha restringido o uso das matemáticas, na sua teoria da subordinação de uma ciência a outra, ao distinguir nitidamente as funções explicativas das matemáticas e físicas.

O efeito desta mudança foi não só destruir essa distinção, mas antes mudar o tipo de questão respondida pelos cientistas. (ÉVORA, 1987, p. 112-113)

O exemplo histórico evidenciado é a discussão sobre a novidade do pensamento de Copérnico, objeto de pesquisa desta tese, que, com relação aos ptolomaicos, viola os “princípios fundamentais” acerca da uniformidade e regularidade dos movimentos celestes (ÉVORA, 1987).

Para Paolo Rossi<sup>10</sup>, Copérnico “apresentou a sua doutrina como uma tentativa de fazer reviver as antigas teses de Pitágoras e de Filolau” (ROSSI, 2001, p. 115). Como uma leitura oposta à ideia de Évora, Rossi defende um paralelismo entre as obras de Copérnico e Ptolomeu – *De revolutionibus orbium caelestium* e *Almagesto* (ROSSI, 2001).

A partir de outra visão historiográfica<sup>11</sup>, Koyré aponta para um dos motivos que guiaram o pensamento de Copérnico como o motivo físico (a impossibilidade de uma explicação física ou mecânica da astronomia ptolomaica) e defende a tese de que, seguindo a lógica do pensamento copernicano sobre sua astronomia, chegar-se-ia à astronomia de Tycho Brahe (KOYRÉ, 1991). O sistema de mundo de Tycho mantém a Terra no centro do universo, porém difere do sistema aristotélico-ptolomaico ao colocar os planetas orbitando em torno do Sol, e não mais da Terra. Desta maneira, apresenta a Terra estacionária no centro do universo, sendo orbitada pela Lua e pelo Sol e este é o centro das revoluções dos planetas. Este sistema é proposto de maneira a prever os dados de observação que subsidiam também a teoria copernicana, embora sua proposta não tenha tido a mesma repercussão que a de Copérnico. Dentro deste contexto, existem algumas discussões em torno das possíveis influências de seu sistema nesse outro olhar para o mundo.

---

<sup>10</sup> Nascido em Urbino, Itália, em 1923, Paolo Rossi lecionou História da Filosofia na Universidade de Florença. Entre outros livros, publicou: *Francesco Bacon. Dalla magia alla scienza* (1957); *Clavis Universalis Arti della memoria e logica combinatoria da Lullo a Leibniz* (1983); *I ragni e le formiche: un'apologia della storia della scienza* (1986); *Il passato, la memoria, l'oblio* (1991) e *Un altro presente* (2000). É sócio nacional da Academia dos Linceus. Em 1985, foi condecorado pela American History of Science Society com a medalha Sarton, por sua obra sobre história da ciência.

<sup>11</sup> A historiografia é a discussão sobre o que é a leitura da história ou na produção de uma teoria. As diferentes formas de ler a história, carregadas por ideologias e investidas de correntes de pensamento da história da ciência é o que resume a historiografia.

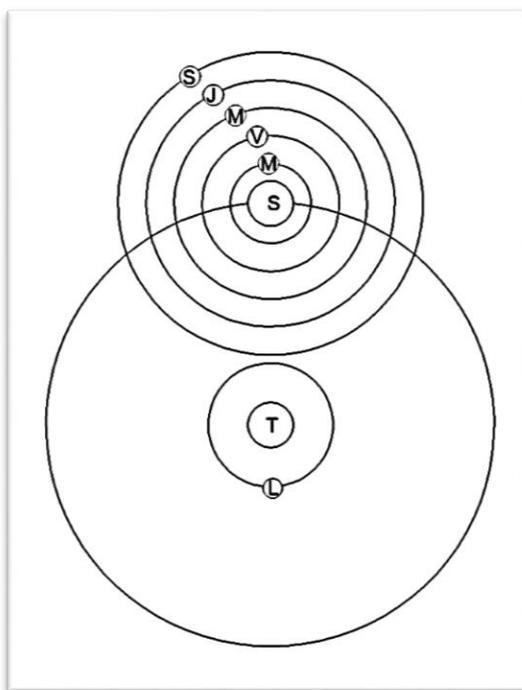


Figura 2 – Sistema de mundo de Tycho Brahe

Entendemos a tese de Koyré como uma defesa da real possibilidade de Copérnico ter reorganizado (nova percepção) os dados de observação dos seus antecessores sob uma outra perspectiva para localizar o observador e seu papel no universo, na tentativa de buscar uma nova forma de conhecer, tendo em vista que as explicações dadas pelas teorias vigentes na astronomia não eram suficientes para esclarecer as incoerências sobre o movimento irregular e as variações de brilho dos astros em determinados períodos.

A defesa galiliana da teoria copernicana tem sua base no novo sistema de mundo proposto por Copérnico, no entanto, traz algumas ousadas possibilidades de explicação acerca da finitude do universo, pensando na existência de um universo infinito e não mais delimitado por uma figura geométrica, a esfera do céu, o que não é observado em Copérnico. Os fenômenos observados são os mesmos, porém vistos sob outra perspectiva, sob um outro referencial, de maneira que Galileu procura mostrar a plausibilidade de sua defesa partindo dos princípios da própria teoria aceita até então, a teoria aristotélico-ptolomaica. A nosso ver a interpretação de Koyré está em concordância com a afirmação de Évora de que “Copérnico não observou novos fatos, nem sentiu falta de explicação de fatos antigos; mas antes a

inovação introduzida pela Revolução copernicana nasceu de uma interpretação neoplatônica de fatos bastante conhecidos pelos astrônomos do século XV” (ÉVORA, 1987, p. 124). Nesta mesma perspectiva, Kuhn irá afirmar que “a revolução copernicana foi uma revolução de ideias, uma transformação do conceito que o homem tinha do universo e de sua própria relação com ele” (KUHN, 1957, p. 17).

Em sua teoria, Copérnico atribui à Terra movimento em torno do Sol (a Terra se move). Dedicou-se aos problemas celestes, explorando as consequências matemáticas do movimento da Terra, de modo a “ajustar” ao conhecimento do céu e dos movimentos celestes (GAIÃO, 1998). Com base no argumento de que seu sistema era mais simples e harmonioso do que o sistema ptolomaico, seus seguidores punham em relevo a ideia de que:

Todos os movimentos dos planetas podem ser explicados mediante o movimento uniforme do globo terrestre. Se o Sol for colocado no centro do universo e a Terra girando ao redor dele como um corpo excêntrico ou um universo maior, a verdadeira compreensão das coisas celestes passa a depender somente dos movimentos regulares e uniformes do *globo terrestre*. (ROSSI, 2001, p. 118)

Publicado em 1543, a obra “*De Revolutionibus Orbium Caelestium*”, de Nicolau Copernico, é dividida em seis livros, e traz, ainda, um universo esférico e finito, a Terra também esférica e as concepções de movimento um tanto atreladas ao defendido durante os últimos treze séculos: o movimento dos corpos celestes é circular, uniforme e perpétuo, enquanto que os movimentos aparentemente irregulares podiam ser explicados pela composição de movimentos circulares. Tendo o Sol ocupado o lugar da Terra, o centro de translação terrestre não coincide com o centro do Sol, mas localiza-se em um ponto próximo dele. O movimento aparente não uniforme dos outros planetas pode ser explicado pelo movimento da Terra e do próprio planeta (ÉVORA, 1987). Temos, neste ponto da teoria copernicana, os indícios de sua fundamentação no hoje denominado movimento relativo dos planetas: “toda mudança de posição que se vê ou é devida ao movimento da coisa observada, ou do observador, ou então seguramente de um e de outro” (COPÉRNICO, 1996, p. 29). Sua argumentação para o movimento e a descentralização terrestre é que os planetas são observados algumas vezes mais

próximos da Terra e, outras vezes, mais distantes, concluindo que ela não é o centro de suas órbitas.

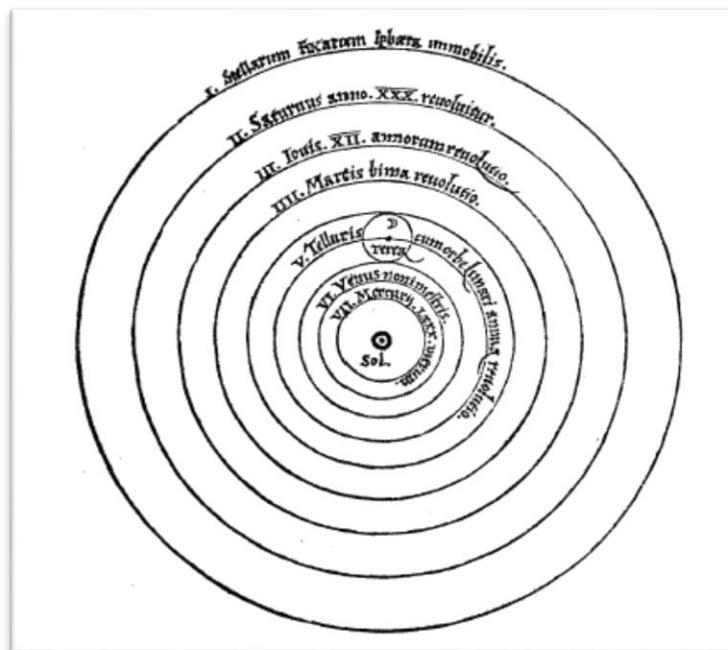


Figura 3 – Sistema Heliocêntrico Copernicano

A teoria copernicana apresenta alguns pontos que evidenciam sua distinção da teoria aceita até aquele século; por exemplo, com a ideia de que o movimento circular é restrito aos objetos celestes, ao concebê-lo como natural para os fenômenos da Terra, ou seja, rompe com a divisão do Cosmo em dois mundos distintos, ao aplicar as leis da “mecânica celeste” aos fenômenos terrestres a partir de um referencial na esfera das estrelas fixas. Desta maneira, o movimento diurno terrestre passa a ser considerado natural e não violento, passando a Terra a não mais ocupar a posição central e “ganhando” dois movimentos anuais e um diário, denominados “movimento tríplice da Terra”. São eles: o movimento de rotação, responsável pelos dias e noites, de oeste para leste; o movimento anual do centro ao redor do Sol, completando o círculo do zodíaco, de oeste para leste; e o movimento inclinado, uma revolução anual de leste para oeste. Pela atribuição destes três movimentos à Terra, Copérnico explica por que os solstícios, equinócios

e a obliquidade da eclíptica sofrem certo desvio em relação à esfera das estrelas fixas.

No novo sistema do mundo<sup>12</sup>, o Universo é limitado pela esfera das estrelas fixas, que permanece imóvel; tendo situado perto do centro dos orbes celestes o Sol, que é rodeado pelas esferas cristalinas que contêm Mercúrio, Vênus, Terra (com a Lua orbitando ao seu redor), Marte, Júpiter e Saturno; cada um ocupa sua respectiva esfera e o movimento delas é efeito do contato de umas com as outras. Todo movimento que aparece como sendo do Sol é na realidade devido ao movimento da Terra. “Mesmo com o “cessar” do movimento do Sol, tornando-o terrestre, o nascimento e ocaso dos signos do Zodíaco e das estrelas fixas matutina e vespertina aparecerão da mesma forma” (ÉVORA, p.143, 1987).

Como dissemos, a proposta de Copérnico ainda impossibilitada de romper com pela filosofia aristotélica, é o primeiro passo fundamental para uma mudança do conhecimento científico astronômico, sendo retomada e reelaborada por Galileu, Kepler e Newton, constituindo uma “forma de percepção” diferente dos movimentos dos astros, sobretudo, para o nosso estudo, do movimento da Terra.

O conceito de movimento é fundamental nas discussões que aconteceram entre os séculos XVI e XVII, nos quais é repensada a possibilidade de movimento terrestre. Ele é libertado de toda interpretação e valoração qualitativa de origem tanto empírica quanto metafísica (BANFI, 1981, p. 40). O *porquê* do movimento é substituído por *como*. A forma como ele ocorre é o objeto de análise, que pressupõe matemática exata. Estudar como acontece o movimento pressupõe os conceitos de espaço e tempo, “o mundo real é um mundo de movimentos matematicamente mensuráveis no espaço e no tempo” (BURTT, 1991, p. 74). Além desses, força, velocidade e aceleração e os princípios de relatividade do movimento são conceitos fundamentais. A composição e decomposição de movimentos, assim como a lei da inércia, embora sejam posteriores a Galileu, estão implicitamente pressupostas em sua obra *Discursos e demonstrações em torno a duas novas ciências* (BANFI, 1981, p. 40).

Os exemplos que envolvem movimentos acelerados devem confrontar os resultados experimentais com a comprovação matemática de previsão; “o

---

<sup>12</sup> Ainda sob a forte influência de Koyré usamos o “novo”.

conhecimento de que os cadentes descem com velocidade acelerada não é suficiente, devemos saber segundo que proporção tal aceleração ocorre” (BURTT, 1991, p. 65). O móvel e o plano são “figuras” matemáticas imprescindíveis para se pensar o movimento nas diversas formas. “Tantos se movem e de tão diversos modos que será em vão indagar deles o que seja o movimento [...]. Galileu busca constituir o esquema de todo movimento” (ORTEGA Y GASSET, 1989, p. 29).

Aqui estão duas ideias primordiais do pensamento moderno: a de generalização dos fenômenos, a partir de leis capazes de prevê-los, e a de aplicação das mesmas leis a todos os movimentos, em todos os locais, que prevê a extinção dos mundos sub e supralunar. Os movimentos devem existir sob aspectos contraditórios de uma mesma realidade. “Os corpos físicos possuem qualidades outras que não as geométricas tradicionais, susceptíveis de expressão matemática. Na verdade, essas qualidades só se revelam nas diferenças de movimento” (BURTT, 1991, p. 77). A percepção não nos permite estudar o movimento do qual fazemos parte, só nos mostra o movimento não compartilhado pelo observador. As qualidades dos movimentos são específicas e matemáticas e devem ser definidas de forma precisa, quantitativamente. Pensar matematicamente permite estabelecer relações de equivalência a movimentos que, dados pela percepção, não parece ser da mesma espécie. Esse é o objetivo das discussões apresentadas na primeira jornada do diálogo.

Proposições sobre a possibilidade deste são feitas em outros momentos anteriores, como pode ser observado no século XIV, por meio de teorias de Jean Buridan e Nicole Oresme, por exemplo. Estas hipóteses são alvo de estudos nos dias atuais, a exemplo de Campos (2008), que discute as teorias sobre o conceito de *impetus* da época, sob a perspectiva da questão de ser plausível pensar sobre um movimento para o lugar que habitamos. Para o presente trabalho, o objetivo é pensar o movimento como tema central da forma de olhar o mundo proposta por Galileu, não por acaso considerada por algumas leituras da historiografia como propulsora da “revolução científica” do século XVII. O uso do telescópio permitiu ampliar o Universo, destruindo a perfeição prevista, pelas observações da superfície irregular da Lua e as manchas solares, estabelecendo um único método de interpretação racional (BANFI, 1981, p. 53).

Galileu propõe a mobilidade terrestre como explicação do que vemos no céu (movimento aparente dos astros), na Terra (queda dos corpos) e até mesmo das marés, buscando argumentar como um novo referencial para o movimento permite pensar essa nova percepção dos movimentos produzidos pelos fenômenos terrestres que observamos no nosso cotidiano. O objetivo maior de Galileu é argumentar que a Terra não ocupa o centro do universo e que tem movimentos como os dos outros planetas, devendo ser considerado, desta maneira, que o Sol ocupa o centro do sistema. Em *O Ensaíador*, apresenta a concepção mecânica da realidade e a subjetividade das qualidades secundárias, colocando em suspenso os processos teóricos e o princípio de autoridade. A natureza e o valor da ciência são discutidos no *Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo* (BANFI, 1981, p. 80).

O *Diálogo*, publicado em 1632, é a obra mais conhecida e citada de Galileu, que apresenta a construção de uma outra forma de percepção do universo (defesa da teoria copernicana). Como diz Nascimento:

Não se restringe a ser um tratado de astronomia, mas envereda por considerações filosóficas e metodológicas, contendo mesmo um viés propagandístico ou, se se preferir, uma pedagogia para aceitação do copernicanismo. (NASCIMENTO, 2003, p. 11)

Está dividido em um prefácio e quatro jornadas, que procuram apresentar de forma didática o universo copernicano proposto por Galileu. Como dissemos, consideramos que a novidade está em considerá-lo como uma outra forma de percepção do universo, na qual o observador e o mundo são repensados e reposicionados. O objetivo maior de Galileu é provar que a Terra não ocupa o centro do universo e que tem movimentos como os dos outros planetas, devendo ser considerada como tal; e que o Sol é que ocupa o centro dos orbes das revoluções dos planetas. Nas suas palavras, porém, e ao longo dos diálogos, é manifesta a preocupação em afirmar que sua intenção é expor os motivos e argumentos tanto da teoria geocêntrica como da heliocêntrica, de maneira imparcial, sendo que Salviati é seu porta-voz e argumenta a favor da teoria copernicana de mundo; Simplicio é um peripatético, seguidor das ideias de Aristóteles e defensor da teoria ptolomaica e Sagredo é um homem culto, não adepto de nenhuma das teorias que têm a função de mediar as discussões.

Galileu discorre nas três primeiras jornadas sobre outra forma de olhar o mundo, apresentando as argumentações que tornam plausíveis a possibilidade e aceitação da teoria copernicana, ou seja, refutação dos argumentos para a imobilidade da Terra, que, para ele, tem sua prova final apresentada na quarta jornada, por meio da qual se justifica o efeito das marés pelos movimentos terrestres. Hoje, sabemos que sua explicação para este fenômeno não era suficiente para justificar este efeito. Devemos ressaltar que na época não se dispunha de uma dinâmica dos movimentos que considerasse a Terra em movimento. Era necessário se pensar as causas de movimentos dos astros e planetas a partir de um centro ocupado pelo Sol. Os argumentos de Galileu eram todos fundados na cinemática dos movimentos, sendo complementados posteriormente pela dinâmica newtoniana, possibilitando pensar outras influências para as variações das marés.<sup>13</sup> Seu objetivo final, o de provar a mobilidade terrestre pelos efeitos das marés, não é alcançado conforme sua proposta; seu livro deu base, porém, a outras discussões sobre a possibilidade de mobilidade terrestre, mostrando como um novo referencial para os movimentos tornava a proposta de sistema de mundo de Copérnico uma possibilidade plausível.

A seguir, apresentamos a discussão de duas diferentes interpretações sobre Galileu, com o objetivo de evidenciar a complexidade dos estudos da história e filosofia da ciência. Galileu, assim como os diversos filósofos e cientistas não podem ser reduzidos a uma leitura simples, cumulativa e heroica. Conhecer a história da ciência significa levar em consideração o contexto científico, político e social em que os episódios ocorrem, levando em consideração a realidade de que a escrita da história é caracterizada pelo que se apresenta e também pela forma como se apresenta. O historiador ou mesmo aquele que apresenta a história da ciência pode dar enfoques diferentes, de acordo com o seu interesse em apresentá-la, dando à leitura da história da ciência o caráter de inesgotável, podendo ser interpretada de diferentes formas e constantemente reativada contexto social atual.

---

<sup>13</sup> É evidente que, ao fazermos esta leitura, desconsideramos a complexidade e os problemas colocados na época – o que os historiadores chamam de leitura presentista da ciência.

## 2.2 A HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA GALILIANA

O historiador da ciência é um pesquisador que investiga o problema da construção da ciência, isto é, procura explicar o processo de elaboração e construção de conceitos científicos que são compreendidos se dominarmos os argumentos internos da teoria e seu contexto histórico.

A história da ciência que trata a ciência como modelo de progresso cumulativo parte da ideia que a finalidade das descobertas é chegar ao estado atual de conhecimento. No entanto, determinada explicação é elaborada desde as questões de seu tempo e o futuro é imprevisível e se articula ao sabor das circunstâncias. Cada explicação científica possui seu valor intrínseco, por mais distante que esteja da explicação atual da ciência. O estudo histórico busca, tanto a compreensão das diferentes explicações como o contexto histórico de sua produção.

A metodologia de análise em história da ciência deve incluir uma análise interna das teorias científicas, que busca manter-se o mais fiel a certas concepções de sua época e à lógica dos conceitos no interior da teoria. A análise internalista é importante para o trabalho em história da ciência, mas deve-se articular com as condições socioeconômicas de sua produção.

Nesse sentido, devemos nos afastar da ideia de erro na ciência e interpretarmos como leitura que fazemos do passado a partir do presente. Santo Agostinho<sup>14</sup> considerava o tempo passado como presente do passado, pois o entendimento do passado é a partir dos elementos do presente. Em história da ciência, procuramos entender as coisas passadas a partir da mentalidade do presente. O exercício do historiador da ciência é a procura de aproximar-se do passado buscando entender os elementos vigentes naquele período histórico, que se expressa no interior da teoria e das condições históricas de produção.

A história da ciência é escrita por diferentes historiadores, que imprimem uma variedade de interpretações históricas; isso implica em diferentes perspectivas e finalidades. Há um inevitável enredamento entre os fatos e as interpretações. Provas documentais são interpretadas, ignoradas ou investidas de uma importância

---

<sup>14</sup> Santo Agostinho. **Confissões**. São Paulo: Nova Cultural, 1987, p.222. Sobre o Livro XI: O Homem e o Tempo. “[...] os tempos são três: presentes das coisas passadas, presentes das presentes, presentes das futuras”.

desproporcional, sofrendo forte influência e determinação social. Isso torna a história escrita ideológica<sup>15</sup>. Surge, desta forma, a criação de mitos - doutrinas socialmente úteis relacionadas indiretamente com fatos históricos - culminando na mitificação da história da ciência (KRAGH, 2001, p. 119-120).

À divulgação da ciência denomina-se hoje instrumento na globalização do conhecimento científico. Tem ainda a finalidade de viabilizar o entendimento de ciência por meio do processo de desenvolvimento pelo qual passa. O acesso à história da ciência é feito, sobretudo, por meio de documentos (*e.g.*, cartas, livros, periódicos – fontes primárias).

As barreiras enfrentadas com a escrita da história possibilitam a construção de historiografias que buscam discutir o que é o fazer histórico, em especial, na ciência.

As obras produzidas por diferentes historiadores, embora possam ter as mesmas fontes de informações, carregam os traços característicos da interpretação e principalmente do contexto social, filosófico e político nos quais estão inseridas. Há ainda um processo de constante reescrita da história, pelo fato de se revelarem novos fatos, provindos de novas fontes, ou ainda pelo simples fato de que releituras são feitas por historiadores de épocas distintas: “O mais importante é que a interpretação do passado constitui, em certa medida, uma função do presente” (KRAGH, 2001, p. 51).

A “revolução científica”, como proposta por alguns intérpretes da história da ciência, é alvo de intensa discussão sob a perspectiva da historiografia: “Os historiadores da ciência têm discutido até que ponto a chamada “revolução científica” é ou não real, isto é, se houve um período natural, histórico, desde Copérnico a Newton, durante o qual a filosofia natural se transformou na ciência moderna” (KRAGH, 2001, p. 86). A análise e produção da história da ciência passam por diversas vertentes que apontam para visões múltiplas de um mesmo fato ou episódio.

Kragh (2001) escreveu que

---

<sup>15</sup> Ideologia é como uma doutrina que legitima as opiniões e interesses de um determinado grupo social (KRAGH, 2001, p. 119).

[...] o historiador não se vê confrontado com uma escolha entre uma perspectiva diacrônica ou sincrônica. Geralmente, ambos os elementos deviam estar presentes, dependendo a sua importância relativa do tema particular a ser investigado e da intenção da investigação. (KRAUGH, 2001, p. 118)

Consideramos a ciência<sup>16</sup> um trabalho de construção e cabe ao historiador – fundamentado nos documentos (fontes primárias) – compreender a lógica interna da teoria e os aspectos institucionais e socioeconômicos que estão diretamente ligados à produção e ao desenvolvimento científico<sup>17</sup>. A metodologia de análise em história da ciência deve incluir uma análise interna das teorias científicas, que busca manter-se próximo das concepções de sua época e à lógica dos conceitos no interior da teoria. O estudo sobre as diferentes interpretações da teoria de Galileu Galilei, neste contexto, é um exemplo da diversidade historiográfica que se pode produzir a partir de uma mesma teoria. Kragh (2001) cita-o como uma fonte inesgotável de estudos históricos e considera que as diversas apresentações advêm dos diversos indícios fornecidos por ele sobre a sua forma de olhar o mundo e buscar explicações. Salienta que a questão do método em Galileu é o alvo principal das diferentes visões que se têm sobre ele:

O debate sobre o método de Galileu e o papel da experimentação na sua ciência prosseguirá. Este é o tipo de questão que não pode ser decidido pela simples análise das fontes e que não parece oferecer qualquer tipo de resposta definitiva. Mas o debate, longo e erudito, parece ter servido pelo menos para esclarecer que Galileu não era um apóstolo da ciência empírico-indutivista, nem um inequívoco pensador hipotético-dedutivo. Tais imagens do grande italiano não têm base na realidade histórica, sendo antes o resultado de ideais científicos de épocas mais recentes. Além disso, grande parte dos estudos sobre Galileu parte do pressuposto que Galileu tinha uma metodologia claramente definida e trabalhava de acordo com ela, que sua atitude para com o papel das experiências era inequívoca e consistente. Como noutros casos, este pressuposto não está bem fundamentado e parece até ser baseado no mito da coerência. Em parte, a falta de clareza que rodeia o método de Galileu é indubitavelmente devida ao fato de que Galileu não era claro. O historiador terá de aceitar este fato. (KRAUGH, 2001, p. 165)

---

<sup>16</sup> As características do saber científico elaborado após a crítica positivista da filosofia são: 1. Elaboração de um saber científico emancipado. 2. Divisão da ciência em ciências particulares. 3. Busca de fatos observados para as ciências com necessidade de comprovação empírica/experimental.

<sup>17</sup> Esse segundo aspecto caracteriza uma forma de analisar a história da ciência que é influenciada pela historiografia marxista e pela sociologia alemã (sobretudo Weber). A história da ciência de caráter externalista contribui para compreender, criticar e problematizar a inserção da atividade científica na sociedade.

Dessa forma, a questão de um estudo da história presentista, temos um fator extremamente relevante no produto historiográfico final. Frequentemente, analisa-se Galileu a partir do que veio depois dele e do que ele não tinha conhecimento. Julgamos imprescindível também um estudo que tenha como fundamentação indireta a ideia do “porquê e como, na nossa época, nos referimos aos autores do passado” (CHÂTELET, 1977, p. 26). O desenvolvimento do conhecimento da história da ciência tem seu perfil determinado pelo que se apresenta e pela maneira como se apresenta, de maneira que, um professor, por exemplo, dispõe de uma liberdade de escolher ou mesmo enaltecer aquela posição mais aceitável nos dias atuais. Se pensarmos no caso dos estudos historiográficos sobre Galileu, encontramos diferentes leituras, sob diferentes focos, que, por vezes, colocam-no apenas como parte da cronologia da filosofia natural. Cada doutrina existente no plano histórico deve ser analisada em seu plano, dentro do espaço/tempo ao qual acontece (CHÂTELET, 1977, p. 42). A conclusão de Châtelet, em sua discussão sobre a história da filosofia, pode ser pensada também sobre a história de todas as ciências:

[...] uma história da filosofia, seja ela global ou refira-se apenas a uma filosofia determinada, é necessariamente uma história política, uma história política do passado que pode ser constantemente reativada pela nossa história política atual. (CHÂTELET, 1977, p. 39)

As múltiplas apresentações de Galileu são objeto de intensa reelaboração e reinterpretção. Podemos citar Moschetti (2004), que faz uma comparação entre as diferentes figuras historiográficas de Galileu, com o intuito de expor a variedade de interpretações de um mesmo estudioso da natureza: “cada um desses “Galileus” está comprometido com a concepção de ciência particular de quem o criou, como não poderia deixar de ser, pois não existe uma interpretação neutra” (MOSCHETTI, p. 79, 2004).

Ainda, Zylbersztajn (1988, p. 36) apresenta algumas das principais versões, a fim de evidenciar a necessidade de atenção ao fato de que a história da ciência passa por estes quesitos historiográficos que ele julga necessários estar presente nos materiais didáticos, como forma de transmitir a ideia de ciência conforme os pressupostos assumidos para a abordagem histórico-filosófica no ensino de ciências (ZYLBERSZTAJN, 1988, p. 36).

Diante do problema assim apresentado, vemos a necessidade de se pensar a questão da historiografia da ciência no desenvolvimento de nossa proposta, pois as diferentes versões de Galileu ajudam na articulação da interpretação que teremos do autor.

A seguir, desenvolveremos as leituras sobre Galileu.

Alexandre Koyré interpreta o século XVII como marcado principalmente pela inovação do método científico, segundo a qual a natureza passa a ser entendida por meio da geometria euclidiana, que procura representar as explicações dadas para os fenômenos e o universo. Alguns estudos históricos produzidos sobre a época caracterizam uma “ruptura” com a forma aristotélica de pensar a natureza. Segundo Koyré (1991), a novidade apresentada na teoria copernicana promove mais que uma “revolução” no âmbito da filosofia natural, mas uma “revolução” de dimensão muito significativa no pensamento humano. Além disso, alguns pensadores desses séculos não só propunham uma maneira matematicamente sistemática de explicar a natureza como também destruíram a representação do mundo presente e substituíram-na por outra.

Com o novo conhecimento, o entendimento humano sofreu uma reestruturação, encarando o ser de outra maneira (KOYRÉ, 1991). Essa “revolução” constrói uma nova percepção dos fenômenos e dos objetos, um novo observador, um novo referencial, uma nova explicação do mundo. Nesse sentido, o maior problema a ser enfrentado pelos defensores do copernicanismo, entre os quais Galileu, ultrapassou o âmbito das autoridades e da tradição, e esbarrava “na visão comum de mundo”, pois o conceito de movimento da Terra é contraintuitivo<sup>18</sup>.

A leitura de Paul Feyerabend sobre a ciência de Galileu é interpretada, ao longo de sua obra, como defensora da teoria copernicana, e tem por base o questionamento do método utilizado tanto pelos defensores do geocentrismo quanto pelos do heliocentrismo. O enredo do *Diálogo* tem por objetivo principal discutir as explicações dadas por ambas as partes, de maneira que a defesa de Galileu, feyerabendana, é feita com base em diferentes metodologias, para cada situação de experimentação discutida.

---

<sup>18</sup> Contrário ao mundo vivido e percebido.

Para Feyerabend, o procedimento de Galileu torna-se exemplo de que, da existência de uma contradição entre uma nova e interessante teoria de um lado e um conjunto de fatos bem estabelecidos de outro, o procedimento adequado não é abandonar a teoria, por se chocar com tais fatos, mas de utilizá-la mais uma vez para descobrir, aí, os elementos implícitos que são responsáveis pela contradição (SOUZA, 2003, p. 249).

### 2.2.1 O Galileu de Koyré

A interpretação proposta por Alexandre Koyré para a “revolução científica” do século XVII descreve a física moderna por meio do estudo do movimento dos corpos pesados, tendo origem nos estudos dos problemas astronômicos. O abandono da concepção clássica e medieval do cosmo – unidade fechada num todo qualitativamente determinado e hierarquicamente ordenado – implica em uma nova concepção de universo – conjunto aberto e indefinidamente extenso – dando identidade às leis fundamentais que governam a fusão das físicas celeste e terrestre; esta última utiliza e aplica a seus problemas os métodos matemáticos hipotético-dedutivos desenvolvidos pela física celeste (KOYRÉ, 1991, p. 182).

Para Koyré, a física moderna nasceu com Galileu e completou-se com Einstein, tendo como lei fundamental a lei da inércia. A ciência moderna tende a explicar tudo “pelo número, pela figura e pelo movimento”. Koyré considera justa a menção de Galileu quanto ao princípio de inércia: “embora Galileu nunca tenha formulado explicitamente o princípio de inércia, sua mecânica está implicitamente baseada nele” (KOYRÉ, 1991, p. 182).

Koyré aponta como maior obstáculo enfrentado pelo conceito o fato de que o senso comum é medieval e aristotélico. O princípio de inércia pressupõe: a) a possibilidade de isolar um dado corpo de todo o seu entorno físico e de considerá-lo simplesmente como existente no espaço; b) a concepção do espaço que o identifica com o espaço homogêneo infinito da geometria euclidiana; c) uma concepção do movimento e do repouso que os considera como estados e os situa no mesmo nível ontológico do ser (a ideia de movimento relativo parecia obscura e contraditória para os aristotélicos) (KOYRÉ, 1991, p. 185).

Em contrapartida, os fundamentos da física aristotélica são: a) heterogeneidade entre os conceitos matemáticos e os dados da experiência sensível; b) incapacidade das matemáticas em explicar a intensificação e remissão das qualidades e em deduzir o movimento (não há nem qualidade nem movimento no reino intemporal das figuras e dos números); e c) movimento como um processo de mudança; apenas o repouso pode ser concebido como um estado: a meta do movimento (KOYRÉ, 1991, p. 186).

Para Koyré, esta mudança de visão sobre as coisas da natureza causou uma revolução no pensamento humano, que depende de uma radical “mutação” intelectual; a concepção mecanicista da natureza é marcada pela procura do homem moderno por dominar a natureza, de maneira que a filosofia, a ética e a religião modernas dão ênfase à ação, a *práxis*<sup>19</sup>. A ciência de Galileu e Descartes não é produto de engenheiros ou de artesãos, mas de teóricos e filósofos e “raramente ultrapassou o domínio da teoria” (KOYRÉ, 1991, p. 153). Os traços característicos da ciência moderna são a observação e a experimentação. Estas afirmações de Koyré é que caracterizam sua apresentação de Galileu como platônico e é alvo de intensas discussões dentro da historiografia da ciência de Galileu, tornando-o um de seus principais e controversos autores. Sua leitura prevê que a observação é guiada pela teoria, de maneira que os apelos à observação e à experiência, que podem ser observados na obra galiliana, ultrapassam a experiência de senso comum, tornando-se uma interrogação metódica da natureza – a experimentação. As respostas da natureza são formuladas em linguagem geométrica (KOYRÉ, 1991, p. 154).

A revolução espiritual do século XVII tem dois traços principais: 1) a destruição do cosmo, que passa a ter um novo significado; e 2) a geometrização do espaço, na qual o espaço cósmico, qualitativamente diferenciado e concreto, é substituído pelo espaço homogêneo e abstrato da geometria euclidiana<sup>20</sup>. Segundo Koyré, essa dissolução do cosmo destrói a ideia de mundo de estrutura finita,

---

<sup>19</sup> O sentido de *práxis* em Koyré é o de ação do homem sobre a natureza.

<sup>20</sup> Podemos perceber aqui a justificativa para alguns estudiosos considerarem a interpretação de Koyré como controversa. Ao mesmo tempo em que ele pressupõe a geometrização do espaço como característica principal do espírito do século XVII, caracteriza Galileu, segundo algumas interpretações, como platônico; pressupondo experimentação como a base de seus argumentos. Devemos atentar ao fato de que, nas entrelinhas da obra de Koyré, a experimentação não deve ser comparada ao senso comum; trata-se, para ele, de uma indagação direcionada da natureza.

hierarquicamente ordenado e qualitativamente diferenciado do ponto de vista ontológico, e a substitui por um universo aberto, infinito, indefinido e unificado (governado pelas mesmas leis universais), pressupondo um mesmo nível para o ser. As leis do céu e da Terra se fundem; a astronomia e a física são interdependentes, unificadas e unidas, passando-se a aplicar os métodos da pesquisa matemática ao estudo dos fenômenos do mundo sublunar e causando o desaparecimento das considerações baseadas no valor, na perfeição, na harmonia, na significação e no desígnio. O ser passa a ser encarado de outra maneira e esse caráter de conhecer o mundo de maneira diferente é o motivo pelo qual custou tanto a gênios como Galileu e Descartes “descobrir” as leis que hoje são consideradas triviais (KOYRÉ, 1991, p. 154-6).

Koyré divide o pensamento científico em três etapas – física aristotélica; física do *impetus* (pensamento grego e do século XIV pelos nominalistas parisienses); e a física moderna – matemática de Galileu e Arquimedes. Por Aristóteles, a ciência começa precisamente quando se procura explicar as coisas que parecem naturais, traduzindo a intuição do senso comum. Sua ciência transpõe a ideia de exprimir na sua linguagem “o fato” de senso comum. “A distinção entre movimentos “naturais” e movimentos “violentos” se situa numa concepção de conjunto da realidade física” (KOYRÉ, 1991, p. 157). No universo, as coisas devem ser distribuídas e dispostas numa certa ordem determinada e o movimento é uma desordem cósmica. O movimento é transitório e só pode resultar de um movimento anterior – o movimento natural (de voltar ao lugar natural), ocorrendo depois de um movimento violento ter agido. Considerando o universo finito, o movimento circular é o único movimento uniforme que pode persistir indefinidamente. “Movimento não é um estado; é um processo, um fluxo, um vir a ser, no qual as coisas se constituem, atualizam e se realizam. O movimento é o ser (*actus*) de tudo o que não é Deus” (KOYRÉ, 1991, p. 159).

O movimento local (deslocamento) pode ser dominado pelo ser; “o corpo tende a seu lugar natural, mas não é atraído por esse lugar” (KOYRÉ, 1991, p. 160). A teoria aristotélica não admite movimento a distância, portanto, as causas para o movimento são por pressão ou tração.

A Física aristotélica não se deixa perturbar pelo senso comum, de maneira que “se encontra um “fato” que não se enquadra em sua teoria, nega-lhe a

existência” (KOYRÉ, 1991, p. 160). Um exemplo disso é a negação do vácuo e do movimento no vácuo; o movimento no vácuo é um movimento sem motor, o que é impossível de existir, já que no vácuo não pode haver lugares naturais. A ideia de espaço vazio (o da geometria) destrói inteiramente a concepção de uma ordem cósmica, pois assim não poderia haver lugares de espécie alguma. Neste ponto, fia-se o alerta aristotélico sobre o perigo em misturar geometria e física, e aplicar um método e um raciocínio puramente geométricos ao estudo da realidade física.

A concepção que sustenta e apoia a física do *impetus* é completamente diferente da concepção da teoria aristotélica. O movimento não é uma atualização; o *impetus* é um efeito produzido pela causa; é essa causa imanente que produz o movimento – o *impetus* produz o movimento, vencendo a resistência que o meio opõe ao movimento. Estas duas proposições para o *impetus* se contradizem, se pensarmos na ideia de movimento circular ou no vácuo, para os quais o *impetus* parece imortal; primeiro, embora compatível com o vácuo, é incompatível com a ideia de inércia; e, segundo, a dinâmica do *impetus* é incompatível com um método matemático (KOYRÉ, 1991).

Em Galileu, há uma forma de desenvolver um conceito novo e original do movimento. Em sua teoria, o corpo tem estados, de movimento e de repouso, e estes são colocados no mesmo nível ontológico. Na dinâmica aristotélica e do *impetus*, a ideia de força é que produz o movimento, enquanto que, na moderna,<sup>21</sup> a força produz aceleração. O movimento retilíneo e uniforme é impossível na física moderna, só podendo ser produzido no vácuo (KOYRÉ, 1991, p. 162-5).

O assunto do *Diálogo*, na interpretação de Koyré,

[...] é o direito da ciência matemática, da explicação matemática da natureza, em oposição à explicação não matemática do senso comum e da física aristotélica, muito mais do que o enfrentamento de dois sistemas astronômicos” (KOYRÉ, 1991, p. 166).

O *Diálogo* não é tanto um livro sobre a ciência quanto um livro sobre a filosofia; a solução do problema astronômico depende da constituição de uma nova física, por meio de uma nova maneira de pensar, as quais, por sua vez, implicam a

---

<sup>21</sup> Entenda-se por dinâmica moderna aquela que é introduzida por meio das leis de Newton. Não se admite em Galileu os conceitos de força e aceleração, pelo menos não com os significados que têm na atualidade, a partir da dinâmica dos movimentos.

solução da questão filosófica do papel que desempenham as matemáticas na constituição da ciência da natureza. Neste sentido, a oposição entre Aristóteles e Platão é quanto à “questão” do papel e da natureza das matemáticas, já que Platão considerava as matemáticas particularmente apropriadas às pesquisas da física (KOYRÉ, 1991, p. 167).

Em Platão, as matemáticas têm posição superior, que é decisiva na física. Para Aristóteles, as matemáticas são consideradas como uma ciência abstrata, tendo menor valor do que a física e a metafísica: “[...] a física não precisa de outra base senão da experiência e deve edificar-se diretamente sobre a percepção”; a matemática tem papel secundário e subsidiário de simples auxiliar. A grande questão neste ponto não é a geometria em si, mas o ser entendido como estrutura da natureza, estrutura do ser. A justificativa do aristotélico é que a natureza do ser físico é qualitativa e vaga para a ciência do real – a filosofia.

Descartes foi obrigado a suprimir a noção de qualidade (como subjetiva), a bani-la do domínio da natureza; suprimir a percepção dos sentidos como fonte e declarar que o conhecimento intelectual e até *inato* ou *a priori*, é nosso único e exclusivo meio de apreender a essência do real. Galileu dá soluções matemáticas a problemas físicos concretos (queda dos corpos, movimento de projéteis), no qual “o movimento é governado pelos números”, o que refuta o argumento aristotélico.

[...] surge como necessário um duplo trabalho de destruição e de educação: destruição dos preconceitos (*préjugés*) e dos hábitos mentais tradicionais e do senso comum; criação, em seu lugar, de novos hábitos, de uma nova aptidão para o raciocínio” (KOYRÉ, p. 265, 1986).

A interpretação de Galileu como platônico por Koyré baseia-se na ideia de conhecer como sinônimo de compreender matematicamente. Nas suas obras, Galileu faz numerosas alusões a Platão, menciona repetidamente a maiêutica socrática e a doutrina da reminiscência (KOYRÉ, 1991, p. 170). “O *Diálogo* e os *Discursos* nos contam a história da descoberta ou redescoberta da linguagem que fala a natureza” (KOYRÉ, 1991, p. 172). A experiência é substituída pela observação guiada; a nova ciência é uma prova experimental do platonismo.

O que os fundadores da ciência moderna, entre os quais Galileu, tinham de fazer não era criticar e combater certas teorias erradas, para corrigi-las ou substituí-

las por outras melhores. Tinham de fazer algo inteiramente diverso. Tinham de destruir um mundo e substituí-lo por outro. Tinham de reformar a estrutura de nossa própria inteligência, reformular novamente e rever seus conceitos, encarar o ser de uma nova maneira, elaborar um novo conceito do conhecimento, um novo conceito da ciência, e até substituir um ponto de vista bastante natural – o do senso comum – por outro que, absolutamente, não o é.

### 2.2.2 O Galileu de Feyerabend

Feyerabend (2007, p.37) desenvolve uma crítica sobre a existência de uma forma única no desenvolvimento do conhecimento científico. Segundo sua visão, a história da ciência tem seus marcos nas violações das regras, e é somente a partir de modos de agir que vão contra a ciência ditada em cada época que novas teorias foram pensadas e substituídas ao longo dos séculos. O progresso científico só é possível devido a pensadores que indagaram de forma crítica a teoria que se estudava, ou seja, essas violações são necessárias para se desenvolver o conhecimento sobre a natureza.

Sendo assim, a história da ciência é indissociável da própria ciência, uma vez que o conteúdo das novas teorias carrega consigo a influência de diferentes formas de pensar, que foram essenciais nos momentos que precedem a ciência vigente (FEYERABEND, 2007, p. 46). Não temos em Feyerabend (2007) uma filosofia da ciência capaz de definir um método pelo qual a ciência se desenvolve; pelo contrário, a sua defesa aponta para a existência de limitação em todas as metodologias criadas, sendo o conhecimento científico fruto de várias formas de operar sobre o estudo dos fenômenos naturais (FEYERABEND, 2007, p. 49).

O julgamento de uma hipótese válida está baseado em sua concordância com os fatos. Tudo o que é desenvolvido dentro da teoria aceita tem validade científica. Esses são os pressupostos assumidos desde a Antiguidade para a avaliação de teorias novas. Segundo Feyerabend (2007), trabalhar sobre a mesma teoria, apenas acrescentando hipóteses novas para a explicação dos fatos e que esteja de acordo com a ciência aceita, nada acrescenta ao desenvolvimento do conhecimento científico. O cientista deve agir como contrarregra para poder fazer

progredir a ciência. Ele deve ser capaz de introduzir, em seus estudos, hipóteses que sejam inconsistentes com teorias bem estabelecidas.

Para Feyerabend, os conflitos e as contradições são devidos à heterogeneidade ou desigualdade do desenvolvimento histórico. Assim,

[...] a ciência é um processo histórico heterogêneo e complexo que contém antecipações vagas e incoerentes de ideologias futuras ao lado de sistemas teóricos altamente sofisticados e formas de pensamento antigas e petrificadas. Alguns de seus elementos estão disponíveis na forma de enunciados claramente redigidos, ao passo que outros estão ocultos e tornam-se conhecidos apenas por contraste, por comparação com concepções novas e fora do comum. (FEYERABEND, 2007, p. 158)

As adaptações pelas quais passa uma teoria ao longo de sua aceitação, muitas vezes, diferem dos seus princípios básicos. A teoria é tomada como primeiros passos e, no futuro, é transformada por aproximações que a afastam daquilo que é real. Como exemplo, os epiciclos e deferentes eram arranjos que permitiam cálculos para o movimento dos astros, não correspondendo necessariamente à realidade. No entanto, a lógica apontava no sentido oposto ao de Galileu, o que tornava mais absurdos os seus argumentos em favor da mobilidade terrestre (FEYERABEND, 2007, p. 191-2).

O exemplo de Galileu e a mobilidade da Terra elucida essa visão. A possibilidade de mobilidade terrestre já havia sido estudada por antecessores de Galileu, entre os quais Pitágoras, Nicole, Oresme e Copérnico, mas foram encaradas como absurdas por não corroborarem os fatos. Essa dependência que a teoria tem da observação esbarra na complexidade sobre os fatos. “Os fatos são instituídos por ideologias mais antigas” (FEYERABEND, 2007, p. 71). A dificuldade enfrentada por Galileu é justificada pela inconsistência da teoria copernicana com fatos tão evidentes e óbvios, que não poderia ser pensada como hipótese plausível para a época. Qualquer leigo da ciência afirmaria estar a Terra parada e circundada pelos corpos celestes, sem a necessidade de equipamentos complexos.

Feyerabend (2007) considera correta – tomando o contexto da época – a avaliação dos peritos da Igreja. O julgamento de Galileu teve base em dois pontos: quanto à cientificidade da teoria e quanto às implicações sociais e éticas. Quanto ao primeiro, argumenta que alguém que se baseie nos fatos, nas teorias e nos padrões da época não teria condições de desapegar-se deles e avaliar a teoria galiliana

positivamente. Quanto ao segundo, consideraram-na formalmente herética. As Escrituras delimitam a existência humana e, conseqüentemente, da pesquisa. Ninguém, além da Igreja, poderia interpretar as Escrituras e lá estava claro o lugar do homem no Universo e as leis que o regem (FEYERABEND, 2007, p. 184-7).

A hipótese copernicana apresenta falhas qualitativas, a teoria é inconsistente com circunstâncias que são facilmente percebidas e familiares a todos, o que a torna inconcebível em seu tempo. Sobre isto, Feyerabend (2007) atenta para a necessidade de se esclarecer o que são os fatos. Eles não são a interpretação pura da observação, mas impregnados pela influência da teoria aceita. O fato é estabelecido pela teoria, que antecede a observação, a explicação dada ao fenômeno é anterior a ele. Os fatos concordarão com a teoria porque são advindos dela. Sua crítica questiona:

A exigência metodológica de que uma teoria deve ser julgada pela experiência e deve ser rejeitada se contradiz enunciados básicos aceitos? Que atitude devemos adotar com relação às várias teorias da confirmação e da corroboração, uma vez que todas se baseiam no pressuposto de que se pode fazer as teorias concordarem com os fatos conhecidos e usam como princípio de avaliação a concordância alcançada? (FEYERABEND, 2007, p. 84)

Teoria e fatos estão intrinsecamente ligados e convergem para o sucesso da teoria, mantendo-a inatingível frente às hipóteses que estão em discordância com eles. Sendo assim, “uma teoria pode ser inconsistente com a evidência não porque seja incorreta, mas porque a evidência está contaminada” (FEYERABEND, 2007, p. 87). O cientista atua, dessa forma, como operador de um sistema, tendo à sua disposição as leis e técnicas que o conduzirão aos resultados esperados e previstos pela teoria, ainda que o pano de fundo histórico seja oculto para ele e que tenha a impressão de estar realmente colaborando para o desenvolvimento do conhecimento científico. A hipótese copernicana vai contra esse rigor metodológico de se fazer ciência. Como teria, então, o seu triunfo?

Para Feyerabend (2007), uma teoria bem desenvolvida é aquela que estuda seguindo uma metodologia pluralista, abordando diferentes interpretações sobre os fatos, aperfeiçoando e não descartando as concepções que, a princípio, possam parecer oponentes a ela.

A leitura feyerabendiana de Galileu está baseada em uma análise de sua

metodologia, sob a ótica do anarquismo metodológico<sup>22</sup>. O exemplo alegado em todo o livro *Contra o método*, de Paul Feyerabend, é a ciência de Galileu, de maneira a elaborar uma argumentação que corrobore sua filosofia da ciência:

[...] “cai bem em Galileu o papel de transgressor das regras e teorias estabelecidas, de opositor da razão dominante, de introdutor de procedimentos pluralistas, de novas visões e linguagens e de novos princípios. (SOUZA, 2003, p. 246-7)

Feyerabend (2007) interpreta a proposta de Galileu, em especial no *Diálogo*, como a intenção de travar uma discussão crítica com o objetivo de se decidir entre as interpretações ptolomaica e copernicana, qual deve ocupar o lugar como interpretação válida, isto é, verdadeira, por corresponder ao que as coisas apresentam (FEYERABEND, 1977). Mostra, então, que sua argumentação exprime, indiretamente, um propósito de utilizar a teoria vigente como forma de convencer os defensores desta de que há outra forma de olhar para os fenômenos. Aponta o método de reminiscência como tendo “o propósito de criar a impressão de que nada se alterou e de que continuamos a exprimir nossas observações segundo velhas e familiares maneiras” (FEYERABEND, 1977, p. 108). Assim, seu intuito é o de “examinar a validade das interpretações naturais que se acham de tal modo ligadas às aparências que não mais podemos vê-las como pressupostos distintos” (FEYERABEND, 1977, p. 108).

Sobre as influências, Galileu não estudou astronomia, não teve dados astronômicos e nem expôs partes técnicas da obra de Copérnico; era seu comentador. Tycho Brahe era um astrônomo notável. A revolução das concepções foi muito influenciada por suas observações, ainda que seu sistema mantivesse a Terra imóvel, atendendo às razões físicas e teológicas de sua época. Estudiosos adotaram a formulação sobre as esferas de Copérnico, mas negaram a posição e a mobilidade terrestre. Maestlin, professor de Kepler, estudou Copérnico e aceitava a ideia de céu mutável, mas não da mobilidade terrestre. Aceitava a ordenação das esferas por considerações geométricas para argumentos cosmológicos. Aos poucos, a necessidade de cálculos e dados se tornaram indicadores de verdade na física.

---

<sup>22</sup> Feyerabend defende a não existência de um padrão metodológico e, quando sua existência é suposta, as violações sofridas configuram o progresso científico, sendo as diversas etapas da história da ciência marcadas pelo pluralismo metodológico (SOUZA, 2003, p. 244).

Esses vários grupos influenciaram na chamada “revolução copernicana”, sob diversos assuntos: cosmologia, física, astronomia e epistemologia (FEYERABEND, 2007, p. 193-4).

Feyerabend (2007) critica a ideia de revolução, afirmando que algumas filosofias da ciência não levam em conta todas essas disciplinas, tratando apenas da astronomia. Para ele, Copérnico não acrescenta observações novas, pois julga o sistema ptolomaico empiricamente adequado. As novas observações vêm com Tycho, levando a Kepler. As observações de Galileu são cosmológicas e não astronômicas, podendo ser acomodadas no sistema de Tycho (FEYERABEND, 2007, p. 201-5).

Para Feyerabend (2007), o procedimento de Galileu torna-se exemplo de que, no caso de se ter uma contradição entre uma nova e interessante teoria, de um lado, e um conjunto de fatos bem estabelecidos, de outro, o procedimento adequado não é de abandonar a teoria por se chocar com tais fatos, mas de utilizá-la mais uma vez para descobrir, aí, os elementos implícitos que são responsáveis pela contradição (SOUZA, 2003, p. 249).

Feyerabend (2007) pressupõe para o conceito de movimento em Copérnico a ideia de referencial do movimento:

Por 'movimento da pedra', entende-se não apenas seu movimento com relação a um marco visível, situado dentro do campo visual do observador, ou movimento observado, mas também seu movimento no sistema solar ou no espaço (absoluto), isto é, o movimento real. (FEYERABEND, 1977, p. 108-9)

Supondo que o conceito de movimento deve ser entendido como pressupondo um movimento absoluto, com referência no espaço, pode-se, desta maneira, discutir o movimento; mas, a teoria aristotélica não tinha essa dimensão, não podendo chegar à mesma percepção do fenômeno. “O conteúdo de um conceito é também determinado pela maneira como ele se relaciona com a percepção” (FEYERABEND, 1977, p. 111).

Só há um meio de fugir ao círculo vicioso: consiste em usar medida externa de comparação, inclusive maneiras novas de relacionar conceitos e dados de percepção. Retirada do domínio do discurso natural e afastada de todos os princípios, hábitos e atitudes que constituem sua forma de vida, essa

medida externa se afigurará, sem dúvida, estranha. (FEYERABEND, 1977, p. 112)

O exemplo da torre é utilizado por Feyerabend (2007) como evidência de que a concepção copernicana foge a um acordo com ‘os fatos’<sup>23</sup>. Pensar o movimento terrestre com um referencial na própria Terra é impossível, o que exprime sua ideia de que a concepção copernicana está fundada em um movimento absoluto – o que não é permitido e nem pensado nos ‘fatos’ da experiência diária. “Galileu substitui uma interpretação natural por uma interpretação muito diferente e, até aquela data (1630), pelo menos parcialmente antinatural” (FEYERABEND, 1977, p. 121).

Galileu não só argumenta como também faz propaganda e usa artifícios psicológicos, lançando, segundo Feyerabend, “obscuridade sobre a nova atitude em relação à experiência” (FEYERABEND, 1977, p. 121), dando a ideia de uma experiência inventada.

A experiência deixa, agora, de ser o fundamento imutável em que se constituía, tanto na concepção apoiada no senso comum, quanto na filosofia aristotélica. A tentativa de defender a teoria de Copérnico transforma a experiência em algo ‘fluido’, de maneira análoga à como torna fluidos os céus ‘de sorte que as estrelas giram por si mesmas’. (FEYERABEND, 1977, p. 129-30)

Para Feyerabend (2007), a ideia principal da relatividade de movimento em Galileu é a de que “nossos sentidos só notam o movimento relativo, permanecendo inteiramente insensíveis a movimentos que os objetos tenham em comum” (FEYERABEND, 1977, p. 130). A interpretação de Galileu recoloca os sentidos em sua posição de instrumentos de exploração, mas apenas com respeito à realidade de movimento relativo. Substitui uma interpretação natural familiar por uma interpretação diferente, assumindo nova linguagem de observação. Há de se derrubar duas interpretações: o pressuposto epistemológico de que o movimento absoluto é sempre percebido e o princípio dinâmico de que a queda é um movimento natural. O “porquê” substituído pelo “como” do movimento (FEYERABEND, 2007, p. 113).

---

<sup>23</sup> Fatos entendidos dentro da interpretação de que a experiência percebida no cotidiano, como em Aristóteles, se não atendem ao que se apresenta como explicação, esta deve ser desconsiderada.

Sua leitura de Galileu fala de uma redução do conteúdo da dinâmica, passando de uma teoria geral da mudança, incluindo a locomoção, a alteração qualitativa, a geração e a corrupção, à dinâmica de Galileu; restringe-se a explicar o movimento da matéria, com sentido estrito de locomoção. Uma teoria do movimento empírica e ampla é substituída por outra, que prevê uma metafísica do movimento, abrangendo elementos especulativos:

As experiências que frontalmente contradizem o movimento anual [o movimento da Terra em torno do Sol] são tão mais poderosas que, repito, não tem limites meu espanto quando recordo que Aristarco e Copérnico foram de tal maneira hábeis no levar a razão a sobrepor-se aos sentidos que, em detrimento destes últimos, aquela se transformou em reitora de suas convicções. (GALILEI, p. 143 *apud* FEYERABEND, 1977, p. 155)

A hipótese geocêntrica e a teoria de Aristóteles casam percepção e conhecimento. A percepção, nesse sentido, é um processo em que o preceptor assume as propriedades do objeto (realismo ingênuo), excluindo as ilusões que ela pode trazer. O poder inerente ao sistema aristotélico se justifica pela filosofia que o torna coerente, racional e que está em concordância com os resultados de observação<sup>24</sup>. As “sensações obedecem às mesmas leis físicas que o restante do Universo” (FEYERABEND, 2007, p. 161). No pensamento moderno, as observações não contam mais como testes das novas leis. A percepção é ilusória para a observação. É necessária uma nova visão de mundo, contendo uma nova visão sobre o homem e suas capacidades de conhecer. A adesão deverá ser feita não por meio de argumentos, mas por meios irracionais (FEYERABEND, 2007, p. 161-7).

Galileu identifica as interpretações naturais inconsistentes com a teoria de Copérnico e as substitui por outras. Questiona o conteúdo sensorial da observação: “corpos pesados [...] ao cair, deslocam-se perpendicularmente à superfície da Terra” (FEYERABEND, 2007, p. 91). É melhor pôr de lado a aparência, a cujo respeito todos concordamos, e usar o poder da razão, seja para confirmar sua realidade, seja para revelar sua falácia. O fenômeno, dado pela aparência sensorial, e o enunciado são um só. As sensações devem ser dissociadas das operações mentais que

---

<sup>24</sup> A observação atende ao empirismo, aquilo que é dado da experiência, e é descrita pela linguagem da teoria, que se ajusta aos fatos e que pode ser compreendida por todos (FEYERABEND, 2007, p. 161).

decorrem imediatamente dos sentidos para formular as interpretações naturais (FEYERABEND, 2007, p. 92-3).

Feyerabend (2007) aponta para o método da reminiscência<sup>25</sup> como correntemente presente na obra galiliana como expressão daquilo que uma pessoa se recorda inconscientemente, uma lembrança indecisa. Para criar a impressão de que nada mudou e continuamos expressando nossas observações de maneiras velhas e familiares. Galileu reconhece a necessidade de interpretações naturais, mas isoladas, sem o auxílio da razão, os sentidos não podem dar uma descrição verdadeira da natureza. A forma da escrita galiliana usa de artifícios psicológicos e não puramente de discussão sobre os fenômenos. “Uma experiência que contradiz a ideia de movimento da Terra é transformada em uma experiência que a confirma” (FEYERABEND, 2007, p. 110). As manobras de raciocínio de Galileu levam a pensar que a relatividade do movimento como tese para os movimentos terrestres e celestes já estava em nosso intelecto e precisava apenas ser elucidada.

Ao contrário de outros pensadores, Feyerabend (2007) afirma, sobre o caso do telescópio, que parece ter sido construído por tentativa e erro, a partir de experiências, pois não se encontram indícios de cálculos em seus escritos. As ideias são conflitantes no que diz respeito ao uso do telescópio. As distorções nas observações de objetos terrestres e celestes corroboravam a ideia de que são matérias distintas. Galileu salienta que não basta olhar, mas deve-se enxergar aquilo que está por trás das imagens. Ele tinha conhecimento superficial sobre a ótica de sua época, somente com a teoria de Kepler pôde-se entender o produto da percepção (FEYERABEND, 2007. p. 126-147).

Algumas leituras (KOIRÈ, 1986) apontam que a propaganda teve papel essencial na obra Galiliana, no sentido de criar interesse que perdurou pelas novas gerações até que novas razões aparecessem. Galileu procurou novas espécies de fatos que dessem apoio ao copernicanismo. O telescópio alterou o núcleo sensorial da experiência cotidiana, acrescentando fenômenos instigantes e inexplicados e o princípio de relatividade e dinâmica alteraram os componentes conceituais da

---

<sup>25</sup> Recordação do passado: o que se mantém na memória, recordação vaga e quase acabada. Resíduo ou parte fragmentada de alguma coisa que já não existe mais.

experiência. Ambos não eram aceitáveis para o senso comum (FEYERABEND, 2007, p. 171-4).

Pensar a Terra se movendo traz dificuldades para pensar os movimentos terrestres devido ao referencial de movimento. Como exemplo, o movimento real da pedra que cai do alto da torre é misto de retilíneo e circular, a partir de um referencial absoluto, no espaço. O movimento em Copérnico toma um referencial absoluto, já os enunciados observacionais têm referencial na Terra (FEYERABEND, 2007, p. 95). O caráter não operativo de movimentos compartilhados é tão evidente quanto a ideia de caráter operativo de todo movimento. Pensar o princípio da relatividade requer que seja acompanhado de uma nova lei da inércia circular. Galileu defende esse princípio de duas formas: *ad hoc*, como necessário para revelar as interpretações naturais e funcional para o senso comum (FEYERABEND, 2007, p. 103-114).

### 3 A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Ao longo do século XIX, a atenção a que se devia ensinar sobre ciências se tornava cada vez maior. As transformações de currículo sinalizavam a necessidade de formação científica mais humanizada e menos restrita ao mundo de leis matemáticas. Em meados desse século alguns países da Europa já incluíam discussões sobre a história e filosofia da ciência nos cursos de formação. A partir do século XX, essa tendência se fortalece nos Estados Unidos, que torna a disciplina obrigatória. Sob forte influência do Currículo Nacional Britânico, a começar pela década de oitenta, os currículos são mudados a fim de se tornarem mais contextualizados, históricos, filosóficos e reflexivos (PEREIRA, 2009).

Os currículos portugueses de educação básica contemplam as disciplinas que atentam para o processo de desenvolvimento do conhecimento científico. Quanto maior o nível de ensino, torna-se maior a importância de disciplinas que discutam a história e filosofia da ciência (DUARTE, 2004). No Brasil, essa preocupação é fortemente influenciada pelas discussões internacionais a respeito. Até a metade do século XX, a educação voltava o olhar para uma ciência de conhecimento público, que deveria dar a compreensão do processo por meio do qual o conhecimento é gerado e não o conteúdo desse conhecimento (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004).

Na década de sessenta, com a implantação dos primeiros cursos de Física, disciplinas como “Evolução dos conceitos da Física” tornam-se obrigatórias nos currículos de formação tanto de licenciatura quanto de bacharelado (PRADO, 1989). Nas décadas de oitenta e noventa, alguns estudos tinham o objetivo de delimitar as finalidades da educação científica, tornando-a prioridade na formação de cidadãos cientificamente cultos, capazes de atuar democraticamente e conscientemente em sociedade, mas este não é seu objetivo exclusivo, ela deve levar a aprender ciência, aprender sobre ciência e aprender a fazer ciência.

A discussão sobre tornar a ciência mais acessível por meio da educação acontece em âmbito mundial e foi influenciada por diversos projetos com esse fim. Por exemplo, o *Ciência para todos* (1993), que delineava a forma como deve se proceder no ensino das ciências, colocava a necessidade de uma prática que

permitisse a aprendizagem dos conteúdos e também que valorizasse a individualidade do educando em ciências, não fornecendo respostas prontas a todas as perguntas. Dessa forma, propiciando investigações com base empírica e lógica, acrescidas de imaginação e criatividade e dando importância aos aspectos sociais e políticos que caracterizam o processo de desenvolvimento do conhecimento científico (SCHEID; PERSICH; KRAUSE, 2009).

O entendimento sobre o desenvolvimento do conhecimento científico está presente tanto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) como nas diretrizes curriculares nacionais para os cursos de graduação na área de ciências naturais. Na legislação estabelece-se que o conhecimento físico deve ser entendido como processo histórico em transformação e que abrange diferentes aspectos da produção humana (BRASIL, 1998). A educação em ciências deve tornar o cidadão leitor de um processo do qual faz parte e que influencia diretamente na sua vida (LONDERO, 2015). Assim, o estudante deverá “compreender as ciências da natureza como construções humanas e a relação entre conhecimento científico-tecnológico e a vida social e produtiva” (BRASIL, 2002, p. 212).

Especificamente,

A física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos. (BRASIL, 2002. p. 235)

Os objetivos do ensino de física voltam-se a tornar o estudante capaz de “reconhecer a física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural social, político e econômico” (BRASIL, 2002, p. 237).

Nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Física, estabelece-se que a formação deverá tornar o estudante em formação inicial capaz de “desenvolver uma ética de atuação profissional e a consequente responsabilidade social compreendendo a ciência como conhecimento histórico, desenvolvido em diferentes contextos sócio-políticos, culturais e econômicos” (BRASIL, 2001, p. 4).

Os PCN indicam a contribuição que a inclusão da história e filosofia da ciência pode ter na formação do estudante, seja como conteúdo específico ou como

parte de metodologia de ensino. Já as diretrizes para a graduação colocam como disciplina obrigatória que deve estar presente nos currículos tanto de licenciatura como de bacharelado (PEREIRA, 2009).

Assim, os argumentos para a inclusão da história e filosofia da ciência no ensino defendem a contribuição para uma melhor qualidade, conhecimento aprofundado e que deve levar em consideração que o professor, ao ensinar, transmite sua visão ou visões sobre ciência. Assim, refletir a concepção de ciência do professor em formação inicial se torna imprescindível para atender às questões acima apresentadas (PEREIRA, 2009). As justificativas mais recorrentes na área são de que a discussão a respeito do conhecimento científico enquanto construção pode acontecer sob forma de conteúdo ou como estratégia de ensino, desmistificando uma visão linear de ciência. Pode ainda relacionar a ciência, tecnologia e influências na sociedade (MARTINS, 1990).

Além de permitir o entendimento sobre o modo como o conhecimento se constrói, a epistemologia da ciência permite estreitar a relação entre teoria e o mundo vivido. Pensar a realidade além dos métodos abstratos e matematizados (SALINAS DE SANDOVAL; COLOMBO DE CUDMANI, 1993). Há de se compreender que a ciência não é resultado de um método único que conduz à verdade. Pensar a história e filosofia da ciência permite a compreensão do papel da experimentação e a relação da matemática para as teorias (MENDES; BATISTA, 2016). Para o professor, ajuda a antecipar as concepções prévias, já que os modelos medievais se baseiam na experiência vivida. As concepções dos estudantes se aproximam dos pensamentos da Idade Média (CARVALHO, 1992). Os conceitos de força e movimento são apontados como os mais passíveis de aproximação do senso comum dos alunos. Para isso, é necessária uma visão crítica sobre a epistemologia da ciência (PEREIRA, 2009).

A forma como o conhecimento científico se desenvolve e como a ciência contemporânea é praticada encerra a natureza da ciência num conjunto de valores e de pressupostos inerentes ao processo (LEDERMAN; ZEIDLER, 1987). A reflexão sobre a ciência permite a compreensão de seus métodos e a conscientização sobre as interações ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (ACEVEDO DÍAZ, 2005).

Ao longo de sua formação de ensino básico, o aluno adquire uma visão tradicional sobre o conhecimento, estendendo-se durante a sua formação de nível superior. A educação científica deve transpor esta visão, substituindo a ideia de conhecimento estável e seguro por algo totalmente complexo, que muda constantemente, se adaptando a um ambiente de natureza incerta, dentro de diferentes contextos. Para isso, a apropriação da história e filosofia da ciência, da ciência e da sociologia da ciência torna-se fundamental no processo de transposição educacional com base em psicologia, ciências da educação e da ética (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004).

A reformulação nos currículos de graduação ocorrida na década de oitenta sinalizou essa necessidade de destruir a visão linear de ciência, ensinando-a não como objeto, destituída de contradições, mas como um conjunto de diversos elementos que se encerram em leis e teorias (PRADO, 1989).

Segundo Mathews (1995), para que as disciplinas de história e filosofia da ciência sejam relevantes na formação, elas devem ser aplicadas ou práticas, não devendo se isolar no departamento de filosofia. Critica que formandos em Física nunca tenham lido Galileu ou Newton. A interpretação da metodologia e dos resultados de Galileu, aliada às diferentes traduções de suas obras acarretam nas diferentes formas de ver os fatos e documentos (MATHEWS, 1995). Aí está a riqueza das discussões sobre o conhecimento científico para a formação docente.

Assim, a função da educação científica tem novos contornos, ao invés dos questionamentos sobre “o que” e “como” ensinar, passou-se a questionar “para quê” educar em ciências. O ensino de ciências deve dar significado à evolução humana (BATISTA, 2004). A história e filosofia da ciência pode humanizar o conhecimento científico e possibilitar aos professores um ensino crítico e reflexivo. O professor que conheça esse contexto pode mostrar como a ciência apreende o mundo real, vivido e subjetivo (MATHEWS, 1995).

A educação em ciências deve levar a entendê-las como uma forma de conhecer, provida de valores e crenças inerentes ao seu processo de desenvolvimento (LEDERMAN et al., 2002). Quais as relações entre a ciência e sociedade? Quais são as contribuições? Qual é processo de legitimação do conhecimento científico? (VAZQUEZ ALONSO et al, 2007).

Chassot (2000) alerta sobre a necessidade de se pensar a educação científica como provedora de aprendizagem de conhecimentos conceituais; conhecimento sobre a natureza e os métodos da ciência, sua evolução histórica e sua relação com ciência, tecnologia e sociedade e também sobre o modo de operar na ciência, desenvolvendo as competências necessárias ao percurso de pesquisa e à resolução de problemas. Salvando as devidas proporções quanto ao aprofundamento dessas dimensões em diferentes níveis de ensino e na formação de especialistas, por exemplo (CHASSOT, 2000).

Segundo Mathews (1994), o professor de ciências deve conhecer os conteúdos e conceitos, compreender a história e filosofia da ciência e aprender teorias educacionais que fundamentarão sua prática. Dentro desta perspectiva, a educação não tem papel exclusivo de tratar questões meta cognitivas ou reproduzir reflexão sobre problemas não resolvidos a respeito, mas propiciar a compreensão do sistema científico em que se insere pode ajudar a elucidar a ciência e a tecnologia contemporâneas (ACEVEDO DÍAZ, 2005). A educação do cientista deve além de outras coisas formar no estudante o entendimento sobre o conceito de ciência.

Em síntese, a educação científica tem atualmente por objetivo geral fornecer ao aluno uma compreensão do funcionamento interno e externo da ciência. Mais especificamente, deve elucidar o processo de construção e de desenvolvimento do conhecimento, por meio dos métodos pelos quais são validados e dos valores implícitos e explícitos dele. Externamente, deve estabelecer os vínculos com a tecnologia e a sociedade e as contribuições culturais e para o progresso da ciência (ACEVEDO DÍAZ, 2005). Nesse sentido, o contexto histórico desse processo de construção tem influência fundamental, tanto na formação de professores quanto na de pesquisadores.

Entender a educação científica e seus objetivos passa a ser alvo de estudos que buscam superar as dificuldades em estabelecer os conteúdos sobre a concepção de ciência que se deve ensinar e a complexidade dos contrassensos sobre ela (ACEVEDO DÍAZ, 2005).

Moreira, Massoni e Ostermann (2007) realizaram um estudo de caso etnográfico sobre as contribuições de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de física (MOREIRA; MASSONI; OSTERMANN, 2007). No exterior foram desenvolvidas pesquisas com grupos de

controle para analisar a evolução das concepções dos estudantes (LIN, CHEN, 2002). Lederman et al. (2002) criticam os instrumentos padronizados de análise e buscam apresentar novos métodos que se aproximem da individualidade do estudante (LEDERMAN et al., 2002).

Clough (2006) coloca níveis de ensino explícito e reflexivo sobre a concepção de ciência, considerado moderada a reflexão do processo da ciência no laboratório e altamente contextualizada a reflexão sobre exemplos modernos ou históricos da ciência em curso. As críticas a respeito da ideia de basear a formação do futuro cientista no ensino explícito e reflexivo alertam que isso significa incluir nela a natureza da ciência, mas tê-la como finalidade principal torna o ensino de conteúdos científicos específicos ineficaz, admitindo o ensino descontextualizado como necessário para aprender conceitos-chave e acreditando ser mais eficaz apresentar conexões entre as diferentes posições ao longo do processo de conhecimento da natureza (AKERSEN; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN; 2000; CLOUGH, 2006).

Diante dessa discussão ampliam-se as pesquisas com objetivos de identificar as concepções de alunos, graduandos e professores quanto à ciência. Os primeiros resultados relatam visões absolutistas, empírico-indutivistas e, contrário às recomendações dos programas de educação em ciências, ausência de criatividade e imaginação nas práticas destinadas à reflexão sobre a natureza da ciência. Ao investigar episódios históricos observou-se noções inadequadas de fatos, evidências, observação, experimentação, modelos, leis, teorias e as suas relações (TAVARES, 2006).

Os resultados mostraram visões empiristas e indutivistas, que admitem verdade absoluta, além de práticas docentes inadequadas (MOREIRA; MASSONI; OSTERMANN, 2007). Em Ryder, Leach, Driver (1999), estudantes formandos são questionados sobre a concepção de ciência em diversos momentos do curso e mostram diferentes visões dependendo do contexto histórico e científico abordado (RYDER; LEACH; DRIVER, 1999).

As dificuldades observadas na formação podem ser resultado da subestimação das disciplinas de história e filosofia da ciência (LONDERO, 2015). O entendimento da natureza segundo modelos físicos e dos processos de construção

das leis e teorias é capaz de superar esses resultados (MOREIRA; MASSONI; OSTERMANN, 2007).

Em se tratando do conceito de ciência, há problemas em se afirmar que tais visões fossem inadequadas, haja vista o contrassenso que existe até os dias atuais, na filosofia da ciência, do que seja fazer ciência e de como ela se desenvolve. Além disso, identificar essas concepções e traçar um panorama geral de como ocorria a educação científica na época evidenciou a necessidade de se pensar no processo de formação dos professores.

A partir destes questionamentos, os estudos passam a buscar a formação de uma base que pudesse definir os conteúdos e os objetivos requisitados nos currículos que possibilitasse a alfabetização científica e tecnológica para todos os cidadãos, assumindo como pressupostos que a compreensão sobre a natureza da ciência influencia na concepção dos alunos e de que suas crenças influenciam na forma de ensinar (LEDERMAN, 1992). Esses currículos orientavam que o ensino da natureza da ciência deixasse de ser implícito, baseado apenas na prática e nos procedimentos da ciência (ACEVEDO DÍAZ, 2005).

Alguns estudos apontam para a separação entre as disciplinas específicas e as pedagógicas como a principal razão de não alcançar os objetivos a que a educação científica se propõe. Muitas vezes, a abordagem de história e filosofia da ciência fica restrita a disciplinas como instrumentação para o ensino, por exemplo (PIMENTA, 1996; CARVALHO, 2001; ZIMMERMANN; BERTANI, 2003, PRADO, 1989).

Um currículo flexível, que pudesse levar a uma compreensão adequada da natureza e do processo da ciência, não garantiria uma técnica pedagógica que seria utilizada para a reflexão dessa compreensão na prática do professor, por isso, teve início um esforço concentrado de programas de formação de professores que possibilitasse um embasamento para uma prática que propiciasse o entendimento a respeito do conhecimento científico e seu desenvolvimento, levando à compreensão de que a natureza da ciência como objetivo pedagógico é muito importante na formação, mas não necessariamente é evidenciada em suas decisões (LEDERMAN, 1999).

Na última década, estudos que investigaram ações específicas da formação de professores e pesquisadores, nas licenciaturas e bacharelados, apresentam uma

centralização nas disciplinas específicas e nos programas de iniciação científica têm a função de formar a epistemologia dos alunos, a partir da influência do acesso aos métodos e princípios do trabalho científico, nas visões dos alunos sobre a natureza da ciência. Fica sob responsabilidade das disciplinas de História da ciência e Filosofia da ciência a apresentação das diferentes concepções epistemológicas (TAVARES, 2006).

Esse formato de formação tem sido observado na grande maioria dos currículos que sofreram alterações baseadas nas recomendações dos novos programas de formação que visam a compreensão da natureza da ciência. Londero (2015) estuda como a história e filosofia da ciência aparece na estrutura curricular das licenciaturas em Minas Gerais e os seus resultados mostram a existência de diferentes objetivos. Dentre eles, introduzir o pensamento científico, conhecer os obstáculos por que passou a ciência moderna, analisar a história, epistemologia e filosofia da ciência, o seu papel social e cultural e analisar as concepções sobre ciência. O autor critica os momentos e tempos didáticos reservados às disciplinas e a quantidade de conteúdos frente à carga horária disponível (LONDERO, 2015).

Ainda, Moreira, Massoni e Ostermann (2007) afirmam que os objetivos das disciplinas de história e filosofia da ciência podem se relacionar às implicações para o ensino por meio da discussão sobre a origem e justificação do conhecimento científico, podendo proporcionar visão crítica sobre ele (MOREIRA; MASSONI; OSTERMANN, 2007).

Algumas pesquisas sobre a concepção dos estudantes sobre a ciência mostram que os alunos, embora tenham êxito nas avaliações escritas, em outros momentos, transparecem que as ideias primeiras, construídas a partir do mundo vivido, não sofreram reformulações ou não passaram por confrontações com as teorias estudadas. A observação e a percepção são influenciadas pela cultura e pelos pressupostos teóricos na metodologia a que o estudante é exposto (BATISTA, 2004). Quando questionados sobre o que é ciência, sobre o papel da experimentação e as diferenças entre teoria e lei, apresentam respostas que mudam ao longo do curso, mas apresentam contradições que possivelmente estão associadas a uma epistemologia muito enraizada no pensamento deles (TEIXEIRA, EL-HANI, FREIRE JR., 2001).

Algumas propostas foram desenvolvidas em pesquisas na última década, de modo a trabalhar com concepções alternativas, aproximando-as das teorias medievais, como por exemplo o tema atração gravitacional (GATTI, NARDI, SILVA, 2004). Ainda, propostas que envolvam a história e filosofia da ciência e a pedagogia por projetos (RAPOSO, 2014).

O nosso questionamento em relação ao panorama atual da educação científica é sobre a eficiência e real influência conseguida na prática. Relacionar o ensino de formação à compreensão da natureza da ciência não implica necessariamente coerência com a prática docente (TSAI, 2002). Para que o professor possa educar cidadãos para o exercício da cidadania, capaz de opinar sobre questões de ciência e tecnologia, é necessário que ele possua concepções adequadas sobre a ciência, mas essa condição não é suficiente (TAVARES, 2006).

Em vista deste panorama, acreditamos que devemos partir de tais contrastes e contradições para pensar ações que contribuam efetivamente e atendam aos propósitos da educação científica. Entendemos que a discussão em torno do conceito de movimento no momento de transição das teorias geocêntrica para a heliocêntrica, por meio da obra de Galileu (GALILEI, 2004), possa ser base para elucidar a concepção dos estudantes e pensar a sua formação e sua posição no meio científico. A partir dela, procuraremos responder ao nosso questionamento sobre a importância de discussões históricas na formação do físico e as relações com sua(s) concepções sobre a ciência, a sua formação e a sua pessoa enquanto parte dela.

A filosofia da ciência deve ser entendida como um campo de estudo que busca descrever a forma como o conhecimento científico se desenvolve. É constituída por diferentes leituras da ciência. Considerando como relevante as discussões para a formação do professor de ciências e do pesquisador, julgamos relevante incluir nas discussões desta tese as interpretações educação científica e o seu papel na formação do cientista presentes na epistemologia de Feyerabend e Kuhn. Apresentamos a seguir.

### 3.1 A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA POR FEYERABEND

Em sua discussão em torno do conhecimento científico, Feyerabend critica a visão de Ciência pura e desenvolvida a partir da interrogação direta da natureza. A ciência não conhece fatos nus, mas todos os fatos são vistos, de certo modo, tendo por base ideologias que definem as investigações e interpretações em cada momento.

Assim, a história da ciência é complexa e caótica, repleta de interpretações investidas da forma como o narrador entende o processo de desenvolvimento do conhecimento, acarretando em enganos vindos das ideias presentes na mente daqueles que a inventaram. Feyerabend compara aproximando a ciência vista conforme uma filosofia de desenvolvimento e a ciência praticada pelos cientistas, no laboratório; ambas são investidas de uma ideologia e estudadas com base em regras metodológicas bem estabelecidas, que acabam por limitar as fronteiras de pensamento e de individualidade do cientista ou filósofo da ciência.

Portanto, para que um estudante de ciência possa integrar a comunidade daqueles que a praticam, ele deve passar por um treinamento que fará uma “lavagem cerebral”, tornando a ciência mais tediosa, mais uniforme, objetiva e facilmente acessível a tratamento, por meio de regras estritas e imutáveis.

Assim, a educação científica tem a função básica de simplificar a ciência; “simplifica a ciência pela simplificação de seus participantes”. Para ser incorporado nessa lógica, o cientista tem um campo de pesquisa definido, separado do restante da história que o contextualiza. A sua ciência passa a ter lógica própria quando separada de questões sociais, teológicas ou filosóficas a respeito dela e de como se desenvolveu até chegar aos limites que a encerra atualmente. Cabe à formação do cientista o papel de fornecer treinamento completo nessa “lógica”, a fim de condicionar todos aqueles que trabalham no mesmo campo para que as ações sejam aproximadamente uniformes e não desviem dos limites e das regras impostas pelo campo de pesquisa em que desenvolverá o estudo.

Na interpretação de Feyerabend, essa forma de educar em ciências congela grandes porções do processo histórico, já que esse treinamento tem o objetivo de inibir intuições que possam levar a outras fronteiras, além do previsto. O cientista tem sua imaginação restringida aos moldes desse treinamento, passando a usar

uma linguagem não própria, refletindo na natureza dos fatos que investiga, que atenderá ao entendimento que ele tem a respeito disso, transferido de acordo com do treinamento que recebeu. Dessa forma, a tradição é mantida coesa por regras estritas que a asseguram.

A crítica de Feyerabend não se restringe à educação científica de cientistas, mas também se aplica à epistemologia de sua época. Qualquer estudo que conduza a resultados distintos, obtido por outros métodos, deve ser rejeitado? Apenas uma forma de ver o processo de desenvolvimento do conhecimento científico na qual se acredita fornece o melhor modo de descobrir os “fatos” isolados? Permite também descobrir os profundos segredos na natureza? Uma educação científica que não pode ser conciliada com uma atividade humanista conflita com o cultivo da individualidade daquele que estuda a ciência, mutilando por compressão a natureza humana que se sobressaia perceptivelmente e possa torná-la com perfil diferente daquele desejado para o cientista. Essa lógica estrita, cercada pelos moldes estabelecidos por esse treinamento, não permite pensar de forma diferente, não faz crescer o entendimento do homem em relação à natureza.

A ciência só progride a partir de atos isolados, na tentativa de crescer a liberdade, de conhecer os segredos da natureza, é necessária a rejeição de todos os padrões e moldes que encerram uma teoria, deixando ela de ser universal e tradicional. O cientista só consegue romper as barreiras obtidas por sua educação no campo de pesquisa rejeitando parte da ciência contemporânea, pensando alicerçado em outras possibilidades: a natureza da ciência e a ciência da natureza. Uma análise da história da ciência leva a concluir que não há regra na epistemologia que não seja violada em algum momento; não há moldes nesse processo histórico. Essas violações são necessárias ao progresso, as mudanças de teorias ao longo da história da ciência aconteceram quando alguns pensadores romperam as regras metodológicas mais óbvias, fazendo se desenvolver o conhecimento sobre a natureza.

A educação científica fortalece os limites e moldes de uma ciência, revigorando o efeito dos argumentos a seu favor, mais por repetição física, exercícios que estruturam os moldes, do que pelo seu conteúdo semântico. Quando velhas formas de argumentação se tornam fracas, os defensores daquela ciência devem desistir e recorrer a meios mais fortes e irracionais? Os efeitos da lavagem

cerebral por que passa um cientista treinado dentro dos moldes do seu campo de pesquisa torna quase que impossível desistir.

Na maioria das vezes, o surgimento de novos eventos são a causa de se adotarem novos padrões e formas mais complexas de argumentação, mas até que se forme uma nova geração de pensantes daquele campo da natureza, é necessário ultrapassar os limites da argumentação, sendo necessário, em alguns episódios, recorrer à propaganda e coerção. Ao se entender o ensino como defesa de padrões, fica difícil distinguir a força lógica e o efeito material de um argumento. Um racionalista bem treinado irá obedecer à imagem mental de seu mestre; o efeito do treinamento é a existência de uma única voz da razão.

Na contrapartida dessa lógica da ciência e do ensino da ciência, Feyerabend afirma que as teorias se tornam claras após análise por longo tempo de suas partes incoerentes. As diferentes formas de se estudar um fenômeno, interpretando-o segundo diferentes moldes e levando em conta se as suas incoerências são positivas ao progresso do conhecimento sobre ciência. O método de ler a história da ciência deve ser anarquista, pois ao se aplicar uma leitura guiada a ela, essa se torna pobre. “Algumas das mais importantes propriedades formais de uma teoria são descobertas por contraste e não por análise” (FEYERABEND, 2007, p. 46).

A metodologia em ciência deve ser pluralista, propiciar a comparação de ideias, somente abandonar uma concepção depois de uma tentativa de aperfeiçoamento. Portanto, o abandono de uma teoria concorrente deve ocorrer apenas depois de conhecê-la muito bem. Por essa leitura, a história da ciência torna-se parte essencial da ciência, e o desenvolvimento do conhecimento científico ocorre somente quando os preconceitos são descobertos, por contraste e não por análise. A contra indução permite pensar diferente, com fundamento em um padrão externo de crítica. Somente a discussão a respeito de fatos incompatíveis com a teoria é que levará ao progresso (FEYERABEND, 2007, p. 54).

Assim, a educação científica fornece ao futuro cientista os materiais para investigar a natureza dentro de seu campo de pesquisa: leis, resultados experimentais, técnicas matemáticas, carregados de preconceitos epistemológicos e dando valores no tocante às atitudes a se tomar diante dos erros. Para se suceder bem na ciência, devemos esquecer as dificuldades e proceder como se a teoria não tivesse falhas (FEYERABEND, 2007, p. 79). O entendimento de ciência de um

estudante é contaminado por princípios não conhecidos por ele e nunca evidenciados pelos seus educadores, pois isso poderia fazê-lo transpor as regras e os limites presentes nos moldes de seu treinamento.

### 3.2 A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA POR KUHN

A visão de ciência que se observa na fala de cientistas e da sociedade de modo geral trata de uma ciência aberta a novas descobertas e formas de pensar a natureza, e é neste âmbito que encontramos as bases para o progresso do desenvolvimento do conhecimento científico.

A visão kuhniana sobre a forma como o processo de desenvolvimento da ciência acontece afirma ser a visão apresentada acima apenas um efeito propagandístico daquilo que a comunidade científica deseja passar aos leigos. Ao contrário dela, a ciência é dogmática, exige que os operadores da ciência creiam naquilo que fazem e mais, defendam as bases que constituem as suas teorias acima de tudo aquilo que possa colocá-la em suspenso. O cientista não deverá abrir mão facilmente de suas crenças e esta realidade é, para Kuhn, funcional e inerente ao desenvolvimento científico maduro (KUHN, 2012).

A análise dos casos da história da ciência dá uma visão ampla sobre o modo como teorias científicas surgem e são substituídas por outras. Olhando para o passado, é possível encontrar elementos que conduzem à conclusão de que há uma estrutura necessária para que o progresso científico aconteça. Ao contrário da visão ingênua de um processo histórico contínuo, linear e progressivo, sempre em busca da verdade e da superação dos erros, dos preconceitos e dos dogmas do passado apresentada por leigos, Kuhn (2012) atenta para uma realidade em que, de forma oposta a essa descrita, as controvérsias são alternadas por períodos longos de consenso e concordância entre os cientistas, que ditam qual o problema a investigar e quais os métodos mais adequados para se chegar aos resultados previstos.

Somente quando as divergências atingem aspectos elementares da teoria é que se abre para outras possibilidades de leitura da natureza. Até que isto ocorra, a função do cientista é operar seguindo as regras e os modelos estabelecidos pela teoria que defende. Sua visão e atividade são guiados por esse modo de ver o mundo (KUHN, 2012).

A filosofia da ciência de Kuhn traz elementos do modo de interpretar os episódios históricos que convergem para a existência de influência de outros grandes leitores da história da ciência, como por exemplo, Koyrè, Fleck e Piaget, que fazem parte de uma corrente de filosofia histórica da ciência, intensificada a partir da década de sessenta, que lê a história da ciência como fonte de exemplos para confirmar teses. Associando as grandes mudanças de conjuntos de teorias científicas aos momentos de mudança generalizada no modo de ver o mundo e de praticar seu ofício, Kuhn defende a ideia presente na leitura de Koyrè de que a mudança ocorre em âmbitos maiores do que as paredes do laboratório, a ciência deve sofrer uma revolução de espírito e de visão de mundo na alternância entre teorias (KUHN, 2012).

É possível identificar uma configuração aproximadamente constante de elementos que levam às mudanças mais radicais observadas na história da ciência, a que Kuhn chama estrutura. Assim, ao aderir a uma nova forma de ver e interrogar a natureza, é criado um conjunto de crenças, regras, compreensões e valores que serão compartilhados pelos cientistas, formando uma comunidade daqueles que defenderão e aproximarão, o máximo possível, a natureza da teoria aceita.

Durante este período, haverá um único paradigma que guiará todas as ações e oferecerá a solução a todos os problemas. Durante o período em que os cientistas compartilham de concepções comuns acerca dos aspectos teóricos e práticos mais relevantes do seu campo de estudo, há concordância entre os integrantes da comunidade científica e pouco se discutem questões que fundamentam e dão os objetivos de investigação daquela forma de operar a ciência estabelecida pelo paradigma. A atividade do cientista resume-se a ampliar e refinar a articulação entre os fenômenos e as teorias. Teoria e prática têm a função de tornar a natureza a mais adequada possível às previsões feitas pelo paradigma, poupando os mesmos modelos, padrão e limites.

Dessa forma, a educação científica tem influência fundamental no processo de integrar o estudante a comunidade científica. O ensinamento dos futuros cientistas deve abranger uma rigidez metodológica e ortodoxia conceitual. A sua formação é a principal fonte de dogmatismo. O aprendizado deve propiciar a preservação e disseminação da autoridade do corpo muito bem delimitado e articulado de problemas, dados e teorias.

Kuhn alerta sobre a quase que nulidade de expectativa do estudante, futuro cientista, sobre a produção de novidades; ele se sente incapaz de propor novas abordagens para antigos problemas, já que suas crenças se mostram tão eficazes, fornecem o problema, a forma, o conteúdo e o resultado a que se deve chegar. A atividade do cientista é regularmente delimitada pela ação de operar a partir dos moldes no estudo de problemas com solução assegurada. O progresso tem seu êxito graças à função da educação científica, se dando durante os períodos de ciência normal, respeitando os termos de linearidade e acúmulo de saberes sobre a natureza (KUHN, 2012).

Ao contrário de ideia do cientista investigador sem preconceitos e com espírito aberto na busca da verdade, o cientista, para Kuhn, apresenta preconceito e resistência na investigação, e isso é que dá continuidade e vitalidade ao paradigma em que ele se insere. O papel de sua formação é semear os frutos do que foi elaborado e garantir uma adesão profunda a uma maneira particular de ver o mundo e praticar a ciência.

Essa forma de ver é delimitada pelo conjunto de problemas e soluções aceitáveis pela comunidade científica, que é introduzido por meio de exercícios de repetição pela sua educação em ciências. Além disso, também é por meio dessa adesão que são detectados focos de dificuldades que fazem surgir inovação nos fatos e nas teorias. Durante o período de ciência normal, a educação transmite o dogma de uma geração a outra, induzindo a uma rigidez profissional, o que Kuhn compara com a teologia, não sendo observado em outras áreas (KUHN, 2012).

Instrumento importante do processo de formação do futuro operador da ciência vigente, os manuais são largamente utilizados na formação do cientista, por tratarem-se de obras escritas especialmente para estudantes, não trazendo discussões sobre a ciência estudada na atualidade, mas todo o conteúdo que embasa as pesquisas atuais e que devem ser os pilares de tudo aquilo em que o cientista passará a crer e defender. O estudante não participa de projetos de pesquisa e não deve ter contato com as pesquisas da comunidade científica. Enquanto não estiver preparado para integrá-la, deverá praticar, repetir e reproduzir o conhecimento consagrado de sua época.

Da mesma forma, o estudante não tem contato com os textos originais que basearam essa forma de operar a ciência, já que os manuais tornam os conceitos e

experimentos didáticos para condicioná-lo à sua futura profissão. Sobre isto, Kuhn alerta sobre a possibilidade que essas obras dariam de analisar e discutir outras maneiras de olhar as questões discutidas, além de problemas, conceitos e soluções que foram substituídas (KUHN, 2012, p. 26). Os clássicos da ciência aceita na atualidade foram escritos com o intuito de convencer os devotos das teorias anteriores e, em alguns casos, trazem discussões no tocante às falhas que levaram a substituição do modo de ver o mundo. Os livros com fins didáticos não apresentam estas discussões e tampouco os conteúdos ou conjuntos de ideias de formas diferentes; a sua concorrência se dá pelas diferentes formas de apresentação ou ideologia pedagógica; traz essencialmente o que o estudante deve saber sobre a matéria.

Ainda, o uso dos manuais possibilita e delimita o enquadramento dos currículos de cursos de formação dentro de seus moldes, quando poderia fazer uma combinação de diversos originais de investigação, proporcionando a reflexão sobre a ciência. Mas dentro do dogmatismo científico, tal reflexão e discussão não encerram a função da educação de condicionar os seus futuros operantes. Observa-se nos manuais uma ausência da descrição do tipo de problemas, as técnicas e experiências que o profissional terá à disposição para explorar, ao contrário, apresentam soluções concretas de problemas definidos pelo paradigma. O lápis e o laboratório têm a mesma função de resolver problemas modelados por meio da repetição algorítmica de métodos, a fim de produzir quadros mentais que aceleram a resolução dos exercícios. O estudante não faz parte da comunidade científica e a educação deverá ser a iniciação dogmática que permitirá no futuro a sua integração, por enquanto segue a tradição de resolver problemas.

Muitas obras clássicas que basearam os problemas, as teorias, os métodos e os resultados de um paradigma tem características próximas dos manuais descritos. *A Física* de Aristóteles, *o Almagesto* de Ptolomeu, *os Principia* de Newton apresentam os feitos científicos, descrevendo o modelo de investigação, possibilitando a reprodução e estabelecendo os padrões para avaliar os resultados próprios (KUHN, 2012, p. 27). A ciência como dogma não vê razão para a discussão de teorias já substituídas, conferindo aos museus e às bibliotecas de clássicos alvo de estudo dos praticantes de outras áreas que não a ciência, historiadores ou filósofos.

Ao aceitar um paradigma, a comunidade científica adere – nem sempre de forma consciente – à forma de ver um mundo que exprime a verdade, tendo solução para todos os problemas existentes. E se os resultados não se aproximam do previsto, o cientista não operou bem as ferramentas oferecidas e deve fazer a reprodução até que a natureza se aproxime da teoria. Sim, a posição é esta mesma, a natureza vista é fruto daquilo que as teorias fornecem para lê-la. O paradigma determina um esquema de desenvolvimento e a educação do cientista diz onde e por que procurar; ainda, o que encontrará.

## 4 A INVESTIGAÇÃO

### 4.1 O MÉTODO FENOMENOLÓGICO

A pesquisa realizada encontrou nas ideias de Merleau-Ponty possibilidades abertas para a descrição do mundo vivido dos alunos que cursam graduação em Física na UNESP - Bauru, evitando pesquisas indutivistas e categorizações racionalistas.

Consideramos Merleau-Ponty, pela repercussão e debate de suas ideias, um dos mais importantes representantes da fenomenologia após Husserl<sup>26</sup>. A fenomenologia apresenta-se, em Merleau-Ponty, como um projeto amplamente aberto. Esse caráter se deve ao fato de ter na descrição uma forma de olhar para o fenômeno, buscando o retorno às coisas mesmas. Esse olhar prevê um sentido de experiência que é anterior ao simbolismo da ciência e ao discurso da filosofia (SILVA, 2012).

Dessa forma, a experiência guarda, diante de um domínio dos fatos, uma estrutura concreta. A descrição dos fenômenos marca uma linha tênue do dilema sobre o qual reflete o pensamento fenomenológico: de um lado, conhecer o mundo existente e, de outro, atingir o que vem antes da idealização reflexiva (SILVA, 2012).

Ao fazer Fenomenologia, Merleau-Ponty reformula a noção de *Lebenswelt* (*Mundo da vida*), elaborado por Husserl no final da vida, que se torna descrição pré-teórica das coisas, pois a Fenomenologia é o estudo das essências (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 1), que recoloca as essências na existência. É "uma filosofia para a qual não se pode compreender o homem e o mundo senão a partir de sua facticidade" (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 1).

A fenomenologia "é uma filosofia transcendental" que coloca em suspenso, para se compreendê-las, as afirmações da atitude natural, mas é também a filosofia

---

<sup>26</sup> Nasceu a 8 de abril de 1859, em Prossnitz, Moravia, no então Império Austríaco, hoje Prostějov, na República Checa, e faleceu em 27 de abril de 1938, em Freiburgim Breisgau, na Alemanha. De origem judaica, completou os primeiros estudos em um ginásio público alemão, na cidade próxima Olmütz, em 1876. Em seguida, estudou física, matemática, astronomia e filosofia nas universidades de Leipzig, Berlim, e Vienna. Nesta última, passou sua tese de doutorado em filosofia em 1882, com o tema *Beiträge zur Theorie der Variationsrechnung* ("Contribuição para a Teoria do cálculo de variáveis").

para a qual o mundo já está sempre "ali" antes da reflexão, como uma presença inalienável." (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 1).

É "a tentativa de uma descrição direta de nossa experiência tal como ela é, sem nenhuma deferência à sua gênese psicológica e às explicações causais que o cientista, o historiador ou sociólogo dela possam oferecer" (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 1).

Merleau-Ponty elabora sua filosofia via leitura que faz de Husserl, para o qual a fenomenologia:

Luta por uma ciência integral sem sacrifício da ciência nem da psicologia em particular, busca sobretudo a libertação da psicologia, presa a dificuldades metodológicas. Há conflito entre as exigências de uma filosofia, ciência do exterior. O problema, portanto, é o seguinte: como descobrir um modo de conhecimento que, mesmo não se desvinculando da experiência, permaneça filosófico? A solução do problema é buscada na intuição das essências, modo de conhecimento psicológico e a dignidade do conhecimento filosófico. (MERLEAU-PONTY, 2006, p. 401)

A fenomenologia busca a intuição das essências na existência (retorno às coisas mesmas) e busca a descrição das *Erlebnisse* (vivências) humanas.

O método fenomenológico procura entrar em contato com os fatos, compreendê-los em si mesmos e decifrá-los de maneira que dê sentido (MERLEAU-PONTY, 2006, p. 5).

A novidade desse método consiste no fato de ele estabelecer que o saber efetivo não é apenas o saber mensurável, mas também a descrição qualitativa. Esse saber qualitativo não é subjetivo, é intersubjetivo: descreve o que é observável para todos. (MERLEAU-PONTY, 2006, p. 6)

As vivências constituem-se na orientação da consciência para objetos intencionais, que têm como ponto de partida o fenômeno do comportamento e sobre ele perscruta a percepção como contato primeiro com o mundo.

Para compreender o mundo, a partir dele, devemos nos separar da nossa percepção a seu respeito (MERLEAU-PONTY, 1971).

Ao fazer a crítica da filosofia e da ciência como aquelas que elaboram explicações que sobrevoam os objetos, quer na filosofia transcendental kantiana ou nos modelos elaborados pela ciência, Merleau-Ponty propõe o retorno às coisas mesmas. A filosofia deve retornar àquele lugar prévio a todo conhecimento

(conhecimento pré-objetivo). É a volta ao mundo anterior à reflexão, volta ao irrefletido, ao mundo vivido, sobre o qual o universo da ciência e da filosofia (kantiana e pós-kantiana) é construído.

Todo o universo da ciência é construído sobre o mundo vivido, e se queremos pensar a própria ciência com rigor, apreciar exatamente seu sentido e seu alcance, precisamos primeiramente despertar essa experiência do mundo da qual ela é expressão segunda. (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 3)

A relação entre a consciência e objeto é pensada por Merleau-Ponty a partir da redução fenomenológica, que consiste em colocar entre “parênteses as relações espontâneas da consciência com o mundo, não para negá-las, mas para compreendê-las” (MERLEAU-PONTY, 2006, p. 402). Conforme Merleau-Ponty, “porque estamos no mundo, estamos *condenados ao sentido*, e não podemos fazer nada nem dizer nada que não adquira um nome na história” (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 18). E é o universo da percepção, eivado de significação e sentido, que será visado por Merleau-Ponty.

O retorno às coisas mesmas significa objeção às teses objetivistas da ciência, pois visa ao mundo (as coisas) e não se atém a um modelo ou paradigma explicativo. A fenomenologia, portanto, significa outra forma (anterior) de considerar as coisas, pois se trata agora de pensar as coisas a partir desse contato primeiro e anterior a qualquer interpretação do objeto. O conhecimento da filosofia e da ciência é explicação segunda, portanto, a fenomenologia propõe a volta para esse ponto de contato (primeiro e anterior) com as coisas.

A filosofia é um discurso que fala do mundo, do corpo, dos homens, da vida e dos objetos. A ciência é explicação segunda e não considera o domínio do vivido.

Ao comentar, em *O olho e o espírito*, o objetivo da filosofia de Descartes, Merleau-Ponty escreve:

Como tudo seria mais límpido em nossa filosofia se se pudessem exorcizar esses espectros, fazer deles ilusões ou percepções sem objeto, à margem de um mundo sem equívoco! A *Dióptrica* de Descartes é essa tentativa. É o breviário de um pensamento que não mais quer assediado o visível e decide reconstruí-lo segundo o modelo que dele se proporciona. (MERLEAU-PONTY, 1984, p. 94)

Para explicar a visão, na *Dióptrica*, Descartes elabora um modelo objetivo que toma o cego (com seu bastão toca as coisas e as percebe) como referência para entender o fenômeno perceptivo. Da mesma forma (por analogia) tocamos as coisas pela luz (entendida como instantânea e análoga ao bastão) e as percebemos. O que deve ser discutido é a forma peculiar da filosofia e da ciência de explicar a visão (como vejo), pois elaboramos uma teoria da visão através daquele que não vê (cego), isto é, não partimos da descrição da percepção para entendê-la, mas elaboramos uma explicação (que sobrevoa os fatos) que se distancia da percepção para entendê-la. Considerar assim a visão “não passa de um modelo de acontecimento” (MERLEAU-PONTY, 1984, p. 98) e não a descrição do que acontece quando vejo (percebo).

Portanto, se a filosofia (fenomenologia) é ruptura com o “objetivismo” (da ciência e da filosofia), se ela é retorno às coisas mesmas, este passo “não a transporta mais para a atmosfera rarefeita da introspecção ou para um domínio numericamente distinto daquele da ciência” (MERLEAU-PONTY, 1960, p.138).

A discussão sobre o conhecimento e, conseqüentemente, a relação entre sujeito e objeto situa-se, em Merleau-Ponty, em uma camada pré-teorética. Nessa região pré-teorética, a filosofia torna-se saber sobre os objetos. Portanto, a filosofia de Merleau-Ponty busca o conhecimento do ser não-relacional, anterior à ciência e pré-objetivo.

Merleau-Ponty analisa a Percepção, a Linguagem, o Conceito e a Cultura para elaborar uma ontologia sobre o ser bruto.

Segundo Merleau-Ponty, ocorreu o rompimento do acordo metafísico entre sujeito e objeto com o primado do exterior próprio do “pequeno racionalismo”. Com Kant, ocorreu o primado do sujeito, com a construção da filosofia transcendental (criticismo). Para Merleau-Ponty, “nem objeto puro, determinável por exclusão de todo predicado nele encontrável com base na relação entre sujeito e objeto; nem sujeito puro, pensador absoluto que sobrevoa o objeto porque o constitui” (MOUTINHO, 2006, p. 35). Nem ontologia cientificista, que pretende encontrar tal objeto puro, em si do mundo, preexistente a toda relação com o sujeito; nem idealismo, que supõe ultrapassar toda situação do sujeito por meio de um giro copernicano ou de uma redução.

Merleau-Ponty elogia o grande racionalismo que não estabeleceu o sujeito ou o objeto como meios absolutos. Para Merleau-Ponty, “se o objeto é uma estrutura invariável, ele não o é a despeito da mudança das perspectivas, mas nesta mudança ou através dela” (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 133).

A identidade de um objeto resulta da síntese das diferentes perspectivas, impressões, olhares, circunstâncias. No entanto, jamais alcanço a plenitude do objeto ou sua apreensão geométrica, pois “ver um objeto é ou possuí-lo à margem do campo visual e poder fixá-lo, ou então corresponder efetivamente a essa solicitação, fixando-o.” (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 104).

Perceber um objeto é entranhar-se nele e formar “um sistema em que um não pode se mostrar sem se esconder outros” (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 104).

Para Merleau-Ponty, existe um objeto em si e a consciência se orienta em direção ao si. No entanto, deve corresponder a um sujeito que não seja nem consciência (que põe o objeto), nem um corpo entendido como dispositivo anatômico (que apenas registraria o sensível e se isolaria na perspectiva), pois “eu não estou diante de meu corpo, estou em meu corpo, ou antes sou meu corpo (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 208).

Dispomos de nosso corpo não como de uma massa de sensações acompanhada de uma imagem cinestésica, mas como de um meio sistemático de ir em direção aos objetos (e do olhar como de um meio de inspecionar os objetos). (MERLEAU-PONTY, 2006, p. 26).

Toda a ciência é um constructo sobre o mundo da vida (Lebenswelt) e sobre essa experiência originária anterior à reflexão e dada na percepção. A ciência é uma explicação ou determinação desse mundo vivido.

A metodologia da pesquisa, portanto, tem seus fundamentos nas ideias fenomenológicas de Merleau-Ponty e procurou descrever o mundo vivido dos estudantes de física de uma universidade pública do interior do estado de São Paulo.

A fenomenologia é o estudo das essências na existência, que estão presentes nos relatos a respeito do espaço, do tempo e do mundo vividos. Uma busca por encontrar o contato ingênuo com o mundo, antes da reflexão, é uma tentativa de descrição direta da experiência. A descrição sobre um fenômeno deve ser feita sem explicar ou analisar, deve vir diretamente do fenômeno.

Segundo Bicudo (1994), o objetivo de uma abordagem fenomenológica centra-se na descrição dos fenômenos experienciados, despida de teorias para explicação e pressupostos ou preconceitos. A descrição das vivências permite a compreensão da essência na existência.

O método fenomenológico segundo Giorgi (1985), consiste na compreensão de um fenômeno a partir da descrição de uma situação experienciada, adotando-se uma posição anterior ao pensamento reflexivo, a atitude do pesquisador deve permitir uma abertura para viver a experiência em sua totalidade, deixando-o de lado suas expectativas, concepções e preconceitos.

Diferente de outras metodologias, a pesquisa com abordagem fenomenológica não parte de um problema claro, mas de um questionamento carregado de dúvidas, as quais são respeitadas, e a ação do pesquisador deve ser lenta e cuidadosa, de forma a possibilitar que os sujeitos tragam à luz a sua percepção (MARTINS; BICUDO, 1994). O desenvolvimento das ações do pesquisador está pautado na busca por sanar essas dúvidas ou, pelo menos, direcionar-se o mais próximo possível às essências daquela vivência. “A clareza da questão é conduzida pelo fenômeno” (BICUDO; KLÜBER, 2013).

Dessa forma, os resultados não convergem para conclusões ou moldes, pois são orientados pelos participantes, não suportam linguagem teórica ou científica e nem enquadramentos aos moldes já delineados por pesquisas anteriores.

## 4.2 DESCRIÇÃO DOS SUJEITOS DA PESQUISA

Na presente pesquisa, procuramos abordar a educação científica no curso de Física da Unesp de Bauru, para investigar o entendimento dos estudantes sobre a ciência, a partir de sua vivência na graduação. O olhar fenomenológico nos forneceu elementos para buscar a descrição do fenômeno estudado em sua facticidade, despido de conceitos prévios (explicações segundas) e nas suas incoerências e opacidades características.

Por ser uma ex-aluna do curso<sup>27</sup>, busquei partir de um ponto de referência que não evidenciasse a própria percepção acerca da educação científica, de forma

---

<sup>27</sup> Neste tópico, o discurso textual seguirá em primeira pessoa, tendo em vista tratar-se de relato desta pesquisadora, durante as ações da pesquisa junto aos alunos.

a possibilitar uma aproximação dos alunos e que eu me tornasse parte daquele mundo vivido por eles, para que pudesse conseguir formas de expressão o mais próximo possível de suas percepções. Ou seja, que antes de mais nada nos apresentem a vivência dos alunos, distantes dos discursos prontos e das categorias reducionistas.

A pesquisa foi desenvolvida na disciplina de Filosofia da Ciência, com carga horária de 60 horas, cujo professor responsável é formado em Filosofia, membro do Departamento de Ciências Humanas da Universidade. Por serem poucos alunos, as aulas aconteciam em uma sala de reuniões do Departamento de Ciências Humanas da Unesp de Bauru. A sala é rodeada por cadeiras e sofás e tem uma mesa localizada no centro. Não possui lousa e as aulas aconteciam com a utilização de projeção de slides em tela e de textos. Os alunos ficavam dispostos entre as cadeiras em volta da mesa e também ao redor da sala. Por essa disposição das cadeiras, as filmagens não mostram toda a extensão da sala, focando sempre na mesa central e em um dos cantos da sala. A disposição dos lugares ocupados pelos alunos favoreceu os momentos de discussão, já que cada um deles tinha uma visão completa de todos os participantes, que eram, em média, 14 presentes nas aulas.

O curso de Física incluiu a modalidade bacharelado há poucos anos e isso permite aos alunos obter a formação de licenciado e bacharel. Por isso, os alunos podem se matricular na disciplina de Filosofia da Ciência em momentos diferentes da formação, o que fez com que os sujeitos de pesquisa estivessem em estágios diferentes, sendo a maioria no oitavo e sexto semestres, do total de oito para a formação em licenciatura.

Por ser um grupo heterogêneo quanto ao nível de formação, julgamos coerente que eu participasse de algumas aulas anteriores à minha intervenção, para que pudesse conhecer melhor os alunos. Nessas primeiras aulas, participei como observadora e não fui apresentada a eles. Somente no quarto encontro é que o professor me apresentou como uma colaboradora da área deles que faria participações durante as aulas, trazendo exemplos e questionamentos às discussões sobre as diferentes interpretações em relação ao desenvolvimento do conhecimento científico. Ainda, para trazer às discussões sugeridas pelo professor alguns pontos específicos da formação em Física.

No segundo momento da aula, depois do intervalo, apresentei-me como aluna de doutorado e expliquei que pretendia obter filmagens das participações que faria, como parte dos estudos que realizava, justificando a necessidade de ter a concordância deles por meio do termo de consentimento. Naquele momento, não podia explicar exatamente do que se tratava a pesquisa, porque não queria que as atitudes dos participantes fossem guiadas por impressões ou preconceitos sobre minhas intenções. E, de fato, a recepção dos alunos foi de desconfiança, e imediatamente me perguntaram se teriam trabalhos para entregar no final do semestre, como disse um aluno:

**Aluno 16:** “Ah! Eu não sei, se for igual aquelas outras matérias, que tem que ler um monte de texto e depois entregar aquele monte de trabalho.”

Esclareci aos alunos que a minha participação seria complementar e que não faria parte de avaliações. Então, distribui o Termo de Consentimento e um questionário, deixando-os livres para decidir sobre a participação. Neste momento, não quis esclarecer demasiadamente sobre a pesquisa e o papel que eles teriam na investigação, para não criar expectativas ou deixá-los receosos em relação aos objetivos. Esta foi também uma decisão do professor da disciplina, que preferiu que a minha presença fosse parte realmente da metodologia das aulas.

O propósito do questionário foi conhecer um pouco sobre as condições dos alunos a respeito do período do curso, experiência profissional e a sua relação com o curso de Física. Para isto, foram formuladas algumas questões que traziam trechos do projeto político pedagógico do curso, a fim de constatar o quanto o discurso institucional oficial está presente nas respostas.

### 4.3 INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO

#### 4.3.1 Questionário inicial

Com a inclusão da modalidade bacharelado no curso, os alunos têm a opção de complementar a sua formação, sendo possível se matricular na disciplina de Filosofia da Ciência em momentos diferentes da formação. Um aluno cursava o

segundo semestre do curso, 2 cursavam o quarto, 5 o sexto, 1 o sétimo e 4 o oitavo, resultando um total de 13 alunos que responderam ao questionário. Destes alunos, 3 lecionam na educação básica, 2 trabalham em outro ramo, 4 faziam iniciação científica e os 4 demais não trabalham e nem desenvolvem pesquisas.

*I. Sobre o motivo de cursar Física, a maioria dos alunos relata ter interesse pela ciência. Dentre as respostas:*

**Aluno 5** - “gostar de física mesmo, e de poder aliar isso a algo que seja importante na sociedade, ser professor hoje em dia.”

**Aluna 7:** “A motivação é mesmo pessoal, pela aquisição do conhecimento da ciência física, e o desejo da experiência do ensino. Gosto da docência e da possibilidade do ensino de física.”

**Aluno 11:** “Sempre gostei de dar aula. Cheguei a cursar um ano de engenharia, mas optei pela física para ter experiência em sala de aula durante o curso.”

**Aluno 8:** “Sempre gostei de física e sempre tive vontade de aprender mais. A opção por licenciatura foi pela opção de poder lecionar ao término do curso e também porque a noite, meu único horário disponível, não tem bacharelado.”

**Aluno 4:** “Devido a problemas de saúde na família entre outros problemas, desisti de engenharia de materiais e após certo tempo decidi-me por fazer física.”

**Aluno 16:** “Tive bons professores nos dois primeiros semestres que motivaram. Obs: a motivação veio depois que entrei no curso. Antes de entrar no curso não tinha nenhuma motivação.”

**Aluno 9:** “A possibilidade de ter uma carreira acadêmica.”

**Aluno 10:** “O fato de saber como as coisas funcionam, curiosidade de descobrir novos conhecimentos.”

**Aluno 12:** “O gosto por física e a curiosidade de entender os fenômenos do dia-a-dia.”

**Aluno 6:** “A facilidade de aprender coisas exatas e lógicas.”

**Aluno 3:** “Interesse por física”

**Aluno 1:** “As concepções históricas e cotidianas, tanto da ciência, quanto da física, em particular, foram bem abordados pela minha professora de física. Tentar entender o mundo que nos cerca foi também uma grande motivação.”

**Aluna 2:** “O interesse pela profissão docente e por assuntos relacionados a ciência e universo.”

*II. Com relação ao nível de satisfação em relação ao curso escolhido:*

**Aluna 7:** “Mesmo ciente dos entraves presentes e futuros que o curso apresenta, não me desmotivei porque há grandes estímulos vindo de professores que nos motivam ainda mais.”

**Aluno 4:** “Descobri o campo astronômico, em que me envolvi em diversos projetos, além de ter podido realizar graduação sanduíche nos EUA.”

**Aluno 8:** “Como esperado de uma faculdade pública, embora meu progresso nas disciplinas esteja atrasado, mas isso é por conta do meu serviço, a faculdade é ótima.”

**Aluno 9:** “O curso cumpriu com a expectativa.”

**Aluna 2:** “Pessoalmente, tive um grande desenvolvimento pessoal e emocional. A vida acadêmica e o curso em si têm me proporcionado conhecimento incalculável e desafios extremamente prazerosos.”

**Aluno 1:** “O curso, assim como suas exigências, se enquadram em um nível alto, porém não há total entrelaçamento do que aprendemos didaticamente, sobre as formas de avaliar os alunos.”

**Aluno 6:** “Médio, devido à incompreensão de algumas matérias.”

**Aluno 11:** “Vejo que certas matérias são irrelevantes.”

**Aluno 10:** “O curso tem muito o que melhorar, nas matérias tem assuntos que não estão presentes, e também, professores que não estão dispostos a ensinar.”

**Aluno 16:** “O curso de licenciatura possui muitas matérias pedagógicas e poucas matérias específica de física.”

**Aluno 5:** “A minha grade mistura bastante matérias de educação, física, filosofia e história.”

**Aluno 11:** “Estou gostando bastante das matérias de educação e humanas, porém acho que as matérias específicas de física estão pouco aprofundadas, conteúdo superficial, talvez seja por estar no começo do curso.”

**Aluno 3:** “Ruim, esperava algo mais interativo e moderno. Nosso curso segue o mesmo modelo de 100 anos atrás.”

*III. Sobre as expectativas após o término do curso, apenas três alunos querem lecionar na educação básica:*

**Aluno 5:** “Pretendo seguir o caminho de primeiro trabalhar no ensino básico para conhecer e futuramente mestrado e doutorado.”

**Aluno 11:** “De imediato pretendo trabalhar na educação básica, mas gostaria de concluir um doutorado para ter a possibilidade de prestar concursos de docência.”

**Aluno 3:** “Pretendo seguir na carreira docente, mas não tenho certeza se farei isso para o resto da vida.”

A continuidade dos estudos é predominante, com um total de oito alunos, sendo dois para especialização.

**Aluna 7:** “Gostaria de continuar aprimorando o ato de ensinar e vi na pós graduação um campo de ação muito significativo.”

**Aluna 2:** “Há interesse em prosseguir carreira docente e continuar a formação até doutorado, garantindo grande quantidade de conhecimento e satisfação profissional.”

**Aluno 1:** “Penso em seguir carreira acadêmica, principalmente para atuar como professor e pesquisador”

**Aluno 12:** “Quero ser professor de faculdade/universidade.”

**Aluno 16:** “A docência na educação básica não é do meu interesse. Não suportaria apenas ensinar para o ensino médio isso é um tanto chato. Gosto de fazer pesquisa, estudar coisas “novas” e ‘diferentes’ me dá uma sensação de prazer, satisfação.”

**Aluno 8:** “Se possível farei especialização para trabalhar em um laboratório de pesquisa ou algo parecido.”

**Aluno 6:** “Especialização na área mecânica.”

Dois alunos não têm determinado o que farão:

**Aluno 4:** “Indeterminado. Todas as possibilidades se encontram com o mesmo peso de escolha, no momento.”

**Aluno 10:** “Ainda não tenho uma ideia formada no que seguir após o término do curso.”

**Aluno 10:** “A formação de um professor de física ou de um físico é muito necessária, pois tem muita gente que acha que física é só matemática, e não é, tem todo um conjunto de teorias para se ensinar e aprender a ciência.”

**Aluno 4:** “Acredito que essa frase pode ser aprofundada no campo “formacional” de professor, este possui funções que poderiam ser mais aproveitadas se este fosse um não mero reprodutor de informação, se tornando estimulante.”

**Aluno 6:** “Procurar sempre pesquisar sobre o ensino para melhor didática para os alunos, seguindo os exemplos que temos nas metodologias.”

**Aluno 8:** “Acredito que todo curso visa formar profissionais ativo na produção de conhecimento, eu particularmente tenho problemas para exercer ou melhor para ensinar o conhecimento, tenho muita vergonha em falar numa sala cheia de pessoas. Espero que ao longo do curso eu já tenha superado esse medo.”

**Aluno 16:** “Não me vejo como um professor de física. E se um dia for não penso que serei um bom professor. Acredito que serei igual aos outros professores: teoria, lista de exercício e prova. Apesar de pensar que apenas isso é uma desgraça não acho que eu faria diferente da grande massa.”

**Aluno 12:** “a minha formação na faculdade tem sido boa, mas para ser um bom professor não basta apenas do conhecimento da matéria, tem que estar em sala de aula e ver a realidade para se tornar um bom professor.”

**Aluno 11:** “Apesar de estar no começo do curso, tenho me envolvido bastante na área de pesquisa, o que é interessante como professor pois abrange o conhecimento, aumentando o número de exemplos, formas de explicar. Se me tornar professor pretendo manter pelo menos um contato com a pesquisa.”

**Aluno 1:** “O ensinar depende de muitos fatores, principalmente com diversificados métodos que se distanciam cada vez mais do ensino tradicional. Ensinar e entender, principalmente a realidade em que o aluno vive, assim como trabalhar em cima das dificuldades, e não apenas em cima dos intelectuais.”

**Aluna 2:** “Infelizmente nossos alunos são treinados apenas para passar em vestibulares, e não são beneficiados com o conhecimento, a crítica e a possibilidade de usar todo o conhecimento levando até hoje para abrir novas

possibilidades e visões acredito que a física é um ótimo instrumento para reflexão, descoberta do mundo e busca de melhorias para o humano e para o planeta.”

**Aluno 9:** “O professor não será apenas o condutor do conhecimento, mas também o fará.”

**Aluna 7:** “A universidade tem me dado grande suporte, no oferecimento de pesquisa e programas, como o PIBID, fazendo-nos refletir sobre a mudança metodológica e o aperfeiçoamento de metodologias diferenciadas, que nos impulsiona para além da reprodução de informação, mas da reflexão da informação e formação crítica.”

**Aluno 3:** “Não acho que minha formação será completa, nem como professor e nem como físico.”

**Aluno 5:** “Acredito que a formação que a universidade oferece, mesmo depois de quatro anos, não seja suficiente para ser um bom físico e nem bom professor. Ela deve ser sempre reforçada com estudo e busca de conhecimento sempre, aliados a experiência.”

*IV. O perfil do licenciando em física prevê “sólida formação em física e educação, conhecedor do método científico, com desenvolvimento da atitude científica com o hábito para a busca da verdade científica[...]”. Quando solicitados a descrever o seu perfil eles respondem:*

**Aluno 10:** “Meu perfil é uma formação de aprendizagem em ciência, onde eu possa ensinar o que aprendi.”

**Aluno 4:** “Acredito no empenho em concretizar as atividades, e num ensino produtivo, cativante, interessante no âmbito da autoprogessão.”

**Aluno 6:** “O fato de gostar de entender a ciência das coisas.”

**Aluno 8:** “Conhecedor do método científico, com desenvolvimento da atitude científica com o hábito para a busca da verdade científica.”

**Aluno 16:** “Talvez eu seja em pequena escala conhecedor do método científico, mas não tenho muita certeza. Ainda não me descobri como físico”.

**Aluno 12:** “Acredito ser exatamente esse perfil proposto pela Unesp.”

**Aluno 11:** “Acredito que seja uma sólida formação em física e educação.”

**Aluno 1:** “Acreditar na ciência como construção do conhecimento, usando a melhoria da sociedade com o avanço tecnológico.”

**Aluna 2:** “Acredito que há busca pelo conhecimento e que a verdade científica é altamente mutável. A reflexão pela busca do conhecimento e o uso dele são mais importantes que a teoria científica em si.”

**Aluno 9:** “O mais próximo do de um licenciando em Física.”

**Aluna 7:** “Concordo que o perfil concorde com a afirmação acima, no entanto, uma ressalva para a busca da “verdade científica”. A formação que tenho recebido é de uma ciência democrática, sem verdades absolutas, mas bons modelos explicativos.”

**Aluno 3:** “Acredito que meu perfil não seja esse e talvez o de nenhum estudante do curso seja. Mas exatamente não consigo me expressar em palavras diante desta pergunta, acho que meu perfil profissional ainda está em construção.”

**Aluno 5:** “Sólida formação em Física e Educação, pois quando comparei a grade do meu curso com outras universidades, vi que não tem só as matérias de física, mas de educação também.”

- V. *“O curso deve ter como núcleo as relações entre saber científico e o ensino desse saber de maneira a incentivar a reflexão sobre os processos envolvidos na construção dos conhecimentos científicos e estabelecer um corpo de conhecimentos filosóficos, científicos e pedagógicos[...], que o professor articule os conhecimentos de história e filosofia da ciência e os conhecimentos científicos”. De que forma você*

*vê o desenvolvimento histórico da física apresentado durante sua formação?*

**Aluno 11:** “Ainda não cursei a disciplina de história da física, porém nas disciplinas de Física I e Física II o conteúdo histórico é praticamente inexistente.”

**Aluno 12:** “Vejo que é muito importante para a formação do professor, pois quando estudei no ensino médio aprendia penas a teoria válida e imaginava que de um dia para o outro essa teoria surgiu.”

**Aluno 16:** “Não, eu não vejo assim. Pelo menos não foi dessa maneira que o curso foi apresentado. Acredito que o conhecimento é construído com tempo, através de pesquisas erros e acertos, tentativas.”

**Aluno 8:** “Incentiva a reflexão sim, e também estabelece um corpo de conhecimento filosófico, científico e pedagógico. Gosto da maneira de como é abordada a temática presente em filmes na vida real.”

**Aluno 6:** “Vejo que existem muitas pesquisas para melhoras mas pelo fato de ser muito difícil não acompanha outras pesquisas de interesse maior para sociedade.”

**Aluno 4:** “Foi diversas vezes mencionado a importância histórica e sua verdade, além de assuntos importantes derivados na filosofia, que procedem da história, que auxiliaram na nossa formação.”

**Aluno 10:** “Vejo de uma forma em que seja curioso e concreto, pois todo é necessário aprender a história da física para um melhor entendimento dela nos dias de hoje.”

**Aluno 3:** “Tive matérias relacionadas, mas nenhuma foi profunda o suficiente.”

**Aluna 7:** “Integralmente não, mas em grande parte percebe-se nesses últimos anos um movimento para uma formação filosófica, científica e pedagógica.”

**Aluno 9:** “A física, assim como as outras ciências, se fez de ideias, paradigmas, conhecimento popular. Seu desenvolvimento ocorre de forma lenta, mas contínua.”

**Aluna 2:** “Não acho possível desenvolver qualquer conceito com alunos sem discutir com eles como esse conceito foi formado, suas origens e métodos. Há necessidade de haver ligação entre passado e presente para haver simplesmente coerência dos fatos apresentados, e, ínsito, na reflexão. A minha formação me deu algumas disciplinas que apoiam isto, e me agrada.”

**Aluno 1:** “Se formos levar em consideração a introdução da HFC em disciplinas específicas não há. Já em disciplinas que tratam desse aspecto, a abordagem é feita de uma forma completa.”

**Aluno 5:** “Durante o curso, resumindo o que vários professores disseram e apresentaram, não podemos ver a física como algo pronto e finalizado, mas sim que ela foi construída ao longo do tempo, passou por mudanças e está em constante progresso.”

*VI. Nas disciplinas de física geral você teve algum contato com textos originais? Por exemplo, ao ver mecânica clássica, leu os textos de Isaac Newton? Em eletricidade, leu algo sobre Stephen Gray? Julga relevante para sua formação?*

**Aluno 4:** “Algumas vezes tive contato com textos originais, porém, traduzidos ou, como notas de outros livros. Acho importantíssimo a solidificação do conhecimento através do contato situacional da história.”

**Aluno 3:** “Tive contato sim. Acho relevante abordar o conteúdo histórico e o desenvolvimento das teorias.”

**Aluno 9:** “Alguns textos originais foram lidos, mas julgo melhor a análise, por hora, de resumos e discussões sobre o texto original.”

**Aluna 2:** “Busco de iniciativa própria encontrar os textos originais e sempre que tiver tempo analisá-los. Acredito ser extremamente importante

conhecer a produção científica em que se baseia todo o conteúdo discutido no curso.”

**Aluno 11:** “Nas disciplinas que cursei não tive nenhum contato. Acredito que seja de grande valia ver como a teoria foi enunciada por aqueles que a criaram.”

**Aluno 12:** “Até o momento não tive contato com nenhum texto original.”

**Aluno 16:** “Não me recordo de ter contato com textos originais. O que li foram os livros das respectivas disciplinas.”

**Aluno 8:** “Infelizmente não tive contato nenhum, infelizmente.”

**Aluno 6:** “Não tive acesso até o momento demonstrado por algum professor.”

**Aluno 10:** “Até o momento, ainda não tive contato com os textos originais de nenhum físico.”

**Aluna 7:** “Não! Mas houve citações por parte dos professores e referências a tais textos!”

**Aluno 1:** “Não. Assim como dito na questão acima, esses textos são trabalhados em disciplinas específicas para tal. É relevante que haja uma ligação entre ambas as partes (HFC (textos) e física geral).”

**Aluno 5:** “Não me recordo de ter lido nenhum texto original nestas disciplinas. Talvez eles foram indicados, mas nada cobrado. Sim, eles são importantes para minha formação e talvez o por isso o curso oferece a disciplina história da ciência, pois nessa disciplina eu me recordo destes textos.”

### *VII. O que é o conhecimento físico?*

**Aluno 4:** “O físico deriva leis da natureza que possuem certas propriedades e comportamentos. Julga-se possível obter um conjunto de informações

sobre o comportamento interacional entre diferentes partes da natureza, ou nenhuma, sendo que o conhecimento físico provém das leis gerais que encontram nos permeando.”

**Aluna 2:** “Mais do que fórmulas e teorias decoradas, conhecimento físico é o entendimento do funcionamento do que está a nossa volta e até dentro de nós. É olhar para coisas cotidianas aparentemente irrelevantes e saber porque são assim, observando as fases da lua, por exemplo, ou tentar chutar sua bola de futebol mais alto ou mais distante.”

**Aluno 11:** “Para mim, conhecimento físico é todo conhecimento que nos ajude a entender o universo e como ele funciona, e também nos possibilita fazer previsões, como as estações do ano por exemplo. Este conhecimento muitas vezes depende de uma linguagem matemática.”

**Aluno 12:** “Conhecimento físico é conhecimento dos fenômenos, saber como calcula-los, saber a história das descobertas, a filosofia e psicologia da ciência.”

**Aluno 6:** “O conhecimento dos princípios das teorias levantadas que foram estudadas. Nisso envolve quase tudo o que temos e vemos.”

**Aluna 7:** “É todo o conhecimento construído, baseado na observação da natureza e na construção epistemológica do conhecimento da ciência.”

**Aluno 1:** “São as concepções da ciência que se somam aos aspectos sociais e que cada vez são testadas e alteradas de acordo com as possíveis exigências científicas atuais. Tudo que sabemos fazem parte do conhecimento científico.”

**Aluno 9:** “É o conhecimento do mundo, o que aconteceu, acontece e acontecerá tem relação com a física.”

**Aluno 10:** “Conhecimento físico é onde são trabalhados gradativamente os conceitos, as leis, definições, os cálculos.”

**Aluno 5:** “Conhecimentos da história da física, de como se desenvolve, evolui.”

**Aluno 16:** “Boa pergunta! Qual é a resposta?”

**Aluno 8:** “Não sei.”

Os estudantes justificam a escolha pelo curso de Física pelo interesse pela ciência. Por desejarem entender o mundo cotidiano, a natureza e os fenômenos do dia a dia. Nos questionamos aqui sobre a qual mundo eles se referem. Segundo Ponty, a ciência é explicação segunda da natureza, as teorias e leis que envolvem o mundo da ciência, e da física especificamente, consideram situações ideais e são distantes do cotidiano.

Outra justificativa presente nas respostas é o interesse pela docência manifestado por alguns alunos. Temos aqui um ponto delicado de discussão: alguns alunos criticam o formato do curso e afirmam ser ainda muito tradicional, com as disciplinas de física pouco aprofundadas e excesso de disciplinas pedagógicas. Parte deles afirmam não ter interesse por lecionar na educação básica, sendo predominante o interesse em seguir carreira acadêmica, cursando especialização ou mestrado e doutorado.

Sobre o seu perfil, enquanto licenciando, os alunos afirmam ter formação incompleta em relação ao desejado no projeto político pedagógico do curso. Acreditam que seguirão o modelo conservador de professor, usando a metodologia “aula, exercícios, aula”.

Questionados sobre conteúdos de história da física no curso, alguns estudantes afirmam não terem tido contato com textos históricos, por exemplo. Outros afirmam que foram citados mas não trazidos efetivamente às discussões e reservados às disciplinas específicas. Reproduzem falas como “não podemos ver a física como algo pronto e finalizado”.

Sobre o conhecimento científico, acreditam ser conhecedores do método científico, na busca pela verdade da ciência na explicação sobre as coisas da natureza. Afirmam ser a ciência uma construção de conhecimento que deve levar ao desenvolvimento da tecnologia. Conhecimento físico é sinônimo de conhecimento do mundo, é derivado das leis da natureza. Entendimento do funcionamento para fazer previsões a respeito dos fenômenos, por meio da linguagem matemática.

#### 4.3.2 Ilustrações das experiências presentes no Diálogo

No segundo encontro planejei dois momentos em que trabalharia com representações que baseariam a discussão sobre movimento em exemplos utilizados pelos aristotélicos para provar a imobilidade terrestre discutidos no Diálogo. Como a minha participação acontecia no final da aula, naquele dia, não houve tempo para as discussões, realizando somente a primeira parte, em que os alunos receberam impressas essas representações e foram solicitados a descrever o movimento, discutindo trajetória, velocidade, tempo e prevendo a posição dos corpos.

Foram utilizadas figuras de um navio inicialmente em repouso em relação ao cais e depois em movimento questionando o movimento de uma esfera que fosse jogada do alto do mastro do navio nos dois casos. Também duas columbinas apontadas uma para leste e a outra para oeste, prevendo e discutindo as características do movimento do projétil lançado por elas.

Só foram dadas as instruções mínimas para que pudessem realizar a atividade, ficando as interpretações a cargo de cada aluno. A intenção foi de iniciar um processo de interrogação quanto aos conceitos tão bem estabelecidos nos problemas de física resolvidos diariamente. Neste dia os alunos apenas descreveram o movimento para cada uma das situações propostas e a aula foi finalizada.

Somente na terceira aula é que as situações apresentadas anteriormente foram discutidas. Os desenhos foram projetados e para cada um deles solicitei que descrevessem o movimento, fazendo previsões a respeito da localização final da esfera, além de descrever a trajetória e discutir fatores relevantes no movimento.

A primeira ilustração é de um navio em repouso no cais e uma bola que será solta do alto do mastro do navio.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Na explicação segunda da ciência, a descrição do movimento da bola depende do referencial adotado. Será observado apenas o movimento do qual o observador não faz parte. Assim, um observador na Terra veria a bola cair em linha reta em direção à base do mastro. Para um observador fora da Terra, o movimento de queda seria acrescido dos movimentos da Terra, da qual o observador não participa.

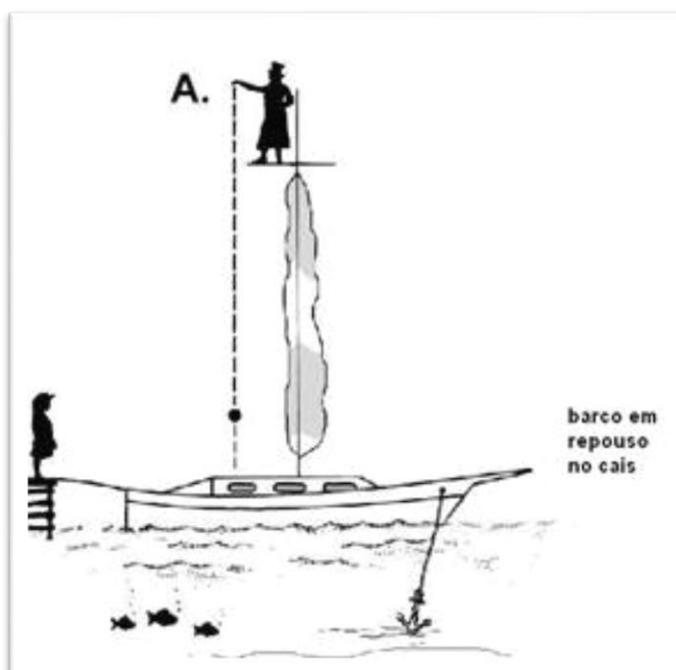


Figura 4 – Esfera solta com o barco em repouso

Solicitei que descrevessem a trajetória da bola solta do alto do mastro do navio e que fizessem considerações sobre o movimento. As considerações são similares. Os alunos admitiram movimento de queda livre à bola. Um deles define movimento e queda livre<sup>29</sup>:

“Movimento é quando algo parte do repouso e começa a se mudar de posição no espaço. Queda livre é quando um objeto segue uma trajetória segundo forças simples sobre o objeto, exemplo gravidade”.

Um aluno explica a atração gravitacional:

“[...] pense no centro da Terra como se fosse um ímã, esse ímã do centro da Terra pode atrair qualquer coisa humanos, objetos, matérias. Só há uma força que sobrepõe sobre a gravidade ela é o peso somado a um impulso [...]. Outro [...] se o objeto estivesse em condições ideais, ele desenvolveria a mesma velocidade e aceleração de um objeto de massa/volume diferentes.

<sup>29</sup> Os escritos não são identificados porque deixei-os livres para colocar o nome. Assim, os comentários escritos seguem sem autoria.

Se o barco estivesse em movimento e a resistência do ar fosse nula, a esfera cairia ainda assim no mesmo lugar, devido à inércia.”

Sobre a trajetória:

“A esfera [...] descreve, portanto, uma trajetória retilínea para ambos os observadores (dentro e fora do barco). Se o barco estivesse em movimento no instante em que a esfera é solta observaríamos algumas diferenças”

“O barco está em repouso para o observador que jogou a bola e está dentro dele, mas para um observador que está em movimento o barco não está em repouso”.

“Para descrição do que vai acontecer com a bola precisaremos levar algumas coisas em consideração. Uma pessoa está segurando uma bola em cima do mastro, o barco está em repouso e existem dois observadores. Quando o observador em cima do mastro solta a bola ele possivelmente observará ela diminuindo sem sair de posição, caso esteja exatamente na linha de queda, mas para o observador que está na ponta do barco a bola apenas estará caindo mudando de posição mas mantendo a forma. Existe diferença na movimentação do objeto de acordo com as observações, mas o movimento que descreva a queda não, pois a bola cai devido ao efeito gravitacional do local. Então provavelmente a bola cairá próximo a mesma posição horizontal, pois ela tende a descer de acordo com o sentido da gravidade, que pode ser vista radialmente e com pouco atrito com o ar no momento da queda pode desviar sua posição em relação a horizontal”.

“Caso fossemos pensar na trajetória pelo ponto de vista dos observadores, o homem no mastro veria a esfera afastar-se e a criança veria um movimento vertical para baixo, tal como nós em nossa posição”.

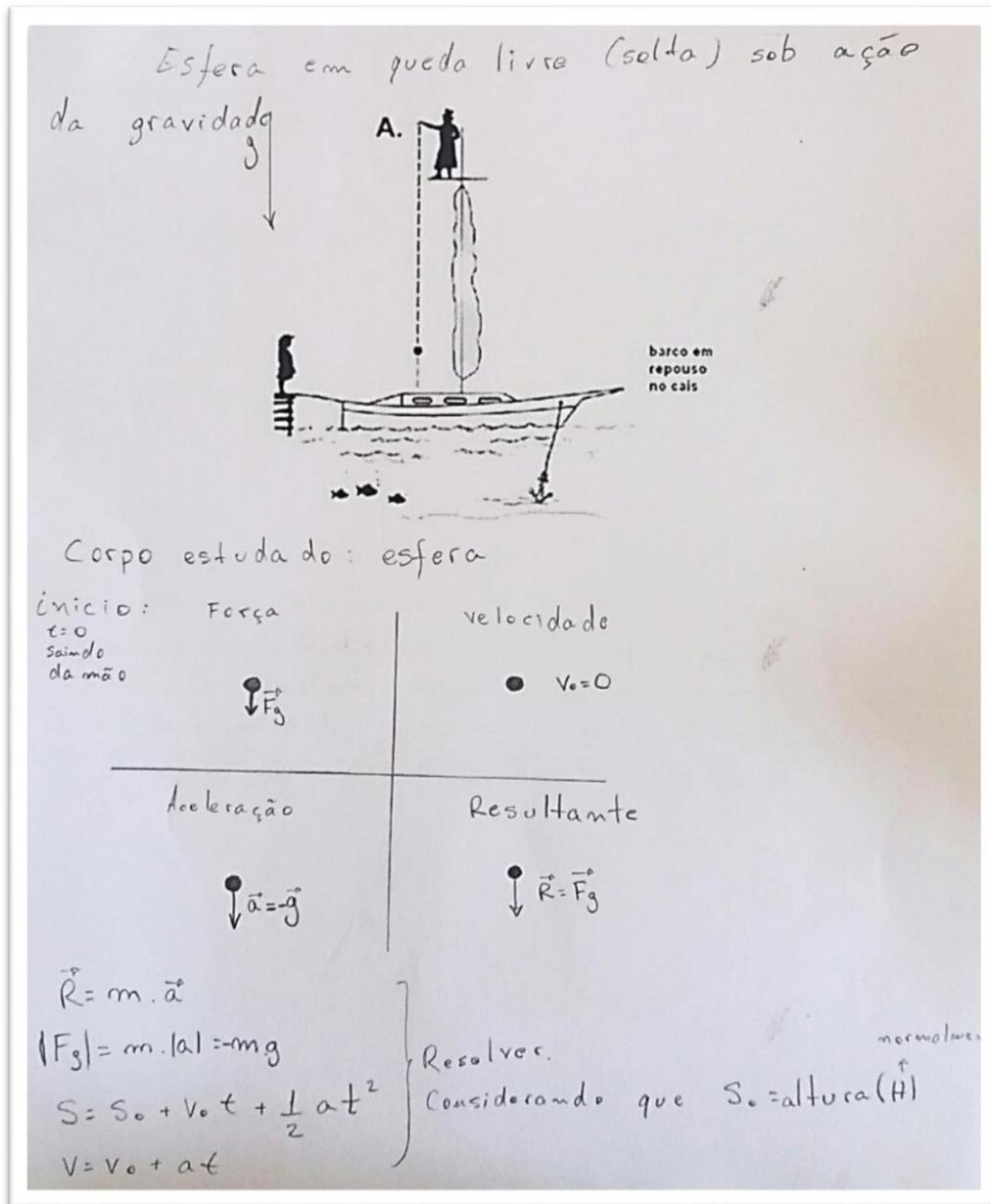


Figura 5 – Aluno descreve o vetor velocidade, admite velocidade inicial nula, cita a gravidade como causadora desse efeito de queda acelerada. Adota  $v_0 = 0$  e  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

“Levando em consideração que o referencial adotado seja a Terra, que há uma pessoa (observador) parado em relação ao barco, que por sua vez esteja com uma velocidade diferente do observador [...]. Para a pessoa que soltou o objeto, sua trajetória será vista de forma vertical. Para um observador que esteja parado em relação ao barco, o objeto será visto caindo como em “lançamento de projétil”.

Notamos problemas quanto às definições de movimento, repouso e trajetória. Os estudantes adotam referencial de movimento, mas demonstram incertezas e contradições quanto aos estados de movimento em relação ao observador. A trajetória depende da relação entre observador e objeto, então não há como afirmar que haja uma trajetória definida, pois ela é relativa ao observador. A seguir, apresentamos as falas da descrição em grupo feita:

Na discussão em grupo, inicialmente as observações são convictas, considerando condições ideais de movimento. Como a primeira resposta:

**Aluno 1:** “Bom, considerando que esteja com um referencial adotado como a Terra, a aceleração da gravidade valendo  $10\text{m/s}^2$ , a cada segundo que cair ela vai aumentar a sua velocidade de dez em dez. Para um observador que esteja fora desse barco, ou mesmo que esteja com ele e ele estando parado em relação a um outro referencial, por exemplo que esteja na Lua, esse negócio vai cair... é [...] verticalmente [movimento com a mão vertical de cima para baixo]... Certo? São estas as considerações que eu faço por enquanto.”

A partir desse momento, os outros alunos começam a questionar os fatores externos que podem influenciar no movimento e na descrição do movimento:

**Aluno 3:** “E depende da massa da bola, né? Ela pode ser pesada... Pode ter muita massa como uma bola de chumbo, mas pouca massa como uma bola de espuma...”

**Aluno 3:** “Oh, mas se tem ondas ali é porque tem vento...”

**Aluno 5:** “Tem vento...”

**Aluno 3:** “Se tem vento, muda muita coisa...”

Os principais fatores colocados na discussão são os fatores externos e de referencial de movimento, ainda que de forma indireta, quando são questionadas as condições em que se encontra o observador.

Observa-se dificuldade em estabelecer as diferenças entre referencial e observador. As falas não são claras:

**Aluna 2:** “Depende se ele só soltou, se ele jogou...”

**Aluno 3:** “Depende da massa da bola...”

**Aluno 1:** “Não só da massa, mas também depende do formato...também. Se a gente pega, por exemplo, uma folha e amassar ela, ela vai cair para fora...”

**Aluno 3:** “Ah não... Sim, sim.”

**Aluno 1:** “A gente pode pensar também que, por exemplo, isso faz parte de um sistema que ele esteja na Terra. Para o observador na Lua, esse negócio está rodando também, ou, quer dizer, ao passo que ela está caindo... Para o observador que esteja na Lua pode ser ele esteja no mesmo movimento que a Terra esteja fazendo... Aquela bolinha.”

Questiono como seria a trajetória para um observador na lua.

**Aluno 1:** “Se a bolinha estiver lá...ela cairia assim da mesma forma [movimento com a mão verticalmente de cima para baixo] só que ele veria ela caindo assim [movimento de gangorra, inclinado]”

**Professora:** “Em linha reta?”

**Aluno 1:** “Isso, como se você soltasse alguma coisa de um avião em movimento, por exemplo... [faz o movimento inclinado reto]”

**Aluno 4:** “O barco pode inclinar assim [movimento]. Por causa da maré talvez... Ficar deitado.”

**Aluna 2:** “Mas o que a gente pode pensar também é... Do ponto de vista do observador que é a criança e do observador que é o... Que é o cartola. A criança verá uma trajetória vertical... E ele na verdade é por distanciamento, porque ele está vendo do outro ponto de vista. Aí podia falar que o tamanho da bola pode parecer que está diminuindo em relação a ele. Que a distância

está aumentando. Dá para criar várias hipóteses na verdade, porque o desenho é ambíguo.”

Ao discutir sobre as trajetórias, para ambos os observadores, estando em repouso ou em movimento em relação ao barco, os alunos demonstram movimentos em linha reta, inclinada no caso de movimento. Questionam a massa da bola e os efeitos do atrito com o ar.

A segunda ilustração apresenta o mesmo navio com indícios de movimento, mas sem descrição alguma.

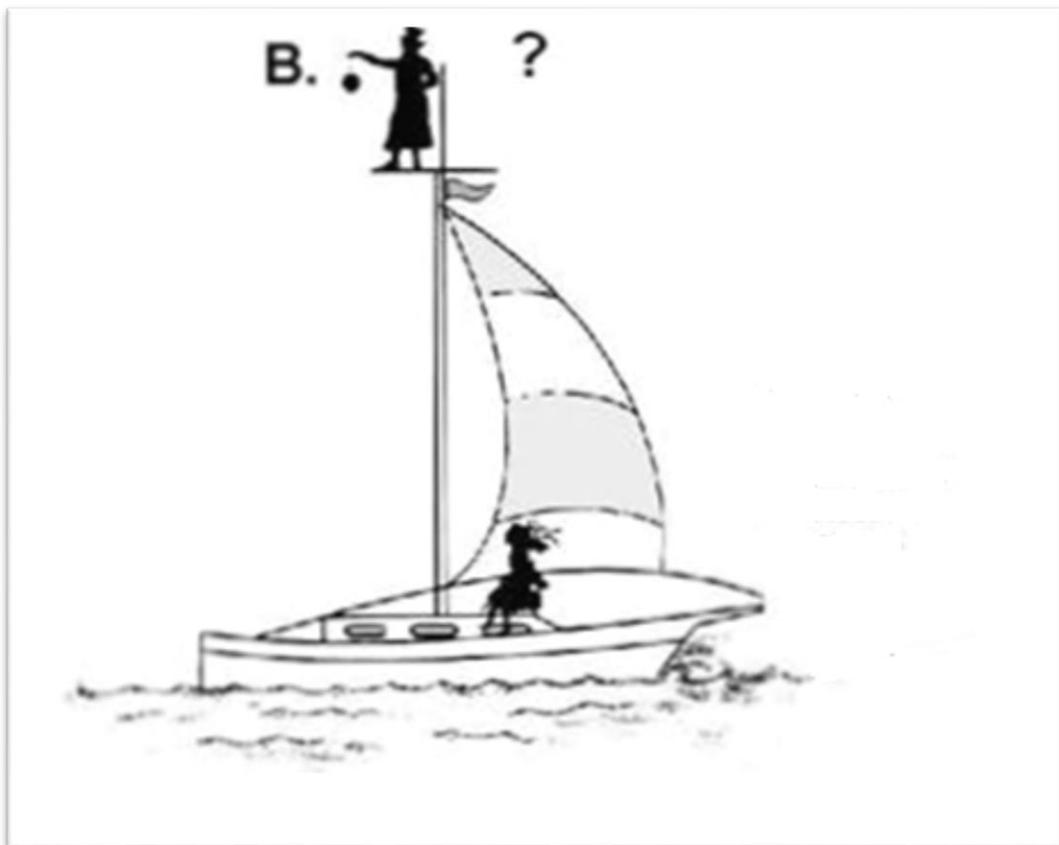


Figura 6 – Esfera solta com o barco em movimento

Nas descrições escritas, alguns estudantes admitem movimento misto de vertical e horizontal:

“A esfera entra em queda livre no sentido negativo do eixo y (tomando como positivo a direção pra cima) sob a ação da gravidade no instante em que é solta e no sentido positivo do eixo x (direita) com a velocidade em que o barco se move no instante  $t=0$ ”

“No desenho, agora não há a observação do repouso e a vela se encontra aberta, o que nos dá elementos para concluir que o barco está em movimento (no caso imagino que para a direita). Nesse caso imagino o lançamento na horizontal, o mesmo que de um avião lançando um projétil. Assim, a trajetória é parabólica”.

“Neste caso o barco está em movimento. Vamos supor que tal movimento é para a direita. Se os passageiros e a esfera estiverem em repouso em relação ao barco, conseqüentemente possuirão a mesma velocidade para a direita. Dessa maneira, quando a esfera é solta ela já possui uma velocidade inicial horizontal para a direita e passa a ganhar velocidade vertical, realizando uma trajetória parabólica. Vale ressaltar que em um caso ideal a velocidade horizontal é constante. Outro ponto a se destacar é que o tempo de queda só depende da altura inicial e não depende da massa”.

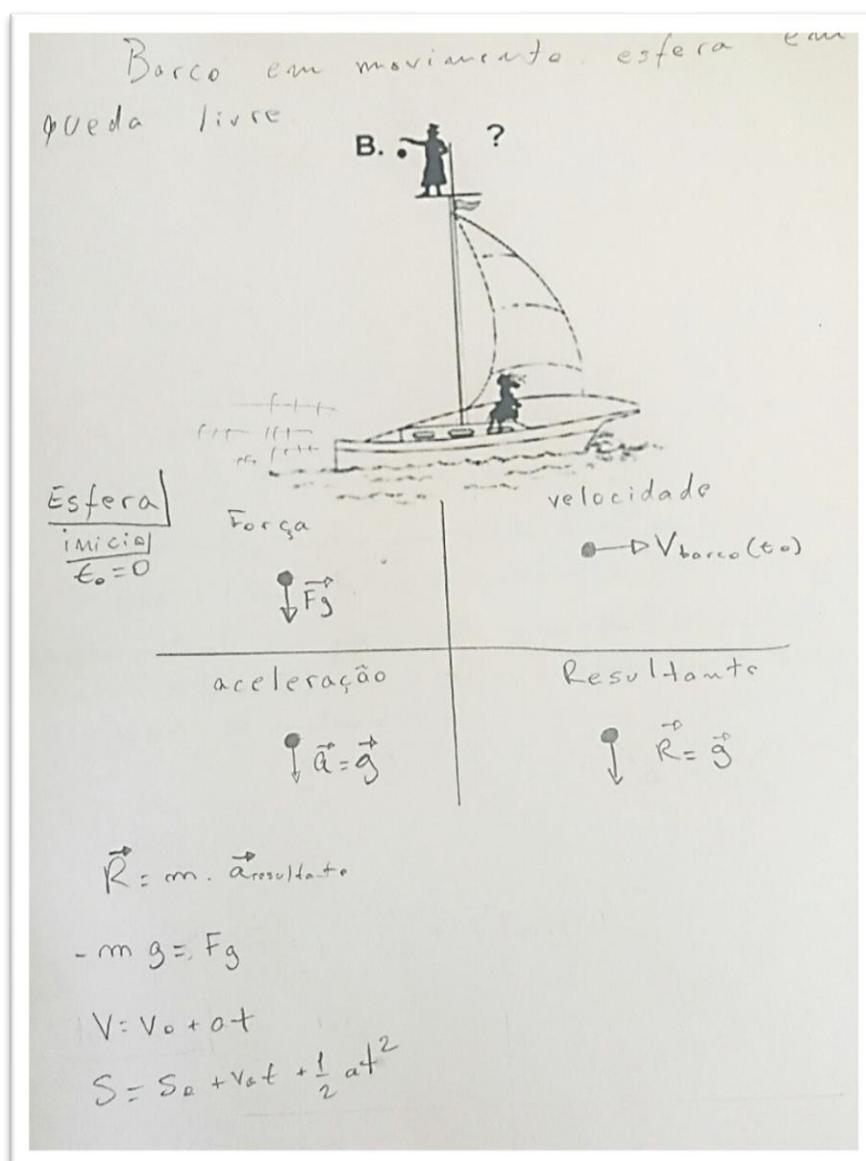


Figura 7 – Descrição considerando situações ideais

“Considerando velocidade constante, aceleração nula, que a bola seja de aço e aceleração da gravidade  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Para os dois observadores dentro do barco o movimento da bola é apenas no eixo y. Para um observador fora do barco o movimento da bola é parabólico, acontece no eixo x e y. Obs: o movimento só é parabólico para gravidade constante e para certas distâncias (10 metros). A grandes distâncias  $> 1\text{km}$  e aceleração da gravidade realística (podendo variar de local para local) o movimento é elíptico”.

“Desconsiderando o atrito do ar. O comportamento B é idêntico ao do A pois o observador está no mesmo referencial. Ele vai ver a esfera caindo em linha reta paralela ao eixo y”

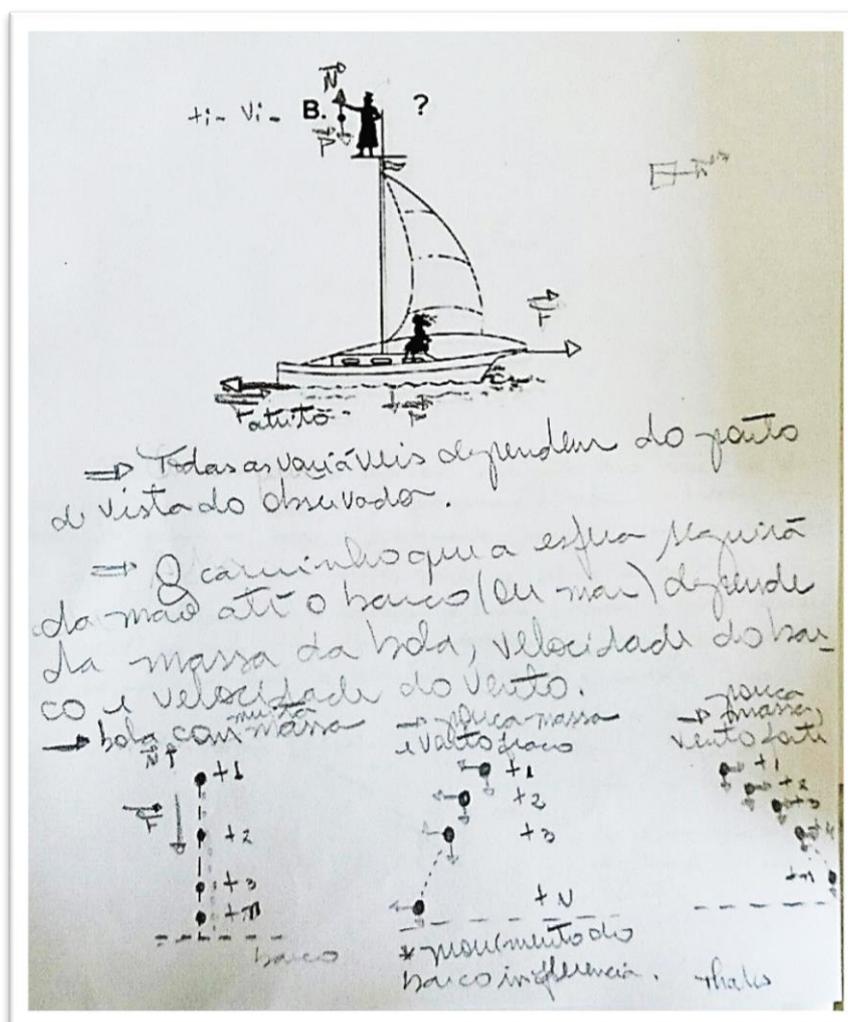


Figura 8 – Descrição sobre a trajetória da esfera

“Para um observador que esteja fora do barco, parado em relação ao mesmo, porém com velocidade do barco sendo diferente da velocidade do observador, verá o objeto caindo em linha reta verticalmente, considerando a Terra como referencial e que  $g=10\text{m/s}^2$ . Desprezando a resistência do ar”.

“Neste caso, o barco está em movimento. As trajetórias vistas pelos observadores serão as mesmas, caso a velocidade da embarcação seja constante. Novamente, há necessidade de uma aceleração muito grande

para que a trajetória descrita pelo objeto se altere causando um afastamento do mastro em relação à distância inicial, mesmo que mínimo. Na verdade, esse afastamento acaba acontecendo em qualquer queda livre, por conta da rotação do nosso planeta, porém é praticamente imperceptível para nós, que estamos dentro do mesmo sistema”.

“Para saber o que vai acontecer na queda precisaríamos saber em qual contexto a situação se encontra, onde o barco pode estar em movimento ou não influenciando na posição em relação a um referencial, pois a bola pode se mover de forma horizontal ou não; se estiver ventando a posição de queda também ficará relativa, entre outras coisas que podem influenciar como o meio no qual se está envolvido a pressão, temperatura, tipo de gás, logo sem uma análise anterior não saberemos ou como vai ocorrer na trajetória e seu fim”.

“Nesse caso vemos o mesmo movimento do objeto em queda livre mas não apenas com forças simples e ação da bola, pois conforme vemos na figura temos a ação do vento o que ocorre um desvio de trajetória, e isso interfere no ponto de referência”.

“Supondo que o barco esteja em movimento, e que a resistência do ar seja nula, a esfera continuará a cair sobre o barco, devido à inércia, supondo que “a” seja constante”.

Admitindo o movimento para o barco, as considerações são convictas. Os estudantes adotam condições ideais de movimento e consideram o observador dentro do barco. Novamente, notamos incoerências ao definir a trajetória para movimentos compartilhados pelo observador. Ora os alunos alertam para a dependência do referencial na descrição do movimento, ora pressupõem a visão a partir da qual explicam, mas não expõem nas falas.

Outros dois estudantes questionam a posição que a bola vai atingir:

“Nesta ilustração podemos tratar de um movimento em queda livre na vertical, porém o barco está se movendo. Além de tratar de conceitos de

queda livre, podemos refletir sobre onde a bolinha iria cair dentro do barco, ou se ela não cairia dentro do barco”.

“Em relação ao desenho anterior ao invés da esfera atingir o barco que se encontra em repouso, ela irá atingir o mar e conseqüentemente afundar cada vez mais.”

Nas discussões em grupo:

**Aluno 6:** “Entende que o barco está em movimento.”

**Aluno 1:** “Para um observador que esteja fora do barco ele vai ver essa bolinha não caindo assim verticalmente [movimento vertical de cima para baixo], mas é... [faz o movimento gangorra] inclinado... numa forma inclinada.”

**Aluna 2:** “Além do movimento...”

**Aluno 6:** “Foi falado pra explica né, ai você leva em consideração que -- você vai ter que considerar o vento, né... Porque está explícito que tem vento ai né... Por exemplo...”

Peço que considerem o mesmo vento para a situação anterior e a atual.

**Aluno 1:** “É, o vento, entre aspas não vai interferir nesse movimento vertical [movimento de queda inclinada como a linha da hipotenusa de um triângulo reto]. Digamos assim, vamos pensar como causa natural, se eu tiver o vento ou se eu não tiver o vento, ela vai fazer isso [movimento inclinado] em relação ao observador que esteja fora dela... Ela estando em movimento. Só que isso depende também se a velocidade está constante, talvez pela lei da inércia. E você tem que ter um -- uma velocidade constante. Se a gente tiver uma força agindo pode ser que isso mude... Essa trajetória.”

**Aluna 2:** “E mais uma vez, dependendo do material que é feita a esfera ela pode - o vento pode causar o deslocamento dela... Na trajetória mesmo.”

**Aluna 7:** “A velocidade só seria constante se tivesse um movimento vertical também, né... Aí você puxa pelo movimento vertical, né. Nesse caso aí, caracterizando mais ou menos também como um lançamento na horizontal, né. Então teria velocidade constante para lá...”

**Aluno 6:** “É, seria mais ou menos (como lançamento de projeto, que o vento vai participar)...”

**Aluna 7:** “... e a... uma dupla gravidade.”

Para possibilitar a discussão a partir de condições ideais, peço que descrevam a trajetória desconsiderando o vento.

**Aluna 2:** “Volta pro caso anterior, é só uma queda.”

**Aluno 1:** “Em relação...”

**Aluno 4:** “Pode ser que ele... Que isso daí seja uma nave espacial e eles estejam pousando em um planeta feito de gás [risos]. Só que a densidade desse gás [risos de todos os alunos] -- parece que é água que tem nesse desenho, mas é um gás que é mais leve que o próprio ar, então ele vai cair dentro do planeta junto com a bola... E a bola não vai mexer...”

**Aluna 2:** “Na verdade, é pra ser considerado. Estamos considerando a Terra? É nossa atmosfera?”

Volto a questionar sobre a trajetória desconsiderando os efeitos do vento.

**Aluno 6:** “... (se desprezar o atrito).. Ambos os observadores vai ver a esferinha caindo em linha reta.”

**Aluna 2:** “A trajetória pode...”

**Aluno 1:** “... para o que esteja fora ela vai cair dessa forma [movimento de queda inclinada], conforme a pessoa que esteja junto, ela vai acompanhar [movimento vertical de cima para baixo]”

**Professora:** “Dessa forma que você diz, é que forma?”

**Aluno 1:** “O movimento assim? Digamos assim oh...”

**Professora:** “É, se você fosse desenhar ali uma linha tracejada...”

**Aluna 2:** “Vertical...? Diagonal...?”

**Aluno 1:** “Vertical...? Diagonal [movimento] assim, né?”

**Professora:** “Diagonal reta?”

**Aluna 7:** “Eu imagino assim...”

**Aluna 7:** “Eu imagino a trajetória parabólica mesmo, igual como um lançamento horizontal.”

**Aluna 2:** “Considerando o vento né...”

**Aluna 7:** “Eu já imagino uma trajetória como parabólica, um lançamento horizontal.”

**Aluna 2:** “É, porque na verdade os observadores dali estão dentro, se for considerar um observador...”

**Aluna 2:** “Depende do ponto de vista...”

**Aluno 1:** “É, eu falo que é entre aspas, porque na verdade ao passo que ela vai pra frente, ela também desce. Então você vai ter uma trajetória que faz isso [movimento com queda com curvatura inclinada] porque você tem (interferências dos movimentos) também. Ao passo esse vai para cá, o movimento daqui não interfere no de baixo...”

**Aluna 2:** “Uhun.”

**Aluno 1:** “Então ela vai fazer justamente isso [movimento de queda inclinado com curvatura], é isso que eu quis dizer quando eu fiz a linha reta. Em linha reta assim [movimento de queda reto, como a linha de uma hipotenusa de um triângulo reto] não.”

**Aluno 6:** “É, porque oh, barco ele vai estar -- no momento que ele lançou, ele vai estar com uma velocidade constante pra lá [movimento reto horizontal], vamos supor... Então, quando ele solta a esfera vai continuar com a mesma velocidade pra lá, tanto a esfera quanto o observador, na mesma linha reta. Nós, vamos supor que nós somos outro observador vindo de fora, a gente vai ver a trajetória [movimento de queda inclinado com curvatura].”

**Aluna 2:** “Considere-se também se a gente que está de fora está parado ou se está acompanhando o barco.”

**Aluno 1:** “Então por ele também... Ali a gente está vendo que ele soltou. Vamos supor que o barco esteja... Sei lá... Assim...  $10\text{m/s}^2$  pra lá [movimento reto horizontal para esquerda]. Se ele jogar a  $10\text{m/s}^2$  pra lá [movimento reto horizontal para direita], essa bolinha vai cair [movimento vertical de cima para baixo], entende? Ela não vai fazer aquela trajetória... Então, porque entre aspas as duas vão se anular, ela vai cair pra baixo, entende? Então, em relação a um observador que esteja fora do barco, se a gente... Se soltar ela do jeito que está aí, o observador que esteja fora do barco vai ver a trajetória dela assim [movimento inclinado com curvatura]. Agora imaginamos que ela vai a... Sei lá,  $30\text{ m/s}$  pra lá [movimento reto horizontal para esquerda]. Se ele jogar  $30\text{ m/s}^2$  pra lá [movimento reto horizontal para direita], o observador que esteja fora dela vai ver caindo assim [movimento vertical de cima para baixo]. Assim, a pessoa que tá dentro do barco, na minha concepção, vai fazer com que essa bolinha caia para fora do barco e não juntamente a ele. Será que eu expliquei claro isso aí?”

**Aluno 1:** “Ficou claro o que eu falei, ou não?”

**Aluna 7:**... seria a queda livre?”

**Aluna 2:** “Sim, eu acho que assim... Depende bastante do referencial. Você está falando do observador externo? O observador externo está fixo ou o observador externo está acompanhando o barco?”

**Aluno:** “Fixo.”

**Aluno 1:** “Não, vamos pensar assim o observador...”

**Aluna 2:** “Depende... Se ele está fixo ele vai ver a trajetória parabólica, se ele está acompanhando o barco ele vai ver à trajetória em linha reta.”

**Aluno 1:** “Não é (que oh vamos), o que eu imaginei, assim, por exemplo... O cara está fixo aqui, do jeito que está aí, se (você) -- se ele soltar a bolinha, essa bolinha vai fazer assim [movimento de queda inclinada com curvatura] pra ele...”

**Aluna 2:** “Vai fazer ele (parar)”

**Aluno 1:** “Agora vamos supor... O barco está indo a  $30 \text{ m/s}^2$  pra lá [movimento horizontal para esquerda], se aquele cara joga  $30 \text{ m/s}^2$  pra cá [movimento reto horizontal para frente]”

**Aluno 3:** “Ai, não consigo...”

**Aluno 1:** “... aquela bolinha também -- ou o observador vai ver ela caindo assim [movimento vertical de cima para baixo] e a pessoa que está no barco também vai ver ela caindo assim [movimento vertical] só que ela não vai cair dentro do barco. O barco vai andar e ela vai continuar caindo... E vai cair dentro da água.”

**Aluna 2:** “A intuição que a gente tem de (observação)... Não é que ele vai jogar, é que ele simplesmente vai [movimento abrindo a mão como se algo fosse lançado]”

Retomo a intenção da ilustração sem descrições para que pudessem discutir a respeito de diferentes possibilidades.

Ao discutir o exemplo, os estudantes falam sobre os fatores externos. Podemos notar que as descrições escritas partem de condições ideais e quando falam se remetem aos fatores que interfeririam no que foi considerado na escrita.

A terceira ilustração traz a descrição de movimento do navio retilíneo com velocidade constante. Os alunos consideram essa situação já para a ilustração anterior, sendo assim não acrescentam considerações.

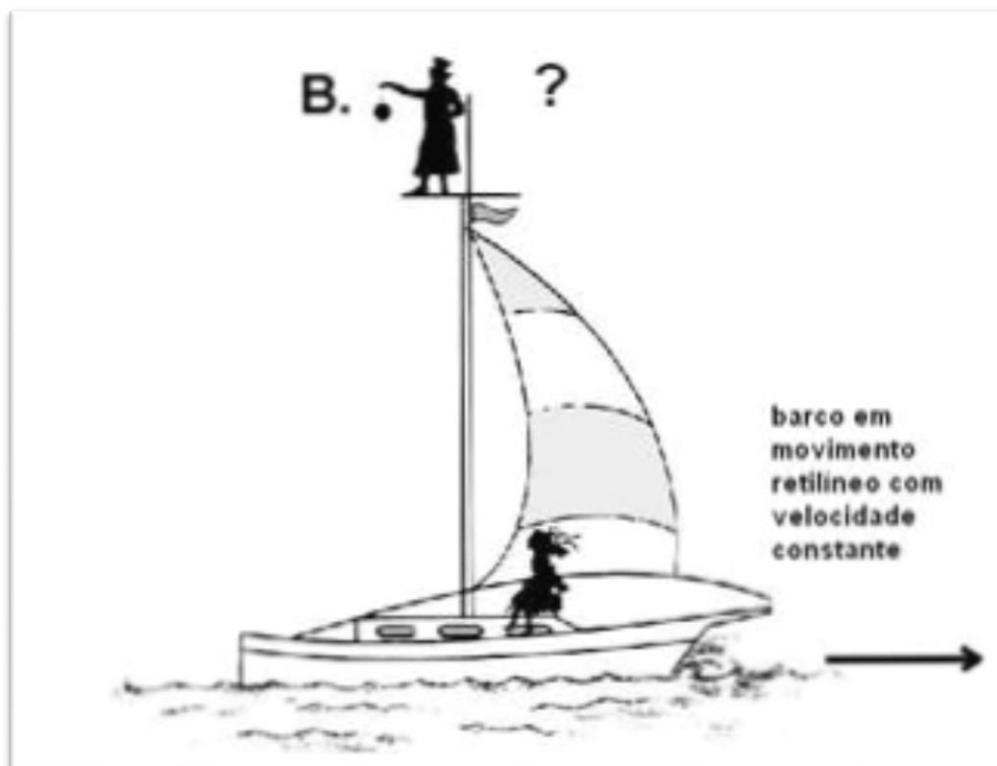


Figura 9 – Esfera solta com o barco em MRU

Nas descrições escritas:

“Com velocidade constante a trajetória do objeto seria vertical para baixo, pois todo o sistema barco, mastro, homem e esfera estão em velocidade constante. Essa impressão é facilmente percebida por nós por exemplo um voo ou em uma montanha russa. Nosso corpo “sente” apenas a alteração na “aceleração. Algo que também pode alterar a trajetória seria um vento suficientemente forte para “empurrar” a esfera”.

“A esfera irá cair sobre o barco, em linha reta, se desprezada a ação da resistência do vento”.

“Com essa nova informação saberemos que a bola não mudará sua posição horizontal no barco (possivelmente) mas em relação ao oceano sim, assim poderemos observar a inércia nos corpos, a capacidade do objeto manter a posição dependendo do referencial”.

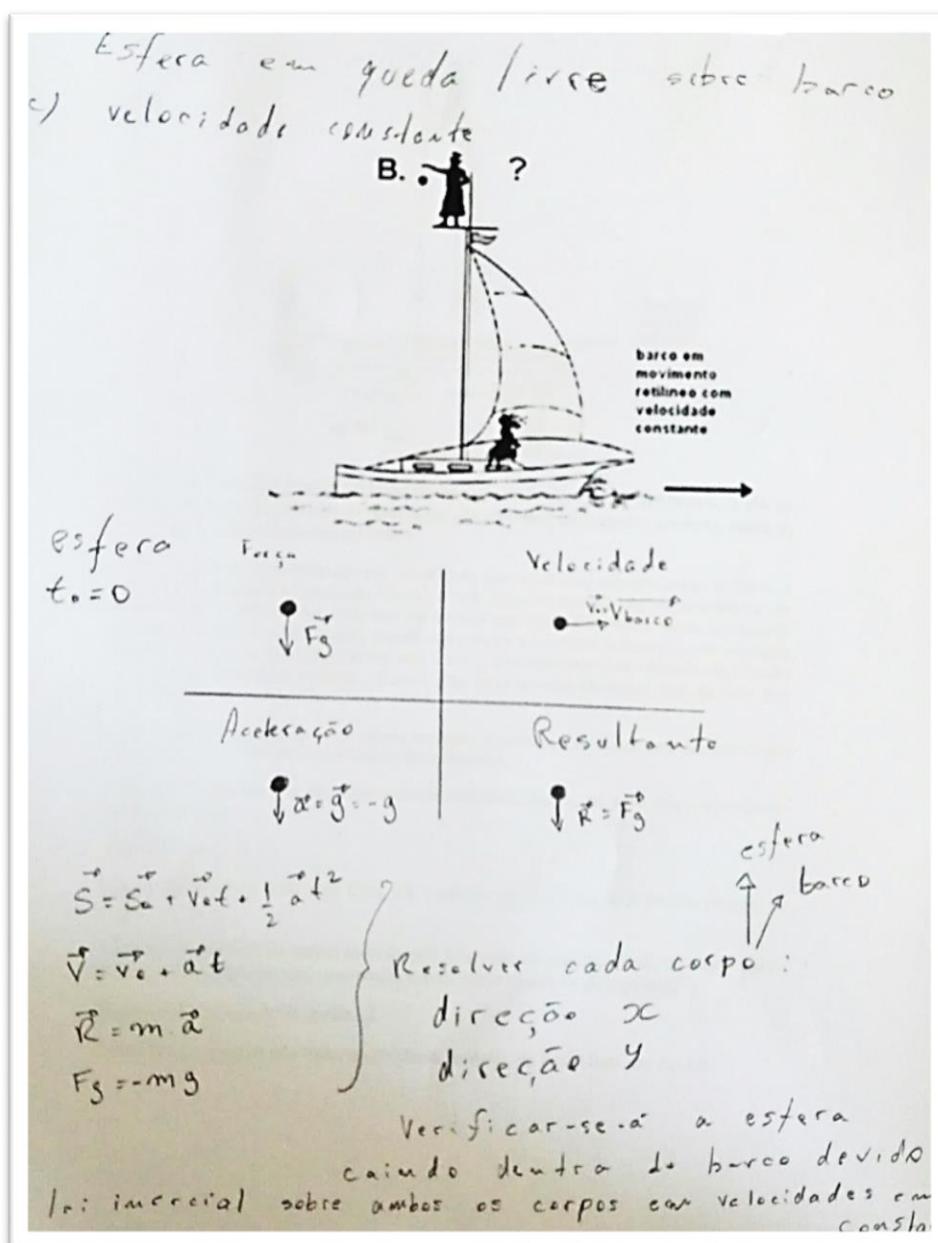


Figura 10 – Descrição do movimento da esfera a partir de diagrama de corpo livre

“Observação do destino da esfera já foi feita no desenho anterior, o fato de sua velocidade ser constante não altera em nada.”

Nas discussões em grupo:

**Aluno 6:** “É, eu acho que vai voltar no que comentou anteriormente...”

**Aluna 2:** “É, a mesma situação que a anterior.”

**Aluno 3:** “É, a mesma que a gente...”

**Aluna 7:** “Porque a gente considerou a velocidade também na anterior.”

**Professora:** “Como constante?”

**Aluno 5:** “Como constante.”

As condições em que acontecem as discussões mostram certo desconforto dos alunos em relação às minhas propostas de discussão e receio em relação ao que farei com as gravações:

**Aluno 3:** “Ela vai falar... Nossa, aqueles... burros lá não sabiam nada... onde já se viu?”

Os estudantes consideram que na ilustração anterior já admitiram velocidade constante para o movimento do barco.

Partindo para a última ilustração, dos tiros de artilharia a leste e a oeste, faço considerações sobre o movimento de rotação da Terra de Oeste para Leste, dois canhões vão disparar balas ao mesmo tempo. Peço que descrevam a trajetória dessas balas com palavras ou então com formas e desenhos.<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup> Na explicação segunda, da ciência, um observador na Terra verá o mesmo alcance para os dois tiros, já que os movimentos terrestres são comuns a ele e aos projéteis. Já um observador fora da Terra observará trajetórias diferentes para os tiros.



Figura 11 – Canhões disparando balas a Leste e a Oeste

Nas descrições escritas:

“Quando um canhão lança seu projétil existe dois vetores velocidade  $V_x$  e  $V_y$  como a gravidade puxa os corpos para baixo o projétil tende a cair mas o vetor  $V_x$  faz com que ande pra frente. Quanto mais energia mais longe o projétil irá até que atire com uma grande energia que o projétil possa orbitar o planeta e acertar o outro canhão”.

“No lançamento do canhão, a trajetória do movimento é parabólica, ou seja trata-se de um lançamento oblíquo. A trajetória parabólica justifica-se pela decomposição do movimento  $MU$  (na vertical) e  $MUV$  (na horizontal). A gravidade justifica a trajetória parabólica”.

“Se desprezarmos inicialmente os efeitos de rotação da Terra podemos imaginar que se lançarmos com velocidade suficiente as balas podem entrar em órbita. Levando em conta a rotação ( $\omega$  p/  $L$ ), os canhões possuem velocidade contrárias. Assim, no canhão da direita essa velocidade ajuda no

lançamento, já na esquerda ela é contrária ao lançamento, sendo necessária uma força maior para o mesmo efeito”.

“Considerando que o efeito gravitacional da Terra seja a de maior influência e única nos objetos contidos nela não teria diferença nos dois tiros, mas considerando o ponto referencial poderemos ter duas análises, o tiro de oeste-leste pode ser mais rápido do que o de leste-oeste tendo o referencial um ponto do Universo fora da Terra, mas aqui dentro o movimento é igual. Levando em consideração também a energia desprendida ou o objeto que pode fazer a bola sair do planeta, mantê-la em órbita ou cair em um certo ponto do planeta”.

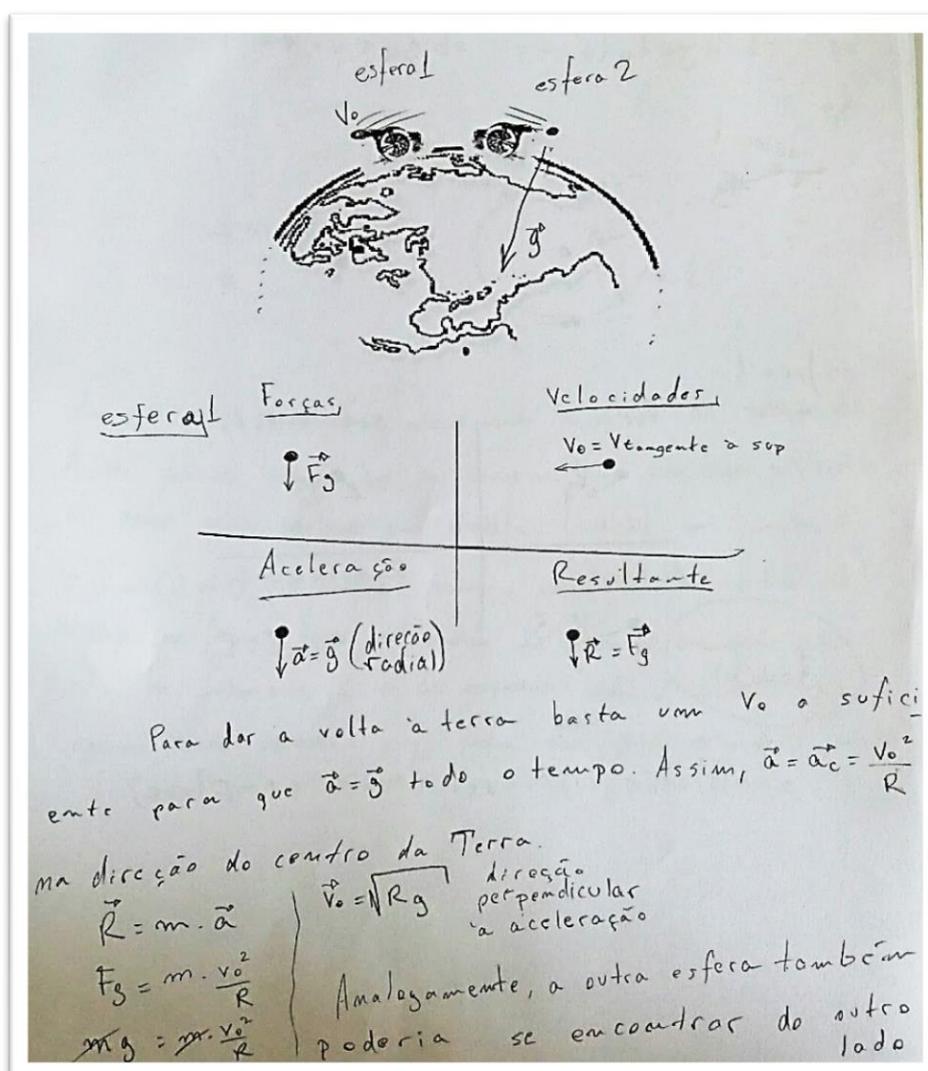


Figura 12 – Descrição considerando situações ideais

“O disparo na direção da rotação da Terra (leste) terá um alcance menor, pois a bola disparada na direção contrária percorrerá uma distância relativamente menor do que o primeiro disparo. O movimento das balas será parabólico (lançamento oblíquo) nos dois casos, assumindo um certo ângulo  $\Theta$  em relação à Terra, com aceleração constante no sentido negativo do eixo  $y$  ( $\approx -9,8 \text{ m/s}^2$ )”.

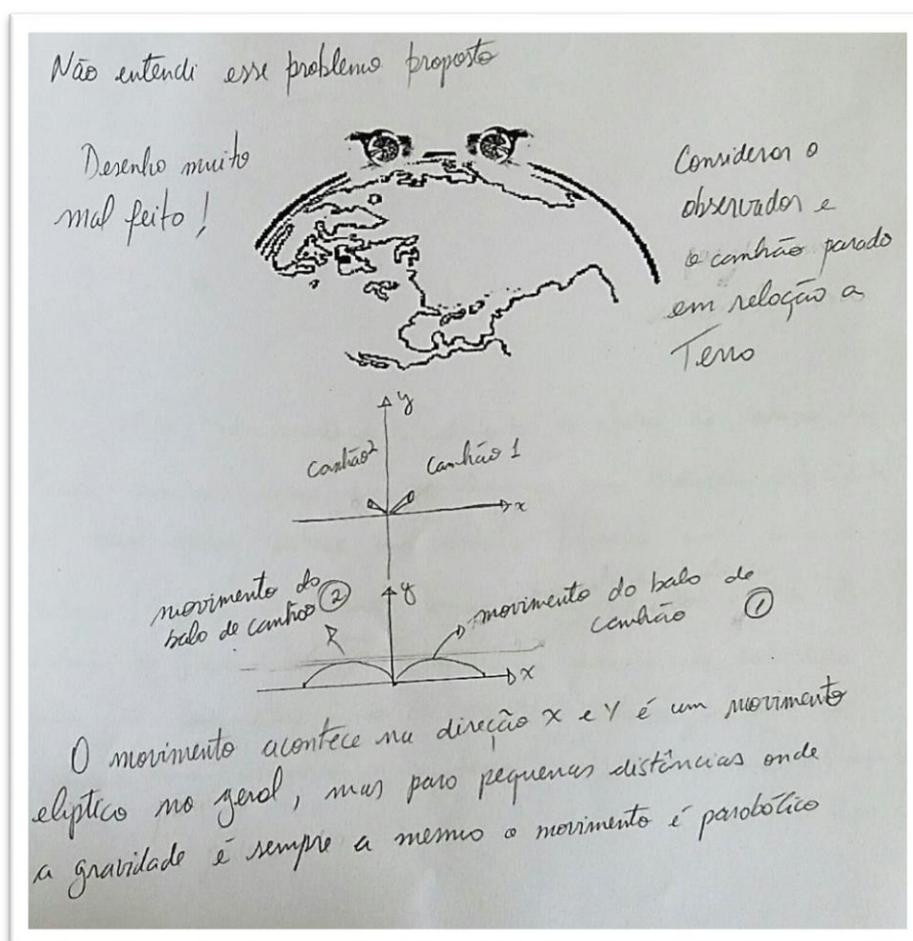


Figura 2 – Descrição a respeito das trajetórias dos projéteis

“Considerando a escala correta para a Terra, assim como que o canhão seja o melhor já criado, quando as bolas forem disparadas, elas serão atraídas pela Terra, levando em consideração a independência dos movimentos. Levando em consideração que a Terra esteja girando no sentido horário, a velocidade da bola de canhão será somada com a velocidade de rotação da

Terra, para uma pessoa que esteja em outro planeta, parado em relação à Terra, com velocidade diferente da mesma. Isso é válido para o tiro a leste”. “Para o disparo a oeste, se a velocidade do disparo for igual à velocidade da Terra, para um observador que esteja em outro planeta, a bola de canhão não “sairá” do lugar, ou seja, não percorrerá nenhuma distância e apenas será atraída pela Terra. Para ambos os casos,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ”.

“Esse é um experimento mental utilizado para demonstrar como funcionam as órbitas. Caso a força utilizada no disparo seja cada vez mais forte, a esfera daria a volta no planeta sem cair no solo, pois no espaço estamos em constante “queda livre”. Tal experimento foi discutido por Galileu. Como já foi atirada uma bola para cada lado, caso estejam à mesma altura, em algum momento acabarão por chocar-se, ou cruzar-se, se não estiverem alinhadas, porém não no lado oposto ao disparo, pois se levamos em consideração o movimento de rotação da Terra (de oeste para leste) fará com que o canhão lançado à leste percorra um caminho maior”.

As considerações escritas estão de acordo com a explicação aceita pela ciência. As descrições presentes na discussão em grupo:

**Aluno 1:** “Para um observador que esteja fora da Terra, vamos supor... se a velocidade da Terra começar a  $50 \text{ m/s}^2$  e ele lançar a qualquer velocidade na mesma direção as velocidades vão se somar. Agora, vamos supor que o canhão de lá [indicando o lado direito] lance na mesma velocidade que a Terra está andando pra cá, é, os dois -- as duas formas... A primeira forma ela vai fazer essa trajetória [movimento inclinado de curvatura] e vai ser atraída pela Terra, se a gente considerar a gravidade agindo. No outro caso, ela vai ser puxada pra Terra também [movimento vertical de cima para baixo], só que ela não vai fazer aquela trajetória [movimento parabólico], ela vai cair direto [movimento vertical]... Pelo o fato de uma velocidade ser igual à outra, que está uma em inverso da outra... Considerei isso quando você descreveu.”

**Professora:** “E a trajetória com que formato?”

**Aluno 1:** “Aquela? Ela vai fazer assim [movimento inclinado com curvatura] e vai cair... Porque assim...”

**Aluno 1:** “... a gente tem que pensar que não está tão fora da Terra, está perto da Terra. Então, é, vai acontecer o que acontece naturalmente. Se eu jogar aqui, ela vai pegar e vai fazer isso [movimento de queda para frente inclinado em curvatura]. O outro lado (que é assim) [movimento horizontal para direita]”

**Aluna 2:** “Se fosse jogada com força suficiente pra dar à volta também ela já entraria em órbita [movimento constante de círculo]”

**Aluno 1:** “É, então teria aquela velocidade escape, né...”

**Aluno:** “Ao mesmo tempo ela vai pegar (no outro lá)... Se for atirada ao mesmo tempo as duas bolas vão se encontrar [movimento circular com os dois pontos se encontrando]”

**Aluna 2:** “Só que se elas forem jogadas com força suficiente pra dar a volta no planeta... uma correria aparentemente mais rápido do que a outra porque seria favorecido pela rotação.”

**Aluno 1:** “Mas se a gente considera a gravidade...”

**Aluna 2:** “Aí, depende da posição que o planeta que está. Se ela estiver no Equador... [faz um gesto de que é indiferente]”

**Aluno 1:** “Então... Pensa assim, se tiver a gravidade vai puxar ela. E se não tiver gravidade? Ela vai saindo infinitamente para o outro lado.”

**Aluna 2:** “Sai pela tangente se não tiver aceleração da gravidade.”

**Aluno 1:** “Mas é.. E qual a gravidade? Vai fazer dar a volta? [movimento circular]”

**Aluna 2:** “Com a gravidade está com o movimento parabólico... Se for lançado com força suficiente ela entra em órbita [movimento circular]”

**Aluno 1:** “Mas essa força suficiente talvez vá fazer com que ela saia, né.”

**Aluno 3:** Eu pensei nisso, nela escapa da...”

**Aluna 2:** “Então, porque na verdade é o que ocorre com as S.S., com satélites, com a Lua e tudo mais... Puxa com um -- a Terra puxa para um lado e ele cai, puxa e cai, puxa e cai [movimento de queda e atração]... Então ele vai entrar em órbita. Que a gravidade, ela acaba trazendo né...”

**Professora:** “Se ambas as balas, elas forem lançadas com a mesma velocidade... Eu poderia então dizer que, dependendo do sentido desse lançamento, uma percorreria um espaço maior do que a outra.”

**Aluna 2:** “Sim.”

**Aluno 5:** “Eu acho que vai ter que considerar o ângulo ali também de lançamento do canhão.”

**Aluno:** “Ah sim, porque...”

**Professora:** “Então... Vamos imaginar condições, é, totalmente iguais de lançamento, mesmo ângulo de inclinação e mesma velocidade inicial.”

**Aluno 1:** “Se a gente pensar em um carro, por exemplo, estou parado em um carro... Se eu der um tiro pra frente, ela vai fazer isto [movimento horizontal reto] e ela vai percorrer uma certa distância. Se estou andando a 100 km/h e tem que percorrer, quer dizer, que essas duas velocidades vão aumentar, então a taxa de variação do tempo em relação à distância... vai fazer com que a distância aumente também.”

**Aluna 2:** “Na verdade isso aí, a gente pode usar até o exemplo do avião. Você pode ver que a quantidade de horas do voo depende da trajetória que o avião faz... Se o avião faz a favor da -- faz contra, a rotação da Terra ele chega mais rápido porque é como se a Terra ajudasse o percurso.”

[colegas de classe concordam e conversam simultaneamente sobre a questão]

**Aluna 2:** “O mesmo caso é com ele, se você der a volta pelo o outro lado é como se o ponto que você fosse chegar fugisse de você. Então você teria que... Você tem um percurso maior pra fazer, no caso que a velocidade não iria alterar.”

**Aluna 7:** “Eu já fiz considerações um pouco mais assim né, mais próximas da realidade. Considerei a Terra como referencial mesmo não imaginei nenhum observador fora dela. Imaginei que o ângulo de lançamento... Que me parece ser um lançamento de projétil... É o mesmo, ou seja, as mesmas variáveis, as mesmas velocidades. A trajetória seria a trajetória parabólica mesmo com a independência dos movimentos... Gravidade que faz com que o projeto retorne para a... simetria da parábola e no caso a velocidade constante, que é a velocidade com que o projeto saiu...”

**Aluno 3:** “Eu também acho que é só um lançamento oblíquo, duas parábolas uma pra cada lado, acho que rotação da Terra é tão desprezível que nem... Eu acho que são só dois lançamentos simples de projétil.”

**Aluno 4:** “A rotação da Terra vai ser desprezível se fosse Norte e Sul. Agora se for, Norte e Sul teria força...”

**Aluno 3:** “Mas tanto assim a ponto de dar uma discrepância?”

**Aluno 4:** “Tanto assim...”

**Aluno 6:** “Se chegar assim as duas a darem uma volta, tipo assim não vai encontrar certinho assim...” [movimento circular com os pontos se encontrando]

**Aluna 2:** “Não.”

**Aluno 3:** “Uma vai chegar antes no outro ponto do outro lado da Terra.”

**Professora:** “Então pelo o que você disse, é, as duas trajetórias elas seriam iguais?”

**Aluno 6:** “Não”

**Aluno 1:** “Trajetória sim.”

**Aluno 3:** “É...”

**Professora:** “Eu digo assim, se você fosse desenhar, se você fosse traçar aqui o que a bala vai fazer o movimento que ela vai fazer...”

**Aluno 6:** “É, você pode já...”

**Professora:** “Você faria duas trajetórias iguais?”

**Aluna 2:** “Sim...”

**Aluno 3:** “Pelo o que eles disseram...”

**Aluna 7:** “Eu faria...”

**Aluno 3:** “A velocidade que vai mudar só, né... Não a trajetória...”

**Aluno 1:** “Então, mas depende, se você, por exemplo, vamos supor que a Terra esteja pra cá [movimento de curvatura para esquerda], se a gente soltar aquele canhão com a mesma velocidade [indicando o lado direito], a trajetória não vai ser igual, ela vai cair.”

**Aluno 1:** “É, que nem o carro, imagina um carro andando (a) 100 km/h [indica a direção esquerda], se eu atirar para lá à 100 km/h pra lá [indica a direção direita], a bola cai.”

**Professora:** “Sim, mas e se for uma velocidade diferente de rotação da Terra...”

**Aluno 1:** “Então, vai alterar a distância, porque se a gente pensar – penso eu... Para lá [movimento de curvatura para esquerda], vamos pensar se a Terra estiver rodando para cá a velocidade do disparo vai se somar com a velocidade com que a Terra está indo. Nesse caso, a velocidade nós vamos ter... Digamos assim... Uma subtração de uma com a outra, em relação à velocidade que foi lançada em função da Terra que está rodando de um lugar pelo contrário. Então acho que vai ser diferente.”

**Aluna 2:** “Os canhões estão no Polo Norte? A posição que eles estiverem no planeta também pode influenciar...”

**Professora:** “Ah então, mas, é, que esse desenho foi uma -- eu que fiz totalmente sem intenção assim, só como ilustração mesmo.”

**Professora:** “Se a gente disser então que são dois lançamentos oblíquos... O que eu quero que vocês esclareçam é... O alcance horizontal vai ser diferente?”

**Aluna 7:** “Se a velocidade (e o ângulo for) eu acho que sim. Se a velocidade e o ângulo forem o mesmo...”

**Professora:** “Mesma velocidade de lançamento, mesmo ângulo de inclinação...”

**Aluno 1:** “E se a gente pensa que a Terra está parada? Aí fica mais fácil... Aí sim [movimento circular onde os dois pontos se encontram]... Se a Terra está parada... (sem rotação tal)”

**Aluno 3:** “É.”

**Aluna 7:** “Por isso que eu considere...Aí nesse caso eu tenho a Terra como um referencial né, eu não imaginei variáveis que...”

**Aluno 11:** “Então, até onde eu sei independentemente da Terra estar girando ou não às trajetórias, independentemente do ângulo também, a trajetória é diferente, mas o deslocamento sempre vai ser o mesmo.”

**Aluna 2:** “A trajetória vai diferir porque a Terra está girando e está cada um em um sentido. Ela tá meio que no oposto uma da outra.”

**Aluno 11:** “Então, a Terra girando ou não, a trajetória você vê a mudança porque você vê a Terra como um referencial... Agora quando eu vou fazer a parte do deslocamento a Terra, por mais que a bala, você não veja diferença perceptível na trajetória ela ainda está em deslocamento, ela não está parada.”

Ao fazer as considerações em grupo, notamos que os estudantes abandonam a ideia de movimento compartilhado e passam a discutir a trajetória sem definir inicialmente em relação a que referencial se referem para fazer as afirmações.

Os estudantes demonstram aqui, a sua representação sobre o conceito de movimento operativo. Segundo Husserl (1995), nossa representação de mundo tem

experiência a partir dele. Nela, a Terra é suporte de todos os corpos. Em contrapartida, a ideia de repouso e movimento requer uma concepção de Terra como corpo, sendo os estados de movimento relativos a ela.

Abandonar o movimento compartilhado significa considerar apenas os movimentos efetivos, nos quais observa-se mudança de posição. Husserl (1995) afirma, em sua objeção ao pensamento copernicano, que a relatividade de movimento retira a condição de solo absoluto da Terra, impossibilitando a comprovação intuitiva presente na percepção dos fenômenos dos corpos que se situam na Terra.

#### 4.3.3 Discussão dos argumentos aristotélicos presentes no Diálogo

Início a terceira aula apresentando brevemente o projeto de pesquisa de doutorado e os objetivos da minha intervenção nas aulas de filosofia da ciência. Não haveria como evitar este momento porque eu precisava dar sentido ao que discutiria com eles. Enfatizei que minha intenção não era a de causar mudança no entendimento de ciência ou da epistemologia deles, mas de trazer tais discussões para elucidar este entendimento e o papel de sua formação no processo de desenvolvimento do conhecimento científico.

Faço uma apresentação das obras principais de Galileu que apresentarão suas críticas ao conhecimento científico praticado em sua época, relacionando as influências que basearam as discussões apresentadas nas obras, como a aristotélica, de Arquimedes e de Pitágoras. Falo do início das discussões a respeito da separação dos mundos sub e supra lunares, que está presente em *O Mensageiro das Estrelas*, e, posteriormente, das críticas mais fundamentadas trazidas pelo *Diálogo*, e, por fim, das *Duas Novas Ciências*, que traz argumentos fundamentados em cálculos e teorias numéricas sobre uma mecânica discutida por ele e que vem a fortalecer-se na ciência a partir de Isaac Newton.

Como o objetivo das discussões é refletir sobre os exemplos de movimentos terrestres utilizados na defesa do geocentrismo, justifico a utilização de trechos do *Diálogo* como fundamentais para embasar o conteúdo histórico, filosófico e historiográfico de que trataremos nas próximas aulas. Apresento as jornadas e justifico a utilização de basicamente falas presentes na segunda jornada.

Apresento o sistema geocêntrico defendido por Aristóteles a separação dos mundos sub e supralunar, justificando as explicações de movimento dadas por ele e previstas de forma diferente aos móveis perfeitos, planetas e estrelas, e aos movimentos corruptíveis observados apenas no mundo terrestre, sublunar. “O movimento é o ato do ser em potência, enquanto ele é em potência” (Física III). Em seguida, apresento a definição de movimento para Galileu, introduzindo o conceito de movimento relativo: “O movimento entanto é movimento e como movimento opera, enquanto tem relação com as coisas que carecem dele, mas entre as coisas que participam todas igualmente dele, nada opera e é como se ele não fosse”.

A partir daí, justifico o início da discussão de Galileu a respeito da incerteza sobre o movimento que se observa, sendo ele operativo para os que não participam dele. A questão levantada por Galileu é de que, na sua defesa da Terra estacionária, Aristóteles só considera os movimentos operativos, deixando de pensar na possibilidade do movimento que para nós parece nulo porque participamos dele. Esta é a base das discussões posteriores. Sobre isso, o professor da disciplina me questiona:

**Professor:** “Porque assim, no caso do -- Você falou “bom, não dá pra saber se os corpos celestes estão se movendo”... por Galileu.... Porque assim, o que acontece? Você vê eles se movimentando. Se você visse os corpos celestes parados, aí não daria para você afirmar que eles estão parados porque pode ser que eles estão em movimento e nós estamos em movimento juntos, então aí você não tem como avaliar. Mas aí eu não entendi bem porque que não daria para afirmar que eles não estão em movimento na medida em que a gente vê eles em movimento... não sei se...”

A incerteza sobre o movimento colocada por Galileu prevê uma reflexão em relação às bases das afirmações a respeito da imobilidade terrestre, mas não é de simples entendimento nem para quem, como o professor, assume o movimento terrestre. A sua fala contribui muito para elucidar esta dificuldade que permanece no estudo do movimento desde o estabelecimento das intuições primeiras até depois de ser apresentado às teorias aceitas. Esta dificuldade justifica a escolha da questão do trabalho e do momento histórico selecionado.

O argumento aristotélico para o movimento circular terrestre é de que, para que a Terra se movesse, tudo o que está nela deveria mover-se junto, o que seria impossível, pois o movimento natural das coisas terrestres é o de queda em direção ao centro da Terra, mas não é o que observamos. A questão aqui não é a impossibilidade de tudo mover-se juntamente no movimento circular, mas que este movimento perfeito não é previsto pela teoria aristotélica para as coisas do mundo sublunar. Considerando plausível o movimento circular de tudo o que habita a Terra, este movimento é para nós, observadores que compartilhamos dele, não operativo.

Passo a discutir os exemplos de movimentos terrestres usados pelos aristotélicos já discutidos pelos alunos nas aulas anteriores e agora acrescidos dos argumentos peripatéticos. Peço aos alunos que relacionem as discussões do *Diálogo* com as deles para o mesmo exemplo.

Inicialmente, eles se recordam do que discutiram:

**Aluna 7:** “Eu acho que a maioria falou que era queda livre, né... Do mastro, que a gente considerou que o barco está em repouso, totalmente em repouso... Sem... sem... Desprezando a resistência do ar... Quando soltava...”

**Aluno 13:** “Consideramos o vento...”

**Aluna 7:** “Isso, isso... Quando soltava então a bola, caia no pé do mastro, né. Acho que foi isso que todo mundo...”

Enfatizei a importância de se pensar como descreveram o movimento da esfera que cai do topo do mastro do navio e como os aristotélicos descrevem, as bases das argumentações. Sobre isso, um aluno diz:

**Aluno 4:** “Se o movimento só no céu é perfeito, então faz sentido né, a explicação (deles também) fazerem o movimento [o aluno faz o movimento circular contínuo] (que eles falaram agora)... Perpendicular...”

Este pensamento é a justificativa para o fato das previsões aristotélicas dominarem os ensinamentos e os estudos por tanto tempo; ela se aproxima das intuições a respeito dos fenômenos no mundo vivido, dá explicações e organiza a natureza de forma muito minuciosa, o que dificulta pensar de outra forma. Tentativas foram feitas anteriormente a Galileu, mas foram desconsideradas por ir contra o que está ali, tão óbvio aos olhos do observador. Seria necessário abrir o pensamento para novas possibilidades. Alguns leitores de Galileu falam em revolução do pensamento, outros atribuem a sua relevância pela forma como foi apresentada outra forma de ver.

**Aluno 6:** “Se pegar uma pessoa que é leiga e ler somente essa parte assim, vai sair acreditando que é isso mesmo. Se for um, sei lá, um ensino mais... Fundamental e falar - ou ensino médio mesmo, primeiro ano lá... Se você falar que... Que a Terra está parada, se você falar: o que você aprendeu (até agora) é tudo mentira, vou ensinar a verdade para você aqui. Porque é...”

**Aluna 2:** “É, porque na verdade é muito fácil de você até demonstrar, né...”

**Aluno 6:** “É.”

**Aluna 2:** “... se a Terra estivesse girando... Eles sopram qualquer coisa caí perto, eles poderiam argumentar que isso seria uma prova de que a Terra estaria parada. Do ponto de vista aristotélico, a Terra (não argumenta) com uma experimentação que pode servir de argumento, mas...”

**Aluno 6:** “E vai – é mostrado, você pode sair, pegar um carro, sair jogar ela para cima, vai ver que – ou soltar [faz o movimento vertical de cima para baixo], você vai ver que vai cair um pouco fora. Aí você fala: tá vendo a Terra não está (sem movimento) porque se eu soltar ela lá de cima vai cair certinho.”

**Aluno 15:** “Eu acho que o problema do argumento fica quando o barco também se move em relação não só a bola de chumbo, como em relação a Terra. Então não tem como você dizer que o movimento da bola vai cair certinho assim no barco, porque também vai está se movendo em relação da Terra e também você não pode dizer que a Terra vai afetar a posição final da bola de chumbo.”

Percebo aqui certa confusão dos alunos em discernir o que é movimento absoluto e relativo, partindo da ideia de que somente nos interessa o movimento diferente daquele do observador, eles desprezam a existência do movimento compartilhado.

**Professora:** “Tá, então se o barco se move em relação a Terra, a bola estando no banco também vai compartilhar desse movimento...”

**Aluno 15:** “Isso, aí quando você deixa ela em queda livre, ela deixa de fazer parte do movimento do barco.”

Início, neste momento, um alerta para a necessidade de reflexão sobre as intuições primeiras que temos dos fenômenos e a nossa conformidade com o que nos é apresentado como explicação correta. É esta passagem que me interessa nas discussões.

**Professora:** “Então, mas se a gente pensar que o barco se movia junto com a bola, ela não tinha essa quantidade de movimento no momento que ela era lançada? É exatamente esse – essa discussão que eu quero ter com vocês assim, porque é uma coisa que a teoria aristotélica ela encaixa perfeitamente né, nas experiências que nós temos. Então, o que eu quero que a gente possa elucidar é exatamente por que então a gente aceita de outra forma né, por que a partir do século XVII passe-se a pensar um outro referencial?”

**Aluna 2:** “Porque um experimento simples acaba justificando a teoria. Um experimento simples, fácil de fazer e na verdade como ele falou qualquer pessoa leiga aceita...”

**Aluno 15:** “É, mas também não tinha essa ideia de experimentação também. A ideia de experimentação surge exatamente com Galileu, não tinha essa, essa necessidade da experimentação para assinalar se era correto ou não...”

**Aluno 11:** “... aquilo que estava sendo passado.”

**Aluna 2:** “É, também por isso que as pessoas aceitaram... Eles já viam aquilo como próprio.”

**Aluno 11:** “Sim...”

Alerto para uma realidade da teoria aristotélica ser estudada e defendida por muitos anos e que as argumentações e os exemplos foram sendo colocados ao longo destes séculos pelos estudiosos, na justificativa de se aceitarem as previsões aristotélicas. Ainda, sobre a dificuldade de alguém que aceita uma teoria se abrir para pensar em outra forma de explicar os mesmos fenômenos tão bem esclarecidos pela teoria aceita até então.

Essa realidade torna difícil o estabelecimento de um limiar entre as vigências de cada teoria, prevendo apenas um período de transição, que exige uma nova geração, que seja educada dentro daquela lógica nova. Apresento a defesa de Salviati a respeito da importância dos sentidos para falar sobre uma experiência de queda dos graves, colocando a necessidade de se pensar em dois movimentos para o grave, que, ao mesmo tempo, caísse e fosse levado circularmente pela Terra. Estando todos, observador, torre e grave em movimento circular, nada poderia inferir sobre o movimento ser misto ou não, acerca do movimento ou do repouso da Terra.

**Professor:** “Só uma coisa que eu (queria dizer)... Que o momento aí é que a pedra ao cair ela estaria fazendo dois movimentos, ela estaria ao mesmo tempo descendo e se adiantando...”

**Professora:** “Sim, e se movendo...”

**Professor:** “... fazendo o movimento circular, por isso que ela desceria paralela a torre.”

**Professora:** “Uhun...”

**Professor:** “O argumento é do Salviati não o (aristotélico) -- contra o aristotélico.”

**Professora:** “Contra o aristotélico, que a gente tem -- que a gente vê esse movimento somente reto, porque o movimento circular é compartilhado por nós também.”

**Professor:** “Uhun.”

**Professora:** “Então para gente ele é nulo.”

Neste momento inicia-se uma discussão sobre a necessidade ou não de se considerar este movimento no estudo da queda. Percebo que alguns alunos não veem necessidade de se discutir tal movimento pela sua nulidade para nós, observadores. Ainda que indiretamente, existe uma ausência de se colocar no lugar de seu futuro aluno que receberá a informação de que a Terra se move e posteriormente fará cálculos prevendo apenas o movimento percebido. Embora estes futuros professores tenham conhecimento do movimento terrestre, ensinarão o movimento de queda como se ele não existisse. Aqui apresento uma das questões que nos levaram a escolher a forma da pesquisa, que toda explicação primeira dada por uma pessoa leiga se aproxima da teoria aristotélica, e ela será apresentada a uma visão que não exprime o observado diretamente, como será então o seu entendimento a respeito? Haverá uma substituição? Um reenquadramento ou aprofundamento? E até aos alunos de graduação em Física para os quais o heliocentrismo é tão familiar, qual é o nível de satisfação em relação às experiências e às teorias?

**Aluna 7:** “Quando a gente estuda então a queda livre mesmo no curso de Física é na visão aristotélica? Porque a gente... não responde isso... Principalmente quando a gente vai estudar (esse movimento) a queda livre, a gente não considera a Terra de rotação, nada disso...”

Alertei sobre as previsões que consideram situações ideais, como o caso da queda livre. E que pensar o movimento de queda como reto para baixo não significa necessariamente ser aristotélico, mas desconsiderar este movimento. Retorno ao questionamento a respeito da necessidade de se considerar o movimento terrestre

para estudar o movimento dos graves. Deixando de lado o movimento compartilhado por nós possibilitamos a compreensão real do conceito de movimento?

**Aluna 7:** “Eu estava pensando (na aula) até agora, porque no curso a gente não faz esse tipo de especulação, né. Então, eu estava -- eu via o movimento igual o Aristóteles está vendo.”

[silêncio]

**Aluna 7:** “Cai em imobilidade total lá... Solta, cai ali e pronto.”

**Professor:** “Mas, por exemplo -- mas você.....admite que a Terra está em movimento?”

**Aluna 7:** “Sim, mas...”

**Professor:** “E aí então como é que você... explicaria isso? Porque, por exemplo... Você... é aristotélica... A Terra não está em movimento então...”

**Aluna 7:** “É, é, não que... Não que, por exemplo... Não que eu ignore o movimento da Terra, mas eu acho que quando a gente estuda esses casos pontuais assim na Física a gente não pára para pensar...”

**Professor:** “Uhun.”

**Aluna 7:** “A gente...eu acho que se concentra... A gente se... É... Eu não sei se a gente se concentra nesse fenômeno pontual e a gente esquece de fazer outras considerações... Mas, bom, é... Desde que eu estou na Física eu não vi nenhuma especulação desse... Eu -- Ah... Nenhum um professor tratou a queda livre de um jeito que a gente pudesse pensar a queda livre... A queda livre... Que quando a gente já fala do lançamento horizontal, do lançamento oblíquo aí já sim a referência dos movimentos independentes, mas na queda livre não. A queda livre é tratada como a queda livre apenas... Mas a gente não pára para poder pensar também tipo... Ah, mas... Onde é -- o que é que eu não estou pensando aqui?”

**Aluna 2:** “Então, na verdade seria interessante fazer até uma questão introdutória, né, dizendo que há o movimento da Terra mas ele é

desconsiderado porque a gente faz parte do referencial... Que inclusive uma das primeiras coisas que a gente vê em Física, lá no colegial, é a questão do referencial.”

**Aluna 7:** “É...”

[silêncio]

Busco, neste momento, trazer à discussão a realidade do que ensinamos e aprendemos em relação ao movimento. Até que ponto a teoria aceita justifica a necessidade de abandonarmos as intuições primeiras, se tudo o que se estuda a partir da teoria heliocêntrica desconsidera o movimento compartilhado? Na prática, estudamos os movimentos de corpos na Terra como se ela estivesse imóvel.

**Professora:** “Então e será que essa nossa -- a não necessidade da Terra se mover, né, a gente estudar a partir de um conceito de Terra imóvel, ainda que inconscientemente, será que isto não mostra o grau de impregnação que nós temos da ciência...? Da ciência que a gente está estudando?”

**Aluno 16:** “Não sei... Não sei se eu entendi a questão do pessoal, mas... Se eu não entendi desculpa... Mas, até onde eu -- Quando eu fiz Física I, o pensamento que eu tive do movimento da Terra era mais ou menos o seguinte... Imagine que você está dentro de um trem, ou dentro de um ônibus, ou dentro de um carro... Com velocidade constante, certo? Velocidade constante no caso, ele não vai mudar velocidade, certo? Se você jogar... Vamos supor, dentro de um trem... Se você jogar basquete dentro de um trem com velocidade constante, ou dentro de um caminhão que ele está se movimento em velocidade constante... Seria semelhante à gente aqui da Terra jogando bola... Se tiver velocidade constante você joga... Você consegue jogar basquete dentro de um... Vamos supor, de um trem... Jogar bola... Se ele tiver em uma velocidade constante, você não sente o movimento, você... Você acha (que) é normal... É como se a gente tivesse aqui agora jogando bola... Se você entrar aí agora jogar... Entrar dentro de um trem com velocidade constante... Mesma coisa, a gente vai jogar bola como se a gente tivesse jogando aqui. A gente não -- você não consegue

sentir (uma) diferença de movimento... É... Movimento (uniforme) -- Você não sabe a diferença de quando um objeto está parado e de quando tem um movimento uniforme... É isso que eu quero dizer. Então, tipo assim... Quando eu fiz Física I era esse o conceito que passou para nós, pelo menos para mim, que eu entendi quando eu estudei... Agora eu não sei se era mais ou menos essa a discussão que o pessoal está discutindo, porque é... Pelo menos no caso de queda livre... É... Pelo menos quando eu estudei com o meu professor, era esse o pensamento que ele passou pra mim... Então, é... Não sei se eu estou falando muita besteira, mas...”

**Professora:** “Não, eu entendo. O que eu estou colocando em questão é assim... Oh... Será que a gente -- Essa... Essa não necessidade de pensar no movimento da Terra, ou até, quando você vai preparar uma aula sobre queda livre... Você não pensa... É... Ou... Pelo menos, é o que vocês, né, me disseram... Que você não pensa em colocar essa questão do movimento da Terra e o que eu estou dizendo, é assim... Será que isso não mostra que a gente está impregnado pela teoria que é aceita hoje e que talvez por isso que a gente não... não seja crítico em relação a isto...? E às vezes não pense né... (não queira)... Não haja tanta discussão em relação isso...”

Os estudantes, em alguns momentos, reconhecem que os argumentos aristotélicos acerca da mobilidade terrestre são importantes para a discussão em aula. Afirmam, no entanto, que deve acontecer como introdução do conceito de movimento. As explicações e os exemplos utilizados tomam a mobilidade terrestre como desnecessária para se pensar em movimentos compartilhados.

Em seguida, foram apresentadas as leituras de Koyré e Feyerabend sobre Galileu, como subsídio para a discussão da história da ciência ser investida de formas de olhar e de apresentar os episódios que atendem a interesses ideológicos, políticos e sociais. Justificamos, assim, a questão da historiografia no estudo da história da ciência. Ao final do semestre, o professor havia trabalhado com algumas filosofias da ciência, como de Kuhn, Popper, Lakatos e Feyerabend.

Por fim, no último encontro, trouxemos para discussão o texto de Thomas Kuhn “A função do dogma na investigação científica” (KUHN, 1979), para fomentar

as discussões no tocante à forma como o conhecimento científico se desenvolve e o papel da formação dentro desse contexto.

Após as discussões, elencamos alguns temas que permearam os diálogos e que nos pareceram importantes na descrição do fenômeno investigado. A partir deles, faremos considerações a respeito da questão de pesquisa da presente tese.

## 5. DESCRIÇÃO DO MUNDO VIVIDO

### 5.1 DESCRIÇÃO DO CONCEITO DE MOVIMENTO

**Aluna 2:** “Hoje é uma coisa assim, daí... Não tem mesmo. Não é uma coisa que (você)... A gente já começa estudando assim, já ignora... E não, é porque ele não faz efeito, acabou. Agora, por que ele não faz efeito? E por que você ignora? Por isso, só por causa que você desconsidera.”

**Aluno 1:** “Que nem a resistência do ar... Desconsidere a resistência do ar...”

**Aluna 2:** “Desconsidere, ponto. Não tem um por que desconsidere ou desconsidere porque (tal).....”

**Aluno 16:** No meu caso é assim, eu desconsidero por que... Eu não sei sentir a diferença de um negócio parado, com negócio uniforme. E, tipo assim... No caso se eu estou fazendo parte do movimento não vai me afetar em nada, seria a mesma coisa se eu entrar dentro em um trem, ou em um automóvel em velocidade constante...”

**Aluno 11:** “Constante com referencial inercial que você está descrevendo, né?”

**Aluno 16:** “Não, estou falando... Não, então eu não entendi exatamente o que o pessoal está discutindo, mas tipo assim é, pelo o que eu entendi... Porque, você desconsidera o movimento da Terra, certo?”

**Aluno 11:** “Uhun.”

**Aluno 16:** “Tipo assim então, no caso a gente está fazendo parte desse movimento, que é uma rotação da Terra, então meio que a gente não consegue sentir esse movimento...”

**Aluna 7:** “É, mas eu acho que a gente não pensa nisso também...”

**Aluno 16:** “É, e aí é a mesma coisa que eu estou falando... Se você entrar dentro de um automóvel com velocidade constante você não sente o movimento.”

**Aluna 2:** “Na verdade você não pára para pensar nisso, porque a gente já aceitou isso.”

**Aluna 7:** “Isso.”

**Aluna 2:** “A questão é essa você não para pra pensar nisso mais, porque não faz parte já é uma coisa que... Não pensa...”

**Aluno 18:** “Pelo menos para a turma a qual eu faço parte, a primeira aula que a gente teve na universidade um dos (professores) perguntou assim se alguém conseguiria falar por que a teoria aristotélica está errada e a usada hoje está certa, ficou a aula inteira discutindo isso... Ninguém queria responder. Então eu acho que não é uma questão da gente não levar em consideração, [...] só que existe. Na verdade pensa quem quer, no movimento se ele está afetando ou não. Ele não faz (tanta diferença assim) do ponto de vista hoje.”

**Aluna 7:** “Eu fiz a Terra parada.”

Quando apresento os argumentos aristotélicos a respeito das experiências com o barco e com os canhões, os estudantes admitem as explicações plausíveis, dentro do contexto da teoria:

**Aluno 4:** “... se o movimento só no céu é perfeito, então faz sentido né, a explicação...”

Afirmam que é fácil convencer sobre a imobilidade terrestre, como discutem os Alunos 6 e 2:

**Aluno 6:** “Se pegar uma pessoa que é leiga e ler somente essa parte assim, vai sair acreditando que é isso mesmo... que a Terra está parada.”

**Aluna 2:** “É, porque na verdade é muito fácil de você até demonstrar, né [se referindo às experiências do cotidiano, que não apresentam condições ideais de movimento].”

Em outro momento, a mesma aluna afirma:

**Aluna 2:** “... também é por isso que as pessoas [que aceitavam a teoria aristotélica] aceitaram... eles já viam aquilo como próprio.”

Outra aluna questiona sobre a necessidade de se fazer essas discussões:

**Aluna 7:** “No curso a gente não faz esse tipo de especulação... eu via o movimento igual o Aristóteles tá vendo. Cai em imobilidade total lá... solta, cai ali e pronto”. Questionada pelo professor sobre a real necessidade de se pensar a mobilidade terrestre no estudo dos movimentos de queda e lançamento, responde: “não que eu ignore o movimento da Terra, mas eu acho que quando a gente estuda esses casos pontuais assim na física a gente não para pra pensar...”

Sobre a possibilidade de se trazer essas discussões para as aulas do curso, a Aluna 2 afirma:

**Aluna 2:** “Seria interessante fazer até uma questão introdutória, né, dizendo que há o movimento da Terra mas ele é desconsiderado porque a gente faz parte do referencial...”

Percebemos a mesma realidade alvo de crítica na formação, como quando diz:

**Aluna 2:** “... já começa estudando assim, já ignora... é porque ele [o movimento terrestre] não faz efeito, acabou. Agora, por que ele não faz efeito? E por que você ignora?”

Esta ideia é defendida na fala anterior, quando propõe que seja uma questão introdutória apenas. Quando olhamos para o mundo vivido nos perguntamos se há realmente necessidade de se pensar a Terra em movimento. Como se coloca o aluno:

**Aluno 16:** “... não sei sentir a diferença de um negócio parado com negócio uniforme... se eu estou fazendo parte do movimento não vai me afetar em nada”. Sobre a Terra se mover, ele reafirma: “... a gente está fazendo parte desse movimento... a gente não consegue sentir esse movimento.”

Em resposta, novamente a Aluna 2 reitera:

**Aluna 2:** “... na verdade você não pára para pensar nisso, porque a gente já aceitou isso.”

O Aluno 18 defende que:

**Aluno 18:** “... não é uma questão da gente não levar em consideração, só que existe.”

A Aluna 7 responde:

**Aluna 7:** “Eu fiz a Terra parada”.

No contexto de discutir a teoria aristotélica, os professores em formação inicial admitem a riqueza das discussões das teorias anteriores à aceita atualmente devido à plausibilidade dos argumentos e à aproximação das respostas intuitivas, porém, quando passamos a discutir a necessidade de tais discussões para efeito de comprovação da explicação aceita como verdade pela comunidade científica, percebemos uma mudança no discurso. Embora reconheçam que é inquietador pensar o movimento em um referencial que se move, os estudantes demonstram que só nos interessa estudar o movimento do qual não fazemos parte.

## 5.2 DESCRIÇÃO DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

### 5.2.1 Formação

Apresentamos a discussão em torno do objetivo da formação inicial:

**Aluno 16:** “Uma das coisas que o professor tem que saber... O professor de escola ele tem que dominar o conteúdo...”

**Professor:** “Mas aí, que conteúdo que ele deve dominar? Porque, por exemplo, quem dá aula no ensino fundamental de Ciências e ensino médio, tem o seguinte desafio: eu preciso fazer esse conhecimento fazer sentido, para ser atrativo para estes alunos. Então, eu preciso de ferramentas que permitam articular essas questões do cotidiano com as questões mais abstratas, para que as questões mais abstratas façam sentido.”

**Aluno 16:** “Então e esses -- essa pessoa faz Física, Licenciatura em Física, que vai ser professor, ele efetivamente precisa de certas ferramentas conceituais, entender, fazer essa articulação entre o conhecimento espontâneo e conhecimentos científico, para que ele possa... Para que -- se não fizer sentido pra ele, ele não vai conseguir fazer sentido para os outros e por tanto fazer com que os outros tenham interesse pela Física ou...”

**Aluna 2:** “Nesse sentido, a [Aluna 7] tem razão porque se chega assim -- você entender o conhecimento profundo que nem a gente faz, que vai Cálculo III, que vai Cálculo... você faz aquela conta... Você chega na sala de aula: professor, o que é temperatura? É só você falar: temperatura é uma medida... Metro, litro e temperatura. [aluna simula um possível diálogo entre professor e aluno] Professor, o que é o calor? [professor: ] O calor é uma energia...Entendeu? Uma coisa -- uma coisa é uma coisa, outra coisa é outra coisa, na... Durante o nosso curso, ah sim, um estudo bem aprofundado, a gente faz e calcula e (fica)... Daí esperneia... Esperneia, para não fazer feio. Vamos de novo, né. Mas assim, o que falta para gente é essa ferramenta para pegar tudo isso que é extremamente complexo, difícil, chegar e falar pro aluno: temperatura é uma medida...”

**Aluno 15:** “É que quando eu levantei a questão da dicotomia entre esses cursos, eu não falava estritamente da Educação Básica, mas o bacharel ele se forma faz uma pós-graduação, um doutorado e forma professores, entendeu? E é esse o maior problema do nosso curso (se for colocar ela) de uma forma pontual, mas de uma forma geral no Brasil não tem esse pensamento de que todos têm que reproduzir um conhecimento em sala de aula assim...”

**Aluno 16:** “Só que fazer aqui uma ressalva se não (critica) demais também os bacharéis que aí eu acho que também é injusto, eu não sei o professor do pessoal, mas a minha formação de Física Básica foi com bacharéis. Todos que me deram aula foram excelentes, não tenho nenhuma crítica a eles, tive aula também da licenciatura no Departamento de Educação na parte de licenciatura. Olha meus melhores professores foram bacharéis e eu tive aulas com grandes professores do Departamento de Educação, então eu acho que assim, o problema são os bacharéis aqui... Daqui, não sei do...”

**Aluna 2:** “É, na verdade não é o professor é o sistema.”

**Aluno 16:** “Pode ser o sistema...”

**Aluna 7:** “Não, então mas a minha fala seria em relação a outra coisa, e a gente conversa muito [se referindo ao Aluno 16], principalmente (esse semestre que a gente está fazendo a disciplina juntos, a gente conversa muito). E eu já te falei que eu te admiro, pelo teu empenho, pelo teu esforço. Eu realmente concordo que em determinadas situações como aluno a gente precisa realmente é, a gente mesmo procurar outras -- outros caminhos, mas eu fico me perguntando como professora: o que eu faço com aquele aluno que não faz isso?”

**Aluna 7:** É mas eu acho que aí nessa formação, quando a gente discute a formação eu acho que um desses objetivos em falar que a gente é formado como professor, é a gente tentar desenvolver essa visão de: eu tenho uma sala heterogênia. Eu vou ter aquele aluno que vai sentar na frente para prestar a atenção do início ao fim, mas eu vou ter aquele também que vai estar sentado lá no fundo dormindo a aula inteira...

**Aluna 2:** “Sim. Nem todo mundo reflete se-- ah, por que eu quero entrar em uma universidade pública? Não é para não pagar, é porque a universidade pública (serve) para gente ter certas reflexões para gente poder também pensar, então a gente sai daqui seres pensantes, seres reflexivos e licenciados com, digamos, o compromisso de passar essa questão da reflexão para frente, então você não vai chegar à sala de aula: vou botar um “sorvete”, um “sorvetão” para o cara e falar isso, não. É muito mais difícil você tentar induzir uma pessoa pensar, falar: não cara, pensa, reflete... O que você acha? O que você não acha? Isso é muito difícil, quase não tem...”

**Aluna 2:** “E assim a quando eu pensei eu vou fazer Física, vou para uma universidade pública, a minha intenção era conhecimento, não só esse conhecimento técnico, porque para mim a Física é à base de tudo. Eu boto fé nisso, pode vim com Química, com Biologia... É o que a gente falou outro dia, Física é à base de tudo, então eu quero saber a base de tudo, mas se eu quero saber com o compromisso de saber transmitir isso. Não quero guardar para mim. A gente quer... E a única maneira de você conseguir compartilhar isso, é saber conversar com as pessoas, conversar com os alunos, cativar eles e fazer eles terem algum tipo de reflexão. Os caras não pensam, os caras têm preguiça de pensar. Professor, uma página para ler? Cai na prova? Se der um gibi você lê inteiro. Se der um Game of Thrones para você, você lê a aula inteira, né? Os caras lê tudo, se der Cinquenta Tons de Cinza, você come. Duas páginas de um livro com conhecimento científico que pode fazer uma diferença para você, você não lê. Então, não é você ir lá e xingar, falar: vagabundo, você não estuda. Não, é você...”

**Aluno 4:** “Professor, eu não peguei muitos livros aqui, por exemplo, durante todo o curso de licenciatura falando e explicando: ah para ensinar isso... Uma técnica específica para explicar aquilo assim. Eu não vi, muito disso...”

**Aluno 16:** “Eu fiz uma disciplina na Física, no bacharelado, onde o professor propôs o seguinte desafio, falou assim: oh, eu vou mudar a metodologia, eu não vou trazer para vocês um roteirinho pronto do que vocês vão ter que produzir para mim. Era uma aula no laboratório, e aí então ele falou tipo assim: Eu vou trazer um problema para vocês e vocês vão ter duas horas para sair da sala, pesquisar e reproduzir esses -- escrever a ideia, eu vou ler e vou ver se é possível da gente reproduzir, se for possível reproduzir a sua

ideia e você atingiu os objetivos da sua pesquisa... Beleza, você vai fazer o seu experimento, você vai me mostrar e eu vou dar a nota. Ele fez isso o semestre todo, eu acho que só foi, sei lá, de sete, não acho que cinco ou seis experimentos que ele deu que a gente conseguiu bolar alguma coisa, foi uma só. Das outras a gente não... Dava o tempo, a gente não conseguia, podia usar a internet, ir à biblioteca, podia ir (fazer o que você quisesse)... Tinha eu acho que duas horas... Era aula de quatro créditos igual aqui. A gente não conseguia. Eu falei: bom, então agora eu vou apresentar a minha proposta para vocês. E aí ele apresentava a proposta... Aí nós, temos que reproduzir porque aí gente não... Mas a gente era obrigado a escrever alguma coisa e entregar para ele. Ele lia e falava, isso aqui é viável, isso aqui não é viável, esse equipamento não tem aqui, isso aqui é muito caro não dá para contratar..."

**Aluno 16:** "Resumindo, a gente tudo fracassou porque nunca a gente conseguiu atingir objetivo que a gente tinha e queria. Se fosse fazer talvez, é o que o senhor quer que a gente faça, assim, que o senhor falou agora, só ficar reproduzindo, reproduzindo, só que no caso do nosso curso, se a gente tentar em vez de reproduzir tentar criar, estimular a criatividade, só tentando estimular e não tentar refazer o que já foi feito, eu não sei se a gente vai avançar muito mais do que a gente está avançando, entendeu?"

**Aluno 16:** "É, então, essa disciplina foi bem legal porque assim, a gente tinha que apresentar uma proposta para resolver o problema. A gente sempre apresentava alguma coisa, né? Então, mas nem sempre era viável o negócio, não dava certo. A gente meio que, nessa disciplina, digamos que a gente pensou mais talvez que nas outras, como que ele falou estimular a criatividade. Mas assim, ele sempre tinha que dar o suporte por trás, tipo assim: oh vamos fazer desse jeito. Ele apresentava a proposta dele, explicava, a gente tentava entender, porque nem sempre era possível da gente fazer..."

**Aluna 7:** "Eu acho que a gente não pára mesmo para pensar nisso..."

**Aluna 2:** "Só vê a teoria e não leva muito em consideração para que serve tudo aquilo. Todo aquele cálculo, toda aquela análise..."

**Aluna 2:** “A gente quer chegar ao resultado (que passar)...”

**Aluna 7:** “Mas realmente eu acho que a gente, eu acho que pelo menos até então, a gente não tinha essa visão crítica também, do que fazer com essas informações, né? Então eu acho que uma parte pensa no bacharelado, outra parte pensa na licenciatura, alguns pensam nos dois..., mas eu acho que durante o curso a gente vai mesclando de um jeito que a gente se perde até no que realmente do à gente quer aprender e o que a gente quer ensinar. Então, realmente há disciplinas que a gente até pára um pouco como o (Aluno 16) também colocou naquela discussão lá, coisas que você quer conhecer mais, mas eu acho que a maioria das vezes a gente não pára mesmo...”

**Aluna 7:** “Isso aconteceu comigo semana, eu fiz uma prova de Física II eram três questões, duas de matemática e uma teórica. Eu fiz as duas de matemática e a teórica caiu (o que era ressonância), me pergunta se eu respondi? Sabia eu lá o que era ressonância? Mas a matemática...”

**Aluna 2:** “Então mas se você quer formar alguém que saiba fazer reflexão e buscar novas coisas e incluir e fazer análise com a racionalidade porque sabe analisar, porque sabe refletir, ou um cara que fica só repetindo”

**Professora:** “A formação que nós temos na graduação ela tem que caráter, ela tem qual objetivo?”

**Aluno:** “Caráter?”

**Professora:** “Tem esse caráter de preparar e de converter para os modelos que são colocados?”

**Aluno 1:** “Sim, eu penso que sim. Tanto que você tem a iniciação científica, para você entrar, que nem a gente estava falando dos programas de pesquisa, a graduação ela dá uma base para gente ver como funciona o modelo, o programa de pesquisa qual vai ser os núcleos... e tudo mais. Então você pega a graduação para você ter uma base, o que é quando você for seguir aquilo e terminou a graduação, que nem eu falei desde começo, a graduação eu acho que serve para gente como uma base, entende? É que nem a aluna falou é uma base, poderia ter uma reflexão sobre isso. Ah, mas

“você está fazendo dessa forma, lá na frente você vai ter que fazer de uma forma um pouquinho diferente é isso que a gente não tem, a gente tem que seguir sozinho essa base, a gente tem que ter essa percepção de como é seguir futuramente em questão de uma graduação, de um mestrado, por exemplo, em uma futura pesquisa. (Eu penso dessa forma).”

**Aluna 2:** “(Se você ver) esse método e a dificuldade que ele gera, porque esse mesmo tipo de não incentivar a reflexão... você vê desde a formação do Fundamental, né gente? Hoje em dia qualquer sala de Ensino Médio que você entrar, qual é o objetivo do professor?”

**Aluna 7:** “Fazer a gente passar no vestibular...”

**Aluna 2:** “Fazer a gente passar no vestibular... qual é a reflexão, qual é o mínimo de reflexão que você vai ter? Então o aluno ele não -- a gente já entra na graduação sem o costume de pensar, ninguém pensa e aí você repete, repete, e na graduação você também vai repetir para depois que você terminar uma faculdade, depois de quinze anos você estudando você vai de repente começar a refletir?”

**Aluna 7:** “Parece que a graduação é uma espécie de fundamentação teórica para gente, né? Eu não sei... então eu acho que na graduação a gente tem, não sei se é a chance, não acho que é essa a palavra, mas eu vou usar. A gente tem a chance de ter contato com tudo, com toda ciência assim... Eu acho que sim, depende do professor a reflexão, mas aparentemente o currículo mesmo como ele se apresenta, a ementa dos professores, é como se fosse uma fundamentação teórica para a gente, para quando a gente sair daqui “ah eu estudei isso lá na graduação”, então eu não sei se a visão da graduação seria essa, de fundamentar a gente para um futuro e as escolhas elas seriam pós isso...”

**Aluna 2:** “A princípio (na graduação inteira) você não tem escolha...”

[conversas simultâneas]

**Aluna 7:** “É então, por isso que eu penso em uma fundamentação porque a gente aprende o que está no currículo, elegido por uma ordem de importância lógico, eu acho que não está no currículo porque alguém achou

por bem que poderia estar lá porque ficaria mais bonito. Eu acho que assim, a construção de um currículo é uma coisa que requer muitos outros elementos, mas eu acho que a intenção é essa, é fundamentar a gente...”

O questionamento a respeito da formação inicial é sobre qual(is) conteúdo(s) o graduado em Física deve dominar. A Aluna 2 coloca a questão da física estudada na graduação, com ferramental matemático mais aprofundado, não fornecer subsídios para as respostas de perguntas simples de alunos como o conceito de temperatura ou de calor, por exemplo. Sobre isso, o Aluno 15 argumenta que essa questão aponta a necessidade para se repensar a formação de licenciatura e de bacharelado. Todos concordam que há necessidade de formar pessoas capazes de refletir o conhecimento científico, tanto para ser professores de nível básico quanto para ser pesquisador.

A partir de exemplos de práticas de um de seus professores, os estudantes afirmam que a formação deve levar o aluno a criar ao invés de reproduzir. Admitem a física como a base de tudo. Observam-se incoerências nas falas quando os alunos questionam sobre não haver manuais que apresentem técnicas de docência, por exemplo. Outro exemplo, a Aluna 2 afirma sobre as disciplinas do curso:

**Aluna 2:** “A gente quer chegar ao resultado, quer passar”.

As afirmações em torno da formação se conflitam sobre os objetivos, como na seguinte fala:

**Aluno 1:** “... a graduação ela dá uma base para gente ver como funciona o modelo, o programa de pesquisa...”.

Outra complementa:

**Aluna 7:** “... a graduação é uma espécie de fundamentação teórica... [onde se] tem a chance de ter contato com tudo, com toda ciência”.... a gente aprende o que está no currículo.”

Apresentamos, a seguir, alguns temas que norteiam as discussões sobre a função da formação.

5.2.1.1 As discussões a respeito da formação e da ciência acontecem nas disciplinas específicas para esse fim

Os estudantes julgam serem relevantes as discussões dos conceitos básicos da física, porém elas são presentes somente no contexto das disciplinas com finalidades de ensino. Apresentamos alguns diálogos:

**Aluna 7:** “Mas eu acho que isso é uma discussão extra sala, entende? Eu acho que quando a gente está na sala de aula, que é essa a minha questão. Quando a gente está em sala de aula a gente não costuma pensar isso... A gente está pensando isso aqui, na aula de Filosofia.”

**Aluna 2:** “Sabe onde a gente discute isso? Em Metodologia...”

**Aluna 2:** “Mas, a discussão que a gente fez sobre isso foi na Metodologia, na Metodologia e Prática do Ensino da Física, a gente fez essa discussão porque como a gente começou no próprio ponto histórico da ciência e tudo mais... Então, como a gente começa na parte histórica, houve né, um momento que precisou né, diferenciar a temperatura do calor...”

**Aluno 15:** “Eu acho que essa parte da queda livre falta isso no ensino de Física. É, devido talvez ao Projeto Pedagógico do curso não ser levado assim...”<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Os alunos estão em estágios diferentes de formação. Alguns ainda não fizeram as disciplinas pedagógicas citadas acima e outros já estão cursando as últimas disciplinas da licenciatura, então alguns já tiveram discussões a respeito da forma como os conceitos são apresentados com foco na forma como eles, futuros professores, atuarão em sala de aula e apresentarão estes mesmos conceitos, mas outros ainda não participaram de discussões como esta. Ainda, há alunos que já cursaram tais disciplinas, mas não julgam as discussões trazidas relevantes para a sua formação, porque não pretendem ser professores do ensino básico ou então porque já desenvolvem pesquisas de iniciação científica em física teórica de materiais. Essas diferentes visões os interessa por expressar a necessidade de se estudar a formação do futuro professor atendendo aos diferentes níveis de influência que ela terá. Neste momento alerto os alunos sobre a realidade de que mesmo desenvolvendo pesquisas de mestrado ou de doutorado, em algum momento, eles terão a missão de ensinar física e o conceito de finalidade da ciência e da educação científica nortearão a sua prática. A forma como o licenciando foi formado e as ideologias trazidas pela

**Aluna 2:** “É uma medida, a energia é o calor... Acabou. Mas assim, para você chegar nisso, nesse, no nosso curso, eu só discuti na disciplina que na verdade é da Educação, então lógico, vai passar para gente como articular todo esse conhecimento de uma maneira que seja é - então que os (alunos entendam de vocês chegarem e falarem uma linguagem assim)...”

**Aluno 1:** “Então, uma coisa que acontece na universidade é justamente isso, eu vejo que a preparação nossa é para pesquisa. Aí quando a gente vai para as aulas de Metodologia a gente tem aulas idealizadas que quando a gente vai chegar, a gente vai dar a aula e o aluno vai entender tudo e pronto acabou, entendeu? Lá no laboratório de instrumentação...”

**Aluna 2:** “... segue seu plano, né? Segue seu plano...”

**Aluno 1:** “... lá na instrumentação você vai ter contato com os alunos, só que alunos que você vai ter contato? São alunos que têm dificuldades? Sim, só que são alunos que vão prestar atenção na sua aula. Quando você chega lá fora, o que acontece? É totalmente diferente. Então eu acho que é a -- pelo menos que vejo na formação que eu tive até agora, a preparação que a gente teve não é de você, digamos assim, eles não ensinam a gente como refletir com o aluno dessa forma. Então quer dizer, por exemplo, em Metodologia 1, 2, 3, 4, e 5 você tem que fazer um seminário para você digamos assim, falar bonito para o professor que está ali para ele ver o que você entendeu da Física até agora. Mas só que, na verdade, a Física que é ensinada em 1, 2, 3, e 4 (não), digamos assim, em um nível cinco vezes maior do que aquele que você vai dar em uma aula simples para o professor de Metodologia 1, 2, 3, e 4. Então quer dizer, a preparação nossa para chegar numa sala de aula a gente tem, digamos assim, uma aula que a gente dá no laboratório de instrumentalização, porque antes a gente nas Metodologias, a gente fazia um seminário para pessoas de Física igual nós, (que) já temos uma concepção muito grande de Física e não com um pessoal que a gente vai introduzir a Física para eles. Porque você chega em um primeiro colegial falando sobre Física ninguém gosta porque fala que Física é só matemática,

---

formação, fazem parte de algo muito maior do que o âmbito do seu curso ou do departamento de professores dele, integra um todo muito maior que é a ciência, na qual a formação nas universidades tem função de “enquadrar” os iniciantes no mundo da ciência em sua forma de ser e de operar.

mas aí é que está, Física é só matemática? E toda essa discussão que a gente está tendo, de como que formou todas as coisas do mundo e tudo mais? Sistema aristotélico e essas coisas... Como que você vai introduzir isso sendo na universidade a gente não tem também essa base? É que nem a Aluna 7 falou, que a gente está tendo essa discussão profunda de reflexão assim agora, eu pelo menos não tive na minha formação uma discussão (sobre isso). Era uma aula exposta de história e filosofia da ciência onde é aquele negócio, aconteceu isso, isso e isso...”

Os alunos demonstram não convergência de pensamentos a respeito da efetividade das atividades desenvolvidas nas disciplinas destinadas à docência e sobre as discussões sobre os conceitos básicos, quando, onde e de que forma elas devem acontecer.

#### 5.2.1.2 História e filosofia da ciência no ensino

As relações entre história e filosofia da ciência e ensino estão presentes no projeto político pedagógico do curso e, quando no questionário perguntamos a visão dos estudantes a respeito delas, obtivemos respostas como:

**Aluno 12:** “Vejo que é muito importante para a formação do professor, pois quando estudei no ensino médio aprendia apenas a teoria válida e imaginava que de um dia para o outro essa teoria surgiu” .

Percebemos que o discurso da área de pesquisa em ensino de física e dos documentos oficiais do Ministério da Educação é reproduzido, como vemos na seguinte resposta:

**Aluno 4:** “Foi diversas vezes mencionado a importância histórica e sua verdade, além de assuntos importantes derivados da filosofia, que procedem da história, que auxiliaram na nossa formação”.

Em resposta dessa pergunta do questionário, a Aluna 2 afirma não achar:

**Aluna 2:** “Possível desenvolver qualquer conceito com alunos sem discutir com eles como esse conceito foi formado, suas origens e métodos. Há necessidade de haver ligação entre passado e presente para haver simplesmente coerência dos fatos apresentados”.

Retomamos uma fala já apresentada nas discussões a respeito de movimento, quando relata:

**Aluno 18:** “A primeira aula que a gente teve na universidade um dos professores perguntou assim se alguém conseguia falar por que a teoria aristotélica está errada e a usada hoje está certa, ficou a aula inteira discutindo isso... ninguém queria responder”.

Os estudantes citam momentos de inclusão de história da ciência nas aulas e julgam importante para a formação e para o ensino nas respostas do questionário e quando problematizamos a formação docente. Em outro contexto de discussão, quando discutimos o desenvolvimento do conhecimento científico, afirmam:

**Aluno 1:** “Eu vejo que a gente está na parte do conhecimento de descobrir coisas novas, não questionar as coisas antigas que já foram postas. Foi o que a gente estava falando no começo, isso foi uma coisa que foi imposta, a gente sabe, está certo, então, para quê a gente vai discutir isso de novo? A formação nossa, pelo menos que eu penso, é que estão preparando a gente, para gente, sei lá, pesquisar coisas novas... Mas por que eu vou pesquisar aquilo daquela forma que eu sei que está certa? Pesquisar coisas novas de outra forma, não daquela forma que pesquisava antes, eu vejo dessa forma...”

**Aluna 2:** “É uma discussão que a gente teve em outra aula, que tem certos tópicos que já foram exaustivamente provados, testados, e enfim, tem que coisas que realmente que não há necessidade, que é o que a gente aceita...Que é a questão do movimento da Terra por exemplo, não é uma coisa que você fica pensando...”

Em concordância com os pensamentos apresentados, o Aluno 11 considera que, devido à quantidade de conteúdo que o professor deve trabalhar e a carga horária de que dispõe, o aluno deve ele mesmo procurar saber mais sobre a história da física e cita o exemplo de um professor:

**Aluno 11:** “... você também tem que ir atrás. Você também tem que estudar atrás dessa parte de histórias da ciência. Ele [ o professor citado] era o único que trazia para dentro da sala de aula essa parte de histórica da ciência, essa discussão... Parte de gravitação universal, por exemplo, eu tive com ele. Ele era o único que vinha desde Ptolomeu, Copérnico... então eu acho que também não pode colocar só a culpa na formação, eu acho que também cabe à gente fazer a nossa parte também.”

Percebemos convergência para o pensamento de que não é possível trazer o conteúdo histórico nas disciplinas de física básica, que deve dar conta da teoria vigente. Sobre essa questão, os estudantes falam sobre o livro didático como parte importante da sua formação. Apresentamos a seguir a discussão.

### 5.2.1.3 Livro didático

**Aluna 2:** “É sistema que não permite o professor também fazer uma discussão, porque ele tem um conteúdo gigante... Você tem um Halliday inteiro para bater, em um semestre. Você não bate aquele Halliday inteiro... O que o cara faz? É igual, não sei quem fez com o (nome de um professor), cada aula era um capítulo...”

**Professora:** “E será que o Halliday também não faz parte desse mundo que a gente está falando? Será que ele não é também um manual de Física?”

**Aluna:** “Sim...”

**Aluna 2:** “Uh! [exclamação afirmativa] Teoria e exercício, teoria e exercício e a reflexão você vai fazer na sua casa...”

**Aluno 16:** “Bom, no caso só minha Física II que eu não fiz com o Halliday... Eu acho que o resto eu fiz com o Halliday...”

**Aluno 16:** “Talvez assim não falta também um pouquinho de sentar com a bunda na cadeira e passar algumas horas lá lendo, se não entendeu -- eu tive muita dificuldade, na Física I talvez. É, pegar o Halliday, não entendeu o Halliday? Pega um, eu peguei no caso o Paul Hewitt. O conceito de energia, para eu entender eu peguei um Feynman. Então eu acho que às vezes gastar umas horas sentado lendo alguns livros, não precisa.”

**Aluno 16:** “Eu não gostava do Halliday, então eu usei, eu lia um pouco do Sears, eu lia um pouco do Paul Hewitt, eu lia um pouco do Duffman... De alguns conceitos que eu não... Eu lia no Halliday e ah, isso daqui não ficou muito claro, no caso o professor usava o Halliday, ah então eu pegava outro livro. Lógico, você vai gastar muito tempo, mas eu acho que aí, se você sentar a bunda da cadeira e ler, eu acho que não custa nada também. Aí se você não entende você procura né, às vezes ou um professor porque também é o dever dele tirar dúvidas, ou se você... Eu já perguntei para colegas de classe também que me ajudou... Eu acho que tudo isso acho que conta, ajuda um pouco pelo menos. Então é eu acho que assim, eu acho que é muita sacanagem a gente também só apedreja os caras assim... Tudo bem, talvez o sistema todo esteja errado, isso aí eu não vou discutir o sistema, mas também “é o que temos para hoje”. Então a gente tem que se adaptar a correr atrás também...”

**Professora:** “E aí eu queria que vocês, que a gente pudesse pensar nessa visão porque é uma coisa forte dizer que é dogmático. Assim como nós temos no cristianismo, nós temos Bíblia, qual é a nossa Bíblia, se a ciência é dogmática? Qual é a Bíblia do físico?”

**Aluna 2:** “O Halliday.”

[alunos dão risada]

**Professora:** “E qual e como que é apresentada a Física nesses manuais? No Halliday? Olha o nome do Halliday é: Física para Cientistas e Engenheiros, então o que o Halliday ensina?”

**Aluna 2:** “Fazer conta...”

Para Thomas Kuhn (2012), o manual didático tem papel fundamental para o funcionamento da ciência normal. Os questionamentos e comentários se enquadram na ideia de ciência enquanto dogma. Os estudantes, embora critiquem o formato da sua formação em outro contexto de discussão, justificam a dificuldade de trazer discussões de história e filosofia da ciência às aulas pela necessidade de “vencer” os capítulos dos manuais didáticos adotados pelos professores.

Ainda na leitura de Thomas Kuhn, o laboratório didático desempenha papel semelhante aos manuais para preparar o aluno para entrar no meio científico (KUHN, 2012). Apresentamos, a seguir, falas que concordam com a experimentação como forma de comprovar a teoria estudada.

#### 5.2.1.4 Experimentação

As falas são opacas em relação às aulas em laboratório:

**Aluna 2:** “Na verdade durante a graduação os laboratórios são para isso, são para reafirmar para gente... é que a gente faz bater né, a gente faz bater com a teoria, mas acredito que os laboratórios que a gente faz são justamente para provar para gente a teoria, o paradigma, mais para nós mesmo, do que outra coisa...”

**Aluna 2:** “Porque somos orientados que tem que dar (uma reta)...”

[risos, falas simultâneas]

**Professora:** “Tem que dar uma reta e dizer que tem que dar uma reta não é fugir de uma possibilidade de erro? Quando esse ponto fica muito fora da reta, qual é a justificativa?”

**Aluno 16:** “Eu acho que todo mundo apaga o ponto fora da reta pelo seguinte: você não ganha nota por você realizar realmente o experimento, fazer o experimento, ir lá e fazer, deu dez pontos fora da reta, mas você fez

o experimento, mas você ganha ponto quanto mais próximo você tiver da teoria, a sua nota não é por você fazer o experimento...”

**Aluno 6:** “Se deu fora da reta normalmente eu sei que deu errado, né...”

**Aluno 16:** “É exatamente, e já aconteceu de eu estar errado e já aconteceu também do equipamento da UNESP não ser bom, e aí a professora falou: oh, esse negócio aí, essa fonte de tensão é do tempo da segunda guerra mundial. E aí você vai fazer o que? Você precisa de quatro, uma corrente lá de um ampere, está um lá, mas ela fala: isso daí está meio porque esse negócio aí não está muito legal, não sei o que. Então aí tipo, os pontos ficam fora da reta, aí você fala pô então não tem aí você não ganha nota, eu acho que no final do semestre você tem que ter cinco lá, então eu acho que, acredito eu que a maioria força às vezes o resultado, porque quanto mais próximo tiver da reta, mais próximo está da teoria e aí maior sua nota.”

**Aluna 2:** “Exatamente, porque se você não tiver de acordo com a teoria você não fez direito.”

**Aluno 16:** “Que nem eu já entreguei relatório com mais de cem por cento de erro, em (Física moderada) eu tinha experimento que deu mais de duzentos por cento de erro, eu tive que refazer o experimento muitas vezes porque ou eu refazia e chegava próximo da teoria para ter uma nota lá, ou era zero né, então não tem conversa.”

**Aluna 2:** “Lógico. A intenção do experimento em si, didaticamente seria você ter contato com a Física e com a experimentação. Você provar uma teoria, ela já foi provada, (você não precisa ficar provando)...”

**Aluno 16:** “Eu acredito que o professor faz isso, eu estou pensando assim, ele supõe que o aluno que o experimento igual o nariz dele, tipo assim, eu suponho que o professor dá zero, que nem no meu experimento lá que foi, ficou com infinitos por cento de erro, eu acredito que ela tenha pensado: ele não fez como tem que fazer como está lá na apostila, como está lá na receita de bolo...”

**Aluna 2:** “A intenção na verdade não deveria ser essa. A intensão deveria ser do seu ponto de vista em relação a um contato real com a Física (e não você estar batendo e batendo com a teoria)...”

**Aluna 21:** “Vamos supor que você não apagasse você teria que justificar esse erro na discussão...”

**Aluno 16:** “Não então, justificar...”

**Aluna 2:** “A maioria das vezes a justificativa não vai aparecer.”

**Aluno 16:** “Não, mas ela falou: “isso aí é que você não está fazendo direito, você não está...”

**Aluna 2:** “Na verdade cada um vai, cada professor vai fazer de um jeito, né? Uns querem mais que você entenda o que acontecendo, outros querem mais que você apresente um papel que justifique o que está acontecendo e esse papel tem que estar de acordo com o livro. Não foi importante o que você sentiu o que você passou o que você percebeu ou os conceitos de Física que entraram na sua cabeça naquele momento.”

**Professora:** “A própria palavra “experimentação”, quando você vai para o laboratório fazer experimentação ela, a experimentação é exatamente isso, você vai fazer o experimento que permita ver na prática o que a teoria prevê, experimentação é isso, né?”

**Aluna 2:** “Mas não precisa garantir que você vai fazer exatamente de acordo com a teoria, se não, não é experimentação, é só replica.”

**Professora:** “E não abandonar o erro e tentar procurar a causa do erro?”

**Aluna 2:** “É pior, porque você continua sem entender, você tem a certeza que você forjou o resultado só para conseguir nota e você não vai conseguir compreender porque aquele desvio foi daquele jeito, mas passou, né?”

**Aluna 7:** “Isso lógico que, aí eu concordo com a Aluna 2 no caso que eu acho que depende de cada professor, eu tive uma professora no laboratório e eu posso citar o nome dela. Nossa, meus os relatórios nunca davam certo, mas ela sempre considerava o relatório, porque ela me fazia analisar o erro.

A minha colega está aí [que fez o relatório com ela], nossa eu acho nossos relatórios...”

[conversas paralelas e áudio baixo, incompreensível]

**Aluna 2:** “Mas você entende que a intenção do experimento não foi você colocar, escrever um relatório que comporte a teoria, mas que você escreva um relatório que respeite o seu resultado e a sua análise e conhecimento que você adquiriu no momento que você realizou aquele experimento. Não é isso que é valorizado, é valorizado você bater a teoria.”

**Aluna 7:** “Então, vejo isso assim, independente da nota do relatório essa busca, essa busca não, até essa exigência para que a gente chegue em um resultado, que o desvio padrão de algo muito baixo, a gente fica surtado até chegar nisso. E realmente (vou colocar esse ponto aqui que estava aqui em baixo) que aí o desvio padrão cai para tanto...”

**Aluno 16:** “Eu não sei se o tempo é cronometrado, mas é aquele negócio né, a cada segundo é aquele negócio, “anota o dado”, “vai, anota” e você vai só anotando...”

**Aluno 1:** “O pessoal do bacharel que foi fazer uma disciplina..., apontaram que não tinha os equipamentos, não tinha material, não tinha nada. O professor mediando, digamos assim: olha vocês têm que fazer mais ou menos assim... Digamos assim, ele disse os objetivos e as pessoas foram mexendo para tentar ver se conseguiam alguma demonstração de teoria, não deu em nada, só que eu acho isso mais produtivo, do que às vezes você reproduzir, você chegar e reproduzir aquilo para tentar dar certo, entendeu?”

**Aluno 6:** Mas então, mas é que nem...

**Aluno 1:** “Assim você não vai chegar em resultado lá, você não vai entender... Só que nem ela falou, eu acho que a análise do erro faz com que você aprenda com isso. Por que você errou daquela forma? Porque quando você analisa, digamos assim, é que nem uma sala de aula, por que os alunos não estão aprendendo? Se a gente analisar que os pontos pelos quais eles não estão aprendendo, a gente aprende com isso, a gente melhora a nossa aula. Assim como na experimentação, por que, digamos assim, eu não estou

conseguindo chegar a um resultado legal na pesquisa? Quais os métodos que eu estou usando? Estou usando um método legal? Um método que, digamos assim, está indo a caminho para chegar ao resultado proposto? Acho que fica mais ou menos por esse lado, sabe?”

**Aluna 7:** “Eu acho que outra coisa também, eu não sei com as outras turmas, mas pelo menos com a minha foi assim, nenhum laboratório conseguiu acompanhar a teoria, ou a gente, a maioria das vezes a gente fazia a experimentação antes da teoria, ou seja a gente ia para o laboratório e a gente tinha que fazer todo o procedimento e a gente não tinha visto a teoria ainda.”

**Aluna 2:** “Mas você tinha que provar...”

**Aluna 7:** “Mas você tem que provar...”

Começando pela última fala, os diálogos sinalizam um acordo em relação ao papel da experimentação na formação de graduação dos estudantes: “mas você tem que provar”. O termo experimentação exprime a ideia de realizar experimentos a fim de ver, na prática, o que a teoria prevê. Assim, o objetivo dos experimentos é obter, no relatório, a curva esperada para o gráfico que relaciona as grandezas envolvidas. E o que fazer com o ponto fora da reta prevista? Como diz o Aluno 6:

**Aluno 6:** Se deu fora da reta normalmente eu sei que deu errado né.

E complementa o aluno 16

**Aluno 16:** Eu acho que todo mundo apaga o ponto fora da reta pelo seguinte: você não ganha nota por você realizar realmente o experimento... mas você ganha ponto quanto mais próximo você estiver da teoria....

Se os dados do experimento não “batem” com a teoria, a orientação é refazer o experimento; não está conforme o esperado porque não foi realizado como orienta a apostila ou “você não está fazendo direito”. Os estudantes demonstram, em algumas

falas, certa criticidade em relação à necessidade de “fazer bater a teoria”, como afirma a Aluna 2:

**Aluna 2:** “... ela [a teoria] já foi provada, você não precisa ficar provando”.

Embora, por vezes, pareçam discordar desse formato, concordam que “não apagar o ponto fora da reta significa ter que explicá-lo”. Assim, se a teoria é prevista em situações ideais, o dado que “não bate” é um problema. As questões pensadas até aqui fazem parte do entendimento dos estudantes em relação à sua formação dentro da ciência. A seguir, apresentamos falas sobre o significado do termo ciência, por meio das discussões sobre o processo de desenvolvimento do conhecimento científico.

### 5.3 DESCRIÇÃO DO CONCEITO DE CIÊNCIA

As falas que seguem expressam entendimentos em contextos diferentes de discussão:

**Aluna 7:** “É, mas eu acho também que conta... eu não sei, eu, por exemplo, estou vivenciando isto este semestre, a -- de... às vezes o professor está na lousa ensinando a Física e a gente chega em determinado ponto que ele olha e fala assim... Olha, eu preciso que vocês aceitem isso, para eu possa continuar a teoria... eu estou experienciando isso esse semestre... olha, eu preciso que vocês aceitem isso... E a gente aceita para continuar entendendo a teoria. [aluna expressa certa indignação com o que está falando]”

**Aluno 18:** “Então, mas toda a teoria (ela não vai conseguir levar em base a parte real que a gente consegue observar). Vamos supor, ainda é mais na Física, sempre vai ter algumas coisas que vai supor outra, para que a teoria consiga ter validade e nunca vai conseguir testar ela de fato.”

**Aluno 18:** “Então, mas eu acho que ninguém fala porque ninguém levanta a questão. Pessoal não chega a querer discutir tanto a ponto de perceber a

necessidade de ter que falar aquilo. Então, fica muito subjetivo do aluno também o professor fala... Ah, não eu vou falar isso porque vocês vão ter que aceitar... Mas ninguém vai tentar questionar o porquê de ter que aceitar...”

**Aluno 19:** “Se o aluno ele for colocado em um estado de reflexão também, ele vai ser induzido a pensar (dessa forma)...”

**Aluno 18:** “É então.”

**Aluna 7:** “Tá, mas mesmo que questione. E isso eu estou falando de experiência própria, mesmo que você fale: ah, por que eu tenho que aceitar isso? Surgiram estas discussões em sala de aula. Na -- Eu estou fazendo a disciplina de Física dois surgiram essas discussões... Ah, mas por que a gente tem que aceitar? Ah, porque que se vocês não aceitarem isso agora eu vou ter que parar uma aula inteira para tentar explicar para vocês e eu acho que isso vai ser demais, entende? Ou, ah porque isso não cabe ao currículo dessa disciplina...”

A Aluna 7 demonstra insatisfação sobre “ter que aceitar [alguns pressupostos] para entender a teoria”. O Aluno 18 argumenta que

**Aluno 18:** “A teoria não vai conseguir levar em base a parte real que a gente consegue observar.”

Segundo Merleau-Ponty (2006), a ciência é explicação segunda do mundo, é um sobrevoo da natureza. Ela não se refere às coisas do mundo, aos fenômenos, mas é uma explicação dele.

Inicia-se um debate a respeito de discutir o conceito de termos que, na física, são estudados a partir dos seus efeitos e não do que é propriamente:

**Aluna 2:** “... é uma teoria que não convém derrubar...mas não adianta você tentar derrubar mais essa teoria, porque ela já foi exaustivamente provada ou (erradicada), ou já teve muita (discussão sobre isso).”

**Aluna 7:** “Mas é isso que eu estava -- eu penso como o Aluno 1 também, que é isso que eu vejo... que a situação que eu estava tentando explicar em sala de aula é essa. Então, por exemplo, vou dar um exemplo real, ou seja, a gente está lá na Física II à gente está vendo temperatura, a gente começou a parte de termologia. A gente não sabe o conceito de temperatura, não foi definido para gente, a gente perguntou houve especulações, mas o que é a temperatura? Não há resposta para o que é temperatura, a gente não sabe o que é temperatura, sabe as consequências que ela tem nos corpos, mas não sabe o que é temperatura. E se o aluno perguntar para gente: o que é temperatura?”

**Aluno 16:** “Então, mas aí, no caso, é, vocês foram - isso que vocês estão passando, tipo a gente em Física II, a gente também teve essa parte de termologia e tem que saber diferenciar temperatura de calor, no caso, e o pessoal também...”

**Aluna 7:** “É, mas, o que é temperatura? Não a consequência.”

**Aluna 7:** “...ou a aplicação dela. Você sabe aplicar a temperatura, você sabe quando um corpo está mais quente ou mais frio você sabe quando há alguma troca térmica... Mas, o que é temperatura? No sentido... No significante.”

**Aluno 16:** “Não, então aí no caso, (como o de vocês), o professor não definiu?”

**Aluna 7:** “Não, ele não definiu, a resposta que ele deu para gente foi: isso é especulação filosófica. Ele me respondeu assim, e aí a gente esqueceu a temperatura e começou a falar das alterações de temperatura.”

**Aluno 16:** “No caso o livro que ele (adotou) também um... -- Não trata a questão?”

**Aluna 7:** “Eu acho que nenhum livro de Física define a temperatura e eu acho que isso que acontece quando a gente estuda queda livre. A gente não pensa em um... Na... Nesse é... A gente não pensa no que pode estar é... ali presente naquele movimento, entende? “

**Aluna 7:** “A gente confunde muito o conceito com as aplicações, né. Tá, alguém me responde então o que é temperatura?”

[espirro]

**Aluna 7:** “O que é? Não a aplicação.”

**Aluno 18:** “Então aí é, a mesma coisa [...] se eu tentar definir temperatura, eu vou entrar em uma questão muito mais fundamental, que é uma coisa que eu também não tenho definição, como o que é energia.”

**Aluna 7:** “Exato, e aí como é que a gente faz?”

**Aluno 18:** “Então, aí é que está. Eu não preciso me preocupar com o que a -- se eu sei o negócio ou não, eu tenho que ver se eu consigo trabalhar com ele, (é, na Física é isso eu vejo)”

**Aluna 7:** “É o que acontece na queda livre, a gente não se preocupa...”

**Aluno 18:** “Então, mas não é não se preocupar, é (não levar ela em que)... É que eu sei a consideração que eu estou fazendo, eu não preciso saber o que ela é exatamente, eu só preciso saber o que ela faz de diferente, o que ela tem...”

**Aluno 1:** “Mas se eu pergunto pra você, por que você faz isso?”

**Aluno 18:** “Por que eu faço isso? Porque eu vejo como um modo que eu tenho para desenvolver algo no qual eu não sou capaz de lidar. Por exemplo, se eu quero mexer alguma coisa que envolve energia, eu não vou pegar e definir o que é energia. Se eu posso fazer algo que me faça chegar naquele caminho sem definir o que é energia (eu também vou fazer). Se não, eu não vou conseguir resolver nenhuma questão, eu vou ficar parado...”

Os alunos se dividem entre a necessidade ou não de saber o conceito de temperatura, como exemplo colocado em questão. Argumentam que, ao estudarem a teoria e fazerem previsões a partir dela, não necessitam de clareza sobre o conceito. A Aluna 7 faz analogia ao caso da queda dos corpos desconsiderando o

movimento terrestre. Novamente, notamos que, em momentos, os alunos defendem a ideia de somente trabalhar com os fatores que “surtem efeito” no fenômeno.

Os estudantes 1 e 2, quando questionados sobre a questão histórica dos conceitos, afirmam ser de extrema relevância o estudo do processo de desenvolvimento do conhecimento. As respostas oscilam em relação à necessidade de discutir questões que já são bem estabelecidas na comunidade científica. Em alguns momentos, apresentam criticidade em relação à formação:

**Aluno 1:** “Então, mas o que eu vejo no mundo atual é que, assim, ou é ou não é. A gente é preparado para gente lidar com situações que ou é ou não é. Não em situações de reflexão, igual a gente está fazendo aqui agora. Não tem um momento que você vai papar e falar: não, vou refletir isso aqui para ver o que eu consigo lá na frente. Eu vejo que nessa formação a gente não tem isso, a gente tem a base para falar assim: oh, você vai fazer essa tal experimentação, para ver se isso está certo ou está errado. Não tem aquele meio termo dessas coisas, não sei se é (assim), fico pensando...”

Novamente a questão sobre os objetivos da formação em diferentes modalidades:

**Aluno 15:** “Bacharel acaba dando aula mesmo assim, tem essa dicotomia entre os cursos de bacharel e licenciando, e isso é um problema muito grande (tanto para na) reprodução de pensamento em ciência, ou alguém que não aprende dar uma aula e na universidade acaba tendo alunos de graduação o mesmo nunca tendo um conceito de como (dar aula).”

A dicotomia de que fala o estudante 15 está muito enraizada nas falas dos estudantes quando eles dividem aquilo que é objeto de formação do professor e de formação, geral, de física, concordando com os resultados das pesquisas realizadas acerca da nova formatação dos currículos de licenciatura em física.

**Aluno 1:** “Só que o engraçado é que nem, eu entrei na universidade pensando que... Eu não sabia desse negócio de pesquisa, porque eu não

tive professores que souberam me dizer sobre esse negócio de pesquisa. Eu entrei aqui pensando o seguinte: eu vou aprender Física Básica toda aula. Só que chega aqui a gente tem vontade de ir para pesquisa, a gente não tem vontade para dar aula. Ah, são por causa das dificuldades do Estado, essas coisas? Não, isso daí é apenas um ponto, mas eu acho que a gente entra aqui e a nossa visão muda porque é um mundo totalmente maior. E nesse mundo totalmente maior você tem métodos de seguir essa pesquisa, sabe? Então que dizer, é um leque muito maior para a gente talvez pensar. Assim como o conteúdo, a gente pensa que é uma coisa tão pequena essa parte de você trabalhar com essa parte aristotélica, mas é muito grande, é muito, é importante para você... É importante, sabe? Só que não é tão..."

**Aluno 15:** "Sobre essa questão que você tinha levantado, do por que essa visão de ciência é tão impregnada quando a gente forma. Eu acho que porque a ciência se desenvolve, simplesmente (passando) a redução dela, ensinando a reproduzir a ciência e não a repensar ou produzir, por exemplo. Quando no -- essa última discussão falava do ensino na universidade e o ensino na Educação Básica, só que o ensino na Educação Básica é direito, o cidadão ele tem que ter acesso aquilo, ele tem direito a todo aquele conhecimento... você colocar qualquer um e ensinar aquilo não é uma solução viável, e quando se coloca qualquer professor ele simplesmente vai passar a reprodução daquilo..."

**Aluno 4:** "E a gente acaba concordando que a atividade, dá a impressão assim, por ficar muito fechado de teoria e ciência assim, parece que a criatividade e a gente não enxerga a criatividade às vezes, ela vai surgindo no dia a dia, com muito esforço e..."

**Aluno 15:** "Agora o conhecimento ele é uma reprodução do pensamento humano, ele só faz sentido se você mostrar que tem algum sentido... Daí pode-se criar um conceito, por exemplo, para uma criança, mas, de tornar isso atrativo só porque faz sentido?"

**Aluna 2:** "Você está entendendo? Porque agora, é que nem você falou, vai afinando e todo mundo vai ficar super ultra mega especialista em um assunto e assim, acaba esquecendo um pouco do -- porque na Física pelo

menos está tudo interligado, é um meio complicado (você ver) a pessoa por um foco em um item só. Mas é o que acontece bastante...”

**Professora:** “Por quê? Qual é a lógica do conhecimento científico da ciência?”

**Aluna 21:** Ter aplicação, a base só aumenta se tiver aplicação como prática.”

**Aluno 18:** “Isso é decorrente no Brasil, tem até um comentário famoso do Richard Feynman quando ele veio no Brasil ele vai comentar sobre a educação aqui no Brasil, que no país não tem nenhum cientista, todo mundo sabe a teoria, mas não sabe aplicar, é muito tecnicista [...] então você não forma cientista, só forma pessoas que sabem trabalhar com aquilo, como uma máquina. [áudio baixo]”

**Aluna 2:** “Às vezes você vai pensando, vocês já assistiram aquele filme do Chaplin? Cada um só sabe fazer um pedacinho, então para fazer uma Física completa você tem (cada um em um pedacinho) e assim, você não tem nem ideia do que é o todo, é o que ele falou...”

**Aluno 6:** “Eu acho que se todo mundo souber um pouco, sei lá, eu acho que compensa (saber esse pouquinho), pegar uma área e focar naquela área para ampliar mais o conhecimento naquela área você vai contribuir mais, porque se todo mundo souber um pouquinho, todo mundo vai saber um pouquinho...”

Segundo Thomas Kuhn (2012), a educação científica tem esse papel de preparar o aluno para entrar na comunidade científica. Cai bem, segundo a visão kuhniana, a forma de ensinar dentro do paradigma.

**Aluna 7:** “Mas o que é essa educação científica? Quem é que promove isso?”

**Professora:** “A educação científica é a formação de graduação é...”

**Aluna 7:** “Tá, só não estou conseguindo entender ela, por exemplo, a educação científica que eu vou receber, quem que proporciona isso para mim? É a comunidade científica ou sou eu mesma? Ou não é nada disso?”

**Professora:** “Não, é a preparação que você tem na sua formação. Para o Kuhn, o cientista só cientista depois que ele passa pelo processo de formação, então um estudante de Física ele não é um cientista. Para que se faz uma graduação em Física? Para ter um preparo de como se deve agir dentro dessa comunidade, como que você vai pesquisar, como você vai operar dentro da ciência.”

**Aluna 7:** “Então eu só sou cientista depois que eu passo pela comunidade, pela pesquisa? Ou não?”

**Professora:** “É para o Kuhn, é. Para o Kuhn a educação, a formação em ciências, ela só serve para esse preparo, para tornar o futuro cientista uma pessoa apta a seguir aquele dogma. Ele aproxima exatamente a ciência, essa forma como a ciência opera de um dogma pensando exatamente na religiosidade, para que a ciência possa se desenvolver, as pesquisas possam ser feitas, há a necessidade de conversão total a ciência que se pratica naquele tempo. Por isso que ele coloca até que para passar de, depois de uma revolução, para que um paradigma deixe totalmente de ser pensado e uma nova ciência normal se estabeleça é necessário que aquela geração morra, porque com ela vai morrer também aquelas ideias. Porque só uma nova geração é que pode aderir a essa nova forma de operar a ciência, de pensar a ciência, então a função da formação, da graduação é única e exclusivamente esse preparo, é como que o curso de Teologia, para preparar alguém que vai depois ensinar sobre uma religião.”

[celular tocando, conversa paralela]

**Aluna 7:** “É que parece meio extremista isso uma ciência só começa sem... Nada parece que é aproveitado da ciência que fica, por exemplo, quando há a mudança do paradigma, muda o contexto histórico, muda tudo?”

**Aluna 7:** “Se ele não tiver, se ele não concordar com esse paradigma ele não é cientista?”

**Aluno 1:** “Ele concordaria com algum outro, ou não?”

**Aluno 6:** “Agora parando para pensar é um pouco dogmática, (outra diferença é que) na fé a pessoa crê e não questiona nem nada, né?...mas acredita-se sem ter muita prova, sem ficar fazendo...os testes...”

**Aluno 6:** “Eu acho que essa questão, se você parar para pensar, até que é um pouco, a parte de dogma essas coisas, comparar com a religião...”

**Aluna 2:** “A experimentação não é para você ter um contato...”

**Aluno 6:** “Se a pessoa acredita em alguma coisa e essa coisa não dá certo e a pessoa acredita com uma fé tão grande ali, ela tem que fazer ou mudar um pouco o argumento, alguma coisa para chegar naquilo ali. É que no caso nosso é... [risos]”

**Aluno 1:** “Então, mas as coisas elas se chocam porque que nem, a gente está vendo essa visão que, digamos assim, a gente faz para comprovar a teoria, né? Só que no nosso grupo aconteceu uma coisa muito engraçada, a escreveu tal [...] e digamos assim a gente tentou comprovar a teoria, o professor escreveu “que frase horrível”. E aí, como fica isso? Ele mesmo induz a gente a provar aquilo, a gente escreve de uma forma assim mais ou menos que é o que ele quer ouvir, aí o professor vira e escreve “que frase horrível”. Quer dizer, e aí? Como que fica tudo isso? Como que é seguir esse “dogma” entre aspas? Acho que a gente não sabe nem seguir isso né, ou eles não sabem colocar para gente como que a gente deveria seguir...”

**Aluno 6:** “Às vezes, que nem você parar para pensar a questão da ciência, o caso de “acochambar” para dar certo a teoria deles lá, e já houve casos que deu um erro tão pequeno, eu não lembro qual foi o erro da situação, mas deu um erro, o cara resolveu desconsiderar e aquele erro era uma grande coisa, uma significação grande para a ciência...”

Discutindo o texto de Kuhn sobre a função do dogma na ciência (KUHN, 1979), os alunos reproduzem a ideia kuhniana pensando a partir de sua própria formação.

**Aluna 7:** “Isso que a gente faz no laboratório é ciência, entra nesse conceito de fazer ciência?”

**Professora:** “O que é ciência?”

**Aluna 7:** “É isso que eu estou perguntando faz tempo...”

[risos]

**Professora:** “É isso que a gente está tentando o semestre inteiro, né Professor? Na realidade a gente não está tentando, não tem nem como a gente dizer o que é ciência porque exatamente há várias formas de ler, né? O objetivo é exatamente pensar, colocar esse tipo de questão: o que nós fazemos é ciência? O que vocês fazem no laboratório de Física I, Física II, Física III, é ciência?”

**Aluna 7:** “Eu não tenho ideia, eu acho que não...”

**Aluno 16:** “Define o papel de ciência e a gente diz se é ou não...”

**Professor:** “Por que você acha que não seja?”

**Aluno 16:** “Se o senhor definir para mim o que é ciência, eu digo se é ciência o que a gente faz no laboratório de Física ou não... se eu tiver um padrão do que é ciência eu te digo, se não, não.”

**Aluna 7:** “Então...”

**Aluno 6:** “Eu acho que é, porque se não, não teria porque estar aqui aprendendo...”

**Aluna 2:** “Do ponto de vista da experimentação e da análise da teoria, sim. Do ponto de vista educacional de formação mesmo, não. Você está seguindo um procedimento. Porque tem muitos que acreditam que a ciência é buscar o novo e não há nada de novo no que a gente está fazendo, a gente está tentando só afirmar o que já existe, por isso que depende do que é ciência...”

**Aluna 21:** “Talvez ele te der o problema, os materiais e você ter que pensar alguma forma de usar aquilo para provar o que está sendo feito. Por que é?”

E não ele te dar a receita pronta, você faz isso, esse passo, esse passo, esse passo... talvez se fosse proposto para você, você tem os materiais, você tem o problema, você tem a teoria e você vai voltar...”

**Aluno 6:** “Eu acho que é mais para treinar mesmo, é a formação né, a graduação na verdade é a formação do cientista. Ele só vai ser cientista depois que ele acabar a graduação, então ele tem que aprender como é que faz os métodos, entendeu? Por isso que às vezes é um procedimento lá que ele já está mastigado para gente, mas eu acho que a intenção atrás disso aí não é... É você ver como é que funciona, para depois você começar a evoluir e começar a fazer sozinho.”

**Aluno 16:** “O que a gente faz a maioria deles, às vezes o cara levou mil anos para fazer, para descobrir aquilo, para chegar naquilo lá, aí então eu acho que a receitinha lá que eles dão para nós eu acho que é para isso, é para a gente não ficar gastando tanto tempo e ficar fazendo uma coisa que já foi descoberta.”

**Aluno 6:** “Se for parar para você pensar na ciência tudo de novo, você vai ficar trinta anos, quarenta anos para se formar na graduação...”

Novamente, notamos que os mesmos alunos que criticam essa forma de operar na formação, em outros momentos, a justificam, afirmando ser inviável que ocorra de outro jeito.

**Aluno 16:** “É então eu acho que é por isso que eles já dão lá, para você entender os conceitos...”

**Aluna 2:** “Quero ficar rico, quero só publicar [aluna aparenta ironia]”

**Professor:** “O que você acha que não é ciência? [professor pergunta para Aluna 7]”

**Aluna 7:** “Então, eu estou tentando amadurecer a ideia da ciência, mas a princípio eu entendo ciência como a produção do conhecimento e esse conhecimento tem uma aplicação, é assim que eu entendo. Eu não enxergo no laboratório, que a gente produz conhecimento, a gente recebe um roteiro

e realmente eu concordo com o fato de a gente não precisar descobrir tudo de novo, mas já ter uma espécie de receita e, mas tirando o Aluno 16, eu acho que, quantos de nós (saíram) no laboratório? Quem entra no laboratório I, entende? E no meu entendimento, o conhecimento é conhecimento, não é uma coisa que a gente lê e faz o relatório e no ano seguinte a gente não sabe mais o que aconteceu, entende? Por isso que no meu entendimento, mas eu ainda estou tentando, ainda está confuso, o que a gente faz no laboratório não é o conhecimento, é uma, a gente replica um dado. A gente, eu acho que a gente replica uma teoria, e aí eu não sei se é uma tentativa do tipo: “olha a teoria é isso e você aceita porque é assim que funciona”.

**Aluno 16:** “Então, mas esse modelo aí de tudo que a gente faz, posso estar falando besteira né, mas é devido ao positivismo né, não sei, é o que me disseram que a grade se é desse jeitinho assim devido eu positivismo me disseram, só isso que eu sei, mas se é verdade eu não sei...”

**Aluna 7:** “Aí eu fico me perguntando qual é a formação que a gente tem para ser um cientista, pelo menos na graduação. Qual é esse caminho da preparação? Por isso que eu perguntei da educação científica...”

**Aluno 1:** “Então na verdade você tem uma educação científica quando você faz parte de uma pesquisa, estando na graduação... Porque na graduação a gente está para replicar dados, fazer e ver que está tudo dando certo, quando a gente tem contato com o laboratório de pesquisa a gente usa parte do que a gente está vendo, digamos assim, na teoria para tentar aplicar aquilo e desenvolver uma pesquisa, porque que nem eu penso, eu entrei com uma visão de fazer licenciatura para dar aula exclusivamente, eu nem sabia nada desse negócio de pesquisa, eu nunca tinha tido contato com isso, nunca tive professores, eu citei isso em uma aula. Hoje em dia a minha cabeça já é diferente porque eu estou aqui, eu quero seguir essa parte de dar aula? Sim, só que eu tenho que seguir, eu quero seguir para o lado da pesquisa também, então quer dizer, a partir de quando eu tive contato com a pesquisa? A partir de quando eu pude fazer iniciação científica, só isso. Agora na graduação, voltando agora nesse negócio do laboratório, se a gente faz o que a gente faz em uma iniciação científica? Não faz...”

**Aluna 7:**” Não faz mesmo...”

**Aluna 2:** “Você não tem liberdade para fazer a experimentação...”

**Aluna 7:** “É uma realidade bem diferente da pesquisa, o laboratório.”

**Professora:** “Então, mas do jeito que ele é e a grade curricular do jeito que ela é, qual é a função que ela desempenha então no meio do que é da ciência, sabe?”

**Aluno 1:** “É saber que tem uma ferramenta para você operacionalizar no momento da pesquisa...”

**Professora:** “Você entrou pensando em ser professor, por que será que você mudou esse pensamento, assim que você tende agora a querer fazer pesquisa?”

**Aluno 1:** “É, a pesquisa porque eu tive contato e eu vi que o mundo era um pouco maior do que eu pensava. Não vou falar o buraco é maior, porque isso dá a entender que é uma coisa negativa, mas na verdade eu acho que é uma coisa positiva porque você está a favor da ciência, do avanço da ciência. Você não está reproduzindo sempre aquela mesma coisa onde você não vai ter um avanço. Digamos assim, a gente pode ter uma reprodução onde a gente acha um erro, e esse erro possa ser plausível, mas é que nem a gente estava conversando, se eu tentar reproduzir as coisas de antigamente, será que eu vou encontrar um erro? Entente? Então é aí que a gente tenta reproduzir coisas novas, sabe? E essa reprodução de coisas novas, todo mundo quer publicar alguma coisa nova, quer fazer alguma coisa nova, quer ter algo novo, então eu acho que isso é uma motivação, pelo menos para mim é, sabe? Dentre outros fatores, lógico...”

No questionário inicial, os alunos dizem que a ciência é explicar os fenômenos da natureza, que foi essa a motivação ao escolher o curso. Nessas falas, apresentam um entendimento da graduação como um preparo para a pesquisa científica. Passam a questionar a lógica da produção do conhecimento:

**Aluna 2:** “Talvez a nossa única oportunidade de fazer ciência de sentir ciência, é a iniciação que é o onde você vai produzir, você não vai reproduzir,

você vai produzir. Você vai ter que fazer, vai ter que experimentar, você vai ter que buscar e faz, agora é até o que você falou, depende do que as pessoas veem como ciência, ciência de produzir, ciência de... para nós assim, que nem quando eu entrei, eu continuo com a intenção da licenciatura, mas quero, depois que eu concluir a licenciatura, a hora que eu arrumar um tempo eu quero fazer um bacharelado. Por quê? Uma vez que você se sente fazendo ciência, produzindo algo que possa ter relevância, a reflexão da gente sobre a vida, sobre o mundo, sobre tudo, inclusive sobre a ciência (ela muda), porque você se vê lá, você se vê fazendo...”

**Professora:** “Então é mais uma questão de status?”

**Aluna 2:** “Status e realização pessoal, eu não estou só repetindo, eu estou fazendo...”

**Aluno 6:** “Eu acho que nem ele está falando essa parte de iniciação, que o que parece é assim a grade nossa, a gente está para ser moldado ali. A ciência acontece quando você está fora da sala de aula quando você a põe para gente naquelas teorias. O que acontece? Quando a gente sai aula de aula, quando a gente não está ouvindo aquilo, você pode parar e pensar. Ou quando a gente vai estar também em uma iniciação que a gente pode parar e pensar o que é aquela teoria, só que na verdade hoje é difícil isso porque que nem muitos trabalham e você não tem tempo para pensar nisso. Acabou você sai da sala de aula, ele vai dormir e no outro dia vai acordar e trabalhar, não tem tempo para pensar nisso. Eu acho que é essa a verdade...”

**Aluno 1:** “Eu não vejo como um status digamos assim, que eu quero mostrar para as pessoas que eu vou ser bom na pesquisa, não é isso. Eu vejo que assim, é que nem eu citei no começo, a gente está aqui para fazer licenciatura só que a gente acaba, digamos assim, a gente vem aqui para fazer licenciatura só que a gente cai em um rio que está passando ciência então na hora que você entra nesse rio você vai junto com ele, digamos assim, você vai junto com essa corrente. Então eu acho que fazer ciência na universidade não é ter um status, digamos assim, “aí eu vou ser o bom em ciências, eu quero publicar alguma coisa”. É você contribuir, digamos assim, em um grupo, você tem um grupo aqui, eu vou fazer um trabalho eu não quero ficar nesse grupo só para ganhar nota, eu quero fazer nesse grupo

para contribuir para a melhoria daquele trabalho em si, e eu acho que isso é assim a gente entra nesse viés, digamos assim, para contribuir naquilo que você está fazendo. Não... Status pessoal tem? Logicamente que tem, mas eu acho que, pelo menos no meu caso, não é só status pessoal é uma coisa que digamos assim eu me vi, a gente se encaixa e quando a gente se encaixa em alguma coisa a gente quer seguir aquilo, seguir da melhor forma possível para a gente se aprofundar e conseqüentemente melhorar o conhecimento, sabe? É mais ou menos nesse sentido...”

**Professora:** “E quem é essa correnteza?”

**Aluno 1:** “Como assim?”

**Professora:** “Qual é o papel dessa correnteza que você chega e aí tem um rio...”

**Aluno 1:** “Não é como base científica lá que tem um [...] que a base é que nem estancar madeiras e formar uma nova estrutura, estava descrito no livro lá só que é uma lama, aí você põe e afunda, afunda, afunda, mas você põe tão fundo até o que suporta essa estrutura toda assim, e talvez com o tempo precise de mais uma nova estrutura assim, ele fala que essa é ciência, ela vai desconstruindo, ela pode se desfazer e de repente se criar nova, ter uma nova base para isso...”

**Aluna 2:** “Há também uma expectativa dessa questão da gente poder produzir ciência é assim na gente inerente aquela sensação de, não só pela realização pessoal, mas pode ser que eu consiga alguma coisa, que eu colabore com uma coisa que solucione algum problema ou que ajude alguém, então pode ser que eu consiga, dentro do que eu posso fazer, ter um papel importante para o outro, e isso vai me trazer satisfação pessoal... eu estou contribuindo, eu estou ficando feliz com isso e o rio vai correndo.”

**Professora:** “E você só consegue essa realização se você for um bacharel então?”

**Aluno 1:** “Não...”

**Aluna 2:** “Na licenciatura sim, se a gente conseguir também, não só como a gente precisa no bacharel, mas na licenciatura um aprofundamento do que é o ensinar, porque a gente tem que conhecer a teoria a fundo, mas a gente tem que saber transferir essa teoria para quem não entende. E aí sim você contribuiu para a formação do indivíduo, você pode ter mudado muita coisa dentro dele, essa é uma outra satisfação, é uma outra realização pessoal que afeta positivamente o outro e gera em você essa vontade de seguir. Tanto o bacharel, quanto o licenciado, uma hora ou outra, em um momento ou outro, vai acabar pensando nisso. Aí porque eu não quero ser chamado de professor, é porque eu quero influenciar alguém para que ele tenha novos caminhos e para que ele tenha também além de novos caminhos, ele possa ter a oportunidade de escolher os caminhos porque ele vai saber, ele vai ter conhecimento para isso. O fato de você conseguir influenciar uma pessoa sendo bacharelado, sendo professor dividindo o que você conhece às vezes é muito mais satisfatório do que você ter, do que você descobrir uma coisa nova, você criar um novo, é que realmente, vai da personalidade de cada um né, então o que a gente vai fazendo agora na graduação? A gente vai experimentando, a gente vai experimentando e aqui nesse curso como a gente tem essas duas oportunidades a maioria de nós, vai dar uma aulinha, vai fazer iniciação, é uma coisa que você vai descobrir onde você se encaixa melhor dentro do que você escolheu. Eu pelo menos estou nessa fase, vou começar uma iniciação científica, mas também estou analisando as possibilidades da questão da educação e da influência que eu posso ter para outras pessoas, onde eu posso contribuir mais dentro do que eu sou capaz de fazer na ciência ou na educação. E esse tipo de reflexão, esse tipo de análise da gente poder escolher, eu acho que é muito válido e a gente tem isso aqui. Não sei se todos fazem, mas uma grande parte faz das pessoas que a gente conversa e com quem a gente tem contato.”

**Professora:** “Qual será o papel então que a formação tem nesse sentido?”

**Aluna 2:** “Estudar...”

**Aluno 6:** “Eu acho que é a base que isso dá para gente, eu acho que é isso daí a base que dá para gente e depois conforme vai evoluindo vai chegar um ponto que essa base não vai ser tão firme e daí vai ter que partir daí e firmar essa base novamente...”

**Aluno 1:** “É como se fosse um jogo né, quando você está titular, entre aspas, você está na graduação, se você for da graduação você vai poder contribuir para aquele jogo, se você vai ficando velho alguém vai ter que substituir você, é mais ou menos assim. O tempo vai passando pode ser que aquela base se quebre, aquela base se rompa então é aí que você tem que construir uma outra base e essa outra base você segue levando adiante aquilo que já foi começado, talvez, uma analogia (eu acho que é isso).”

As falas e os argumentos se conflitam entre o que se espera de um físico e de um físico educador. Não apontamos aqui para um problema na formação docente de física, mas para uma realidade de que os fins da formação são indissociáveis. Há de se elucidar esse processo:

**Aluno 1:** “Então quer dizer, na cabeça dele ele vê que isso é uma coisa tão simples, mas aí você pega a física quântica comparar com isso, para ele é uma coisa tão estrondosa porque é um universo que ele não conhece que o aluno não faz parte. Agora, nesse universo que ele tem um movimento em volta dele -- que ele tenha a noção muitas vezes errada sobre astronomia, mas ele acha que é certo, então ele acha que aquilo passa ser simples. Passa a ser simples... Por que o professor de Física que é formado e tal, não sabe explicar para eles? Então eu acho que é importante questionar essas coisas assim, de antigamente. É... que nem eu estou para te falar, às vezes a gente acha que não é tão importante, mas se não é tão importante por que tem todos esses estudos (em cima disso)?”

Terminamos com a fala da Aluna 2, que estabelece relação entre a questão inicial de discussão, em referência ao que deve ser estudado na ciência, com a formação de físico educador:

**Aluna 2:** “Que já foi muito provado teorias em situações ideais, e ele, por exemplo, (essa ideia de uma folha e papel é ótima para dizer) que a situação ideal não existe. E aí realmente, a gente fica numa sinuca... Uma bela de uma sinuca, porque o cara fala: ah, (ele solta)... -- Ah, mas você tenta né,

falar, dar folha, dar área, mas não convence porque o exercício que você vai dar é o bendito da situação ideal...”

Explicar a natureza com base de teorias matemáticas requer formação que dê subsídios suficientes. Pensar a formação dentro desse contexto significa discutir o seu papel no desenvolvimento do conhecimento científico. Segundo Merleau-Ponty (1999), a ciência não é o mundo vivido, mas a explicação segunda dele. Assim, o entendimento desse processo é opaco, apresenta ambiguidades e incoerências. Não vemos nessa constatação um problema, acreditamos que há apenas de se expressar essa inconstância do ser, enquanto ser em movimento.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral da presente pesquisa era, inicialmente, descrever qual o conceito de ciência que o licenciando em física tem e qual o papel da sua formação dentro desse contexto. Procuramos responder à questão de pesquisa levando discussões sobre história e filosofia da ciência nas aulas. Escolhemos o olhar fenomenológico como metodologia de análise, a partir do qual acreditávamos ser capazes de chegar a conclusões. O mundo vivido dos estudantes nos levou a perceber que não há um conceito de ciência entendido por eles. Mas que as falas e explicações variam de acordo com o contexto.

A opacidade dos fatos não é para a fenomenologia um problema, mas a realidade de que as expressões são cheias de contradições, ambiguidades e incoerências. Procuramos nos aproximar do mundo da vida e não chegamos a respostas concisas para a questão. Assim, esta tese apresenta a descrição do fenômeno estudado.

Iniciamos as discussões com a questão histórica do conceito de movimento e da mobilidade terrestre. Vimos, no exemplo de Galileu e na sua defesa do heliocentrismo, um potencial para se pensar a relatividade dos movimentos. O conteúdo físico e a complexidade da historiografia da ciência revelaram ser inquietantes para elucidar as questões que delineiam o contexto da formação educação científica. De acordo com as pesquisas na área de história e filosofia da ciência, o conhecimento científico deve ser apresentado como um processo não linear, inconstante e altamente mutável. Salientamos que outro exemplo histórico qualquer guarda a mesma potencialidade.

Estudamos o exemplo de Galileu durante a pesquisa de mestrado e, por isso, reconhecemos não ser tarefa simples e ser impossível que o professor faça tais discussões ao introduzir cada conteúdo da ementa. No entanto, julgamos que nossa pesquisa pode levar a pensar a importância de se elucidar a forma como entendemos a ciência e o papel da educação científica nela.

Aproximadamente uma década depois da reforma sofrida pelos currículos de graduação em física, notamos que houve uma apropriação dos objetivos dela por parte dos professores e dos alunos. Com base na descrição do mundo vivido dos

estudantes, pudemos observar que os discursos oficiais presentes na legislação e nos moldes da educação foram incorporados ao projeto político pedagógico do curso e são reproduzidos pelos alunos. No entanto, cai bem nos dias atuais as formas kuhiana e feyerabendianas de entender a educação científica e o seu papel dentro do contexto da ciência entendida por eles.

As falas se mostram diferentes, dependendo do contexto de apresentação. Os mesmos alunos que reproduzem os argumentos atuais para a formação em ciências, em outros momentos, fazem afirmações que convergem aos pensamentos dos filósofos da ciência do século passado. Não apontamos aqui para um problema. As contradições e incoerências são parte do mundo vivido. Guardam a ambiguidade e opacidade dos fatos a respeito do ser. Apontamos para a necessidade de se conhecer essa realidade e pensar o processo de formação a partir dela.

## REFERÊNCIAS

ACEVEDO DÍAZ, J.A. Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias. **Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, Zaragoza, v. 19, p. 111-125, 2005.

ALFONSO-GOLDFARB, A.M.; FERRAZ, M.H.M.; BELTRAN, M.H.R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: ALFONSO-GOLDFARB, A.M.; BELTRAN, M.H.R. (Orgs.). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Livraria da Física/Educ/Fapesp, 2004, p. 49-73.

AKERSON, V.L.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N.G. Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 4, p. 295-317, 2000.

BANFI, A. **Galileu**. Tradução de Antônio Pinto Ribeiro. São Paulo: Edições 70, 1981.

BATISTA, I. de L. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico-filosófica. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 461-476, 2004.

BICUDO, M.A.V.; KLÜBER, T.E. A questão da pesquisa sob a perspectiva da atitude fenomenológica da investigação. **Revista Conjectura: Filosofia e Educação**, Caxias do Sul, v. 18, n. 3, p. 24-40, set./dez. 2013.

BICUDO, M.A.V. Sobre a Fenomenologia. In: BICUDO, M. A. V., ESPÓSITO, V. H. C. (Orgs.). **Pesquisa Qualitativa em Educação**. Piracicaba: Unimep, 1994.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação, Parecer CNE/CES nº 1303 de 06/11/2001. Brasília, **Diário Oficial da União de 07/12/2001**, seção 1, 2001, p. 25.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2002.

BURTT, E.A. **As bases metafísicas da ciência moderna**. Tradução de José Viegas Filho e Orlando Araújo Henriques. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1991.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CAMPOS, A. **A Teoria do Impetus de Nicole Oresme e a possibilidade do Movimento Diurno no Le Livre Du Ciel et Du Monde**. 2008. Dissertação (Mestrado em História das Ciências) – Programa de Estudos Pós-Graduandos em História das Ciências. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP, 2008.

CARVALHO, A.M.P. A influência da história da quantidade de movimento e sua conservação no ensino de mecânica na escola de segundo grau. **Perspicillum Museu de Astronomia e Afins**, v. 6, n.1, p. 25-35, 1992.

CARVALHO, A.M.P. A influência da mudança da legislação na formação dos professores: as 300 horas de estágio supervisionado. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.113-122, 2001.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

CHÂTELET, F. A questão da história da filosofia hoje. In: GRISON, D. **Políticas da Filosofia**. Lisboa: Moraes Ed., 1977.

CLOUGH, M. Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. **Science Education**, v. 15, p. 463-494, 2006.

COPÉRNICO, N. **As Revoluções dos Orbes Celestes**. Tradução de A. Dias Gomes e Gabriel Domingues, introdução e notas de Luís Albuquerque. 2. ed. Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.

DUARTE, M. da C. A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 317-331, 2004.

ÉVORA, Fátima Regina Rodrigues. **A Revolução Copernicana – Galiliana: origem, significado e inserção na história do pensamento científico filosófico antigo e medieval**. 1987. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, UNICAMP, Campinas, SP, 1987.

FEYERABEND, P. **Contra o método**. Tradução de Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg. Rio de Janeiro: Editora Francisco Alves, 1977.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Tradução de Cezar Augusto Mortari. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

GAIÃO, C. L. P. Análise do livro “A Revolução Copernicana” de Thomas Kuhn. 1998. Disponível em: <http://www.geocities.ws/celegaiaio/COPERNICANA.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2017.

GALILEI, G. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo – ptolomaico e copernicano**. Tradução, introdução e notas de Pablo Rúben Mariconda. 2. ed. São Paulo: Discurso Editorial/Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004.

GALILEI, G. **O ensaiador**. 1623. Disponível em: [http://www.filosofia.com.br/figuras/livros\\_inteiros/104.txt](http://www.filosofia.com.br/figuras/livros_inteiros/104.txt). Acesso em: 5 jan. 2016.

GARIN, E. **Ciência e vida civil no Renascimento italiano**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.

GATTI, S.T.; NARDI, R.; SILVA, D. A História da Ciência na formação do professor de Física: subsídios para um curso sobre o tema atração gravitacional visando mudanças de posturas na ação docente. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 3, p. 491-500, 2004.

GIORGI, A. O. **Phenomenological and psychological research**. Pittsburgz: Ducherne University Press, 1985.

HUSSERL, Edmund. **La Tierra no se mueve**. Madrid: Excerpta Philosophica, Universidade Complutense, 1995.

JAPIASSÚ, H.; MARCONDES, D. **Dicionário básico de filosofia**. 4 ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.

KOYRÉ, A. **Estudos Galilaicos**. Tradução de Nuno Ferreira da Fonseca. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1986.

KOYRÉ, A. **Estudos de história do pensamento científico**. Tradução e revisão técnica de Márcio Ramalho. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.

KRAGH, H. **Introdução à Historiografia da Ciência**. Porto: Porto Editora, 2001. p. 119-165.

KUHN, T. S. A função do dogma na investigação científica. In: **História e Prática das ciências**. Lisboa: Biblioteca de Filosofia, 1979.

KUHN, T.S. A função do dogma na investigação científica. Thomas Kuhn; organizador: Eduardo Salles O. Barra; tradução: Jorge Dias de Deus. Curitiba: UFPR, SCHLA, 2012.

KUHN, T. S. **A Revolução Copernicana**. Tradução de Marília Costa Fontes. Lisboa: Edições 70, 1957.

LEDERMAN, N.G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v..29, p.331–359, 1992.

LEDERMAN, N.G. Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. **Journal of Research in Science Teaching**, v.36, n.8, p.916–929, 1999.

LEDERMAN, N.G.; ZEIDLER, D. Science teachers' conceptions of the nature of science: do they really influence teaching behavior? **Science Education**, New York, v. 71, n. 5, p. 721-734, 1987.

LERDERMAN, N.G. et al. Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching, Hoboken**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LIN, H.; CHEN, C. Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 9, p. 773-792, 2002.

LONDERO, L. A história e filosofia da ciência na formação de professores de física: controvérsias curriculares. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**. ISSN 2178-2911, [S.l.], v. 11, p. 18-32, mai. 2015. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/18340>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

MARTINS J.; BICUDO, M.A.V. **A pesquisa qualitativa em psicologia: Fundamentos e recursos básicos**. 2 ed. São Paulo: Editora Moraes, 1994.

MARTINS, R. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v.9, p. 3-5, 1990.

MATTHEWS, M. **Science Teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994.

MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, jan. 1995.

MENDES, G.H.H.I.; BATISTA, I. de L. Matematização e ensino de Física: uma discussão de noções docentes. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 3, p. 757-771, 2016.

MERLEAU-PONTY, M. O Visível e o invisível. Tradução: José Artur Gianotti e Armando Mora d'Oliveira. São Paulo: Perspectiva, 1971.

MERLEAU-PONTY, M. **O olho e o espírito**. São Paulo: Abril Cultural, 1984.

MERLEAU-PONTY, M. *Signos*. Tradução: Maria Ermantina G. Pereira. Paris: Gallimard, 1960.

MERLEAU-PONTY, M. **Fenomenologia da percepção**. 3.ed. Tradução: Carlos Alberto Ribeiro de Moura. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

MERLEAU-PONTY, M. **Fenomenologia da percepção**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T.; OSTERMANN, F. História e epistemologia da física na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 129, 2007.

MOSCHETTI, M.A. Qual Galileu? Sobre diversas leituras possíveis do texto galileano. **Revista Guaricá**, n. 20, p. 71-83, 2004.

MOUTINHO, L.D.S. **Razão e experiência**: ensaio sobre Merleau-Ponty. São Paulo: Unesp, 2006.

NASCIMENTO, C.A.R. **Para ler Galileu Galilei**: Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo. São Paulo: EDUC, 2003.

ORTEGA Y GASSET, J. **Em torno a Galileu**. Tradução de Luiz Felipe Alves Esteves. Petrópolis: Vozes, 1989.

PEREIRA, G.J.S.A. História e Filosofia da Ciência nos currículos das licenciaturas em Física e Química da UFRN. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

PIMENTA, S. G. Panorama atual da didática no quadro das ciências da educação: Educação, pedagogia e didática. In: PIMENTA, Selma G. (Coord.). **Pedagogia, ciência da educação?** São Paulo: Cortez, 1996.

PRADO, F.D. Experiências curriculares com história e filosofia da física. **Caderno Catarinense de ensino de física**, v. 6, n. esp., p. 9-17, 1989.

RAPOSO, W.L. História e Filosofia da Ciência na Licenciatura em Física, uma proposta de ensino através da pedagogia de projetos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 3, p. 722-738, mai. 2014.

ROSSI, P. **O Nascimento da ciência moderna na Europa**. Tradução de Antonio Angonese, Bauru, SP: EDUSC, 2001.

RYDER, J.; LEACH, J.; DRIVER, R. Undergraduate science students' images of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 2, p. 201-219, 1999.

SALINAS DE SANDOVAL, J.; COLOMBO DE CUDMANI, L. Epistemología e historia de la física en la formación de los profesores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.15, n. 1 a 4, p. 100-109, jul. 1993.

SANTO AGOSTINHO. **Confissões**. São Paulo: Nova Cultural, 1987.

SCHEID, N.M.J.; PERSICH, G.D.O.; KRAUSE, J.C. Concepção de natureza da ciência e a educação científica na formação inicial. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009. **Anais...** Florianópolis: Abrapec, 2009.

SILVA, C. A. de F. da. O retorno ao mundo da vida: Merleau-Ponty, leitor de Husserl. **Revista Filosófica de Coimbra**, n. 41, p. 11-32, 2012.

SOUZA, R. L. de **Contra o Método**: Galileu na rota da análise-e-síntese – um paralelo entre a questão da interpretação do método de análise-e-síntese e a questão do método em Galileu. 2003. Tese (Doutorado em Filosofia) – Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, 2003.

TAVARES, E.J.M. **Evolução das concepções de alunos das Ciências Biológicas da UFBA sobre a natureza da ciência**: influências da iniciação científica, das disciplinas de conteúdos específicos e de uma disciplina de história e filosofia das ciências. 2006. 183 p. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) –Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

TEIXEIRA, E.S.; EL-HANI, C.N.; FREIRE, O. Concepções de estudantes de física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p. 111-123, 2001.

TSAI, C.C. Nested epistemologies: science teachers' beliefs of teaching, learning and science. **International Journal of Science Education**, London, v.24, n.8, p.771-783, 2002.

VÁZQUEZ ALONSO, A. et al. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v.6, n.2, p. 331-363, 2007.

ZIMMERMANN, E.; BERTANI, J.A. Um novo olhar sobre os cursos de formação de professores. **Cad.Bras.Ens.Fís.**, v.20, n.1, p.43-62, 2003.

ZYLBERSZTAJN, A. Galileu – um cientista e várias versões. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.5 (n. especial), p. 36-48, 1988.