

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MARCELO DE SOUSA COELHO

**PROPOSIÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A
FORMAÇÃO DE PROFESSORES CENTRADA NA
DISCUSSÃO DA NATUREZA DA CIÊNCIA, POR MEIO DO
ESTUDO HISTÓRICO DO TELESCÓPIO DE GALILEU**

Anápolis-GO

Janeiro, 2016

MARCELO DE SOUSA COELHO

**PROPOSIÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A
FORMAÇÃO DE PROFESSORES CENTRADA NA
DISCUSSÃO DA NATUREZA DA CIÊNCIA, POR MEIO DO
ESTUDO HISTÓRICO DO TELESCÓPIO DE GALILEU**

Dissertação apresentada no Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* – Nível Mestrado Profissional, em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós

Anápolis-GO

Janeiro, 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Coelho, Marcelo de Sousa

Proposição de uma sequência didática para a formação de professores centrada na discussão da natureza da ciência, por meio do estudo histórico do telescópio de Galileu – Anápolis, 2016.

162 f.: 33 figs, 4 tabs.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2016.


1. Natureza da Ciência. 2. Astronomia. 3. Telescópio de Galileu. 4. Sequência Didática. 5. Formação de Professores.

I. Título

MARCELO DE SOUSA COELHO

**PROPOSIÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A FORMAÇÃO DE
PROFESSORES CENTRADA NA DISCUSSÃO DA NATUREZA DA CIÊNCIA, POR
MEIO DO ESTUDO HISTÓRICO DO TELESCÓPIO DE GALILEU**

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás, para obtenção do grau de Mestre, aprovada em 29 de janeiro de 2016, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:



Prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós
Presidente da Banca
UFMS / UEG



Prof. Dr. Rodolfo Langhi
Membro Externo
UNESP



Prof. Dr. Marcelo Duarte Porto
Membro Interno
UEG

Dedico este trabalho a todas as pessoas que, por natureza, possuem o Dom do aprender ensinar, em especial minha querida e amada esposa e filhos que, sabiamente, nas corriqueiras atribuições do dia a dia, na vida de um cidadão comum, ensinaram-me, na arte do exercício árduo, a grata satisfação do aprender ensinar.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus.

E também às pessoas que me acompanharam nessa caminhada:

Ao meu Orientador, Professor Dr. Wellington Queirós, apesar da pouca idade, um gigante no conhecimento da área. Obrigado pelos ensinamentos e generosa paciência.

À minha querida esposa, Denise, pelo amor, paciência, companheirismo e compreensão.

Ao corpo docente do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências da UEG.

Aos colegas da 1ª turma: Alberto, Jáder, Mariana, Michelle, Nara, Ranib e Victor.

A Bianne, secretária do Programa de Pós Graduação, em Ensino de Ciências UEG.

Aos meus irmãos, Márcio, Mauro, Cristine, Marcos, Maurício e João.

Aos meus pais, João Coêlho e Nazarene pela sólida base familiar.

E, aos meus filhos, Pedro Henrique e Ana Clara, que trouxeram brilho a minha vida.

“É fundamental diminuir a distância entre o que se diz e o que se faz, de tal forma que, num dado momento, a tua fala seja a tua prática.”

– Paulo Freire –

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO 1: NATUREZA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES.....	20
1.1. A IMPORTÂNCIA DA DISCUSSÃO SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA, NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS.....	20
1.2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE AS TENDÊNCIAS DAS PESQUISAS SOBRE ENSINO DE ASTRONOMIA, NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM PERIÓDICOS DA ÁREA DE ENSINO DE CIÊNCIAS.....	26
1.2.1. Introdução.....	26
1.2.2. Metodologia.....	28
1.2.3. Resultados e Discussão.....	28
1.2.4. Algumas Considerações.....	31
1.3. PROBLEMA DE PESQUISA.....	32
1.3.1. Objetivos de pesquisa:.....	36
1.3.1.1. Objetivo Geral.....	36
1.3.1.2. Objetivos Específicos.....	36
CAPÍTULO 2: METODOLOGIA DA PESQUISA.....	37
2.1. INTRODUÇÃO.....	37
2.2. PESQUISA DOCUMENTAL.....	39
2.3. ESTUDO DE CASO HISTÓRICO.....	41
CAPÍTULO 3: HISTORIOGRAFIA DA LUNETAS DE GALILEU GALILEI.....	46
3.1. GALILEU E A CIÊNCIA MODERNA.....	46
3.2. GALILEU GALILEI.....	55
3.3. A LUNETAS DE GALILEU.....	59
3.4. POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO HISTÓRICO DO TELESCÓPIO DE GALILEU PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES.....	74
CAPÍTULO 4: A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	76
4.1. UM POUCO SOBRE DAVID PAUL AUSUBEL.....	76
4.2. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	77
4.3. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA.....	80
4.4. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O MODELO DE FORMAÇÃO DO PROFESSOR REFLEXIVO.....	85
CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
REFERÊNCIAS DAS FIGURAS.....	98
SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	100

RESUMO

A necessidade de incluir, nos currículos de ciências, instrução a respeito de estudos sobre a Natureza da Ciência, de modo a promover concepções mais adequadas acerca da empreitada científica, em especial na educação em ciências, tem sido uma preocupação entre pesquisadores, em educação científica e filosófica, desde o início do século XX. Tal discussão mostra-se importante para a formação de professores na contestação da visão empirista-indutivista da ciência, com a finalidade de buscar visões mais próximas da epistemologia contemporânea. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é fazer um estudo histórico do telescópio de Galileu e discutir como este estudo poderá propiciar a construção de uma sequência didática, centrada nos pontos consensuais da Natureza da Ciência, para ser utilizada na perspectiva do modelo reflexivo no processo formativo de professores. Além disso, por meio desta discussão, construímos a sequência didática com o intuito de corroborar na aprendizagem de aspectos da Natureza da Ciência, na formação de professores de ciências, que ministram aulas nos dois últimos anos das séries iniciais (8º e 9º ano) e ou Física para o Ensino Médio. Para tal fim, utilizamos como metodologia a pesquisa documental e o Estudo de Caso Histórico proposto por Arthur Stinner. Assim, no estudo histórico, evidenciamos os elementos teóricos que influenciaram o trabalho de aperfeiçoamento do telescópio de Galileu, tais como: planejamento de experimentos, busca por exatidão e precisão, estudos da combinação de lentes e o contato com a primeira luneta. Isto contribui para o entendimento de que a teoria precede a observação, rompendo com a visão de que o conhecimento nasce somente de uma base observacional e experimental, contestando a visão individualista e neutra de Ciência. Nesse sentido, tal discussão mostra-se importante para a formação de professores para contestar a visão empirista-indutivista da ciência, com a finalidade de buscar visões mais próximas da epistemologia contemporânea, que tem entre os seus representantes: Kuhn, Koyré, Feyerabend, Popper, Lakatos, Latour, Laudan, entre outros.

Palavras chave: Natureza da Ciência, Astronomia, Telescópio de Galileu, Sequência Didática, Formação de Professores.

ABSTRACT

The necessity to include, in science curricula, instruction regarding studies on the Nature of Science, in order to promote more adequate conceptions about the scientific enterprise, particularly in science education, has been a concern among researchers in education and philosophical science, from the early twentieth century. This discussion is important for teachers training in the defense of the empiricist-inductive view of science, in order to get closer views of contemporary epistemology. In this sense, the objective of this study is to make a historical study of Galileo's telescope and discuss how this study could encourage the construction of a didactic sequence centered on consensual points of Nature of Science, to be used in view of the reflective model in the process of teachers training. In addition, through this discussion, we built a didactic sequence in order to corroborate the learning aspects of the Nature of Science and science teachers training, who teach to the last two years of the initial series (8th and 9th grades) and/or who teach physics to high school. To this purpose, we used documentary research and case study proposed by Arthur Historic Stinner as methodology. Thus, in the historical study, we noted the theoretical elements that influenced the improvement of work of Galileo's telescope, such as design of experiments, search for accuracy and precision, studies of the combination of lenses and contact with the first lunette. This contributes to the understanding that theory precedes observation, breaking with the view that knowledge only comes from an observational and experimental base, challenging the individualistic and neutral view of science. In this sense, this discussion is important for teachers training to challenge the empiricist-inductive view of science, in order to get closer views of contemporary epistemology, which is represented by: Kuhn, Koyré, Feyerabend, Popper, Lakatos, Latour, Laudan, among others.

Key words: Nature of Science, Astronomy, Galileo's telescope, Didactic Sequence, Teacher Education.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: periódicos analisados.....	29
Tabela 2: Categorias de análise sobre Ensino de Astronomia na Formação de Professores.....	29
Tabela 3: Relação entre artigos publicados, autores e instituição.....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Retrato de Galileu Galilei, por Justus Susterman em 1636 (BONECHI, 2008, p.90).....	46
Figura 2: Mariconda (2006, p.278).....	54
Figura 3: Detalhe do arranjo óptico de Della Porta para ampliar a visão.....	60
Figura 4: Observação feita na reunião do conselho da província de Zeeland, em 14 de Outubro 1608 (ZUIDERVAART, 2010, p.16).....	62
Figura 5: Lente objetiva do telescópio de Galileu - no detalhe o diafragma (DUPRÉ, 2003, p.270).....	68
Figura 6: Constelação de Orion (GALILEI, 2010, p.176).....	69
Figura 7: Luneta de Galileu.....	70
Figura 8: Foto da Lua: https://www.google.com.br/lua - acesso 11/03/2015.....	73
Figura 9: Desenho da lua no primeiro quarto (LEITÃO, 2010).....	73
Figura 10: David Paul Ausubel.....	76

INTRODUÇÃO

Iniciei minha carreira docente em 1989, quando adentrei ao curso de Licenciatura em Física, na Universidade Federal de Goiás – UFG. Nos anos seguintes, conciliei estudos e magistério. Inicialmente participei, como colaborador, em um Projeto de Ensino supervisionado pela Faculdade de Educação, chamado “Projeto Colmeia”, cuja finalidade era desenvolver atividades práticas em ciências (Física e Química), com a realização de experimentos simples, com o intuito de auxiliar na construção do conhecimento científico, para crianças da 6ª a 8ª série do ensino fundamental, hoje os atuais 7º ao 9º ano.

Apesar de a proposta de ensino com os experimentos ser fundamentada nas teorias de aprendizagem de Piaget e Vygotsky, ela era desenvolvida, em sala de aula, de maneira tradicional, seguindo roteiro de atividades e modelos pré-elaborados para reprodução e repetição. No entanto, estas ações subsidiaram o meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e se fizeram presentes no desenvolvimento das aulas que ministrei, nos cursos do ensino médio e superior até pouco tempo atrás, antes do ingresso ao Programa de Mestrado Profissional, em Ensino de Ciências pela Universidade Estadual de Goiás - UEG.

Minha relação com o ensino esteve sempre presente em minhas atividades, desde que ingressei na licenciatura. Neste sentido, após concluir as atividades do projeto Colmeia, iniciei uma nova atividade como monitor de física para os alunos do Colégio Aplicação¹, o que me credenciou para seguir na carreira do magistério.

Concluí a graduação em 1995 e, logo em seguida, fui aprovado em concurso público para professor de Física, no curso de Matemática - Licenciatura, oferecido pela UFG, numa parceria com a Prefeitura Municipal de Rialma – GO, cidade que está a 170 km, ao norte da capital goiana e é uma dentre as 22 cidades que compõe o Vale do São Patrício.

Quando o curso de Matemática começou a ser ofertado em 1994, havia na região do Vale do São Patrício, somente dois professores, com formação em matemática, atuantes nos estabelecimentos de ensino da região. Os demais professores de matemática eram chamados “leigos”, pois possuíam apenas a formação no ensino médio.

Devido à peculiaridade do curso, atuei como professor das disciplinas de: Física Geral, área na qual recebi a formação específica e me desdobrava para desempenhá-la a contento,

¹ Colégio Aplicação é uma escola de ensino básico onde alunos das licenciaturas da UFG realizam seus estágios, desde os momentos da observação, semi regência e regência. Hoje, atual CEPAE – Centro de Ensino e Pesquisas Aplicadas à Educação.

uma vez que ainda não possuía formação complementar, que me qualificasse para atuar no ensino superior com maior qualificação e segurança; Geometria Analítica; Geometria II; Introdução à Informática e Matemática Financeira. Lecionar estas disciplinas fez-me refletir sobre a realidade enfrentada por professores, que mesmo sem a formação específica na área, ministravam a disciplina de matemática e, também, nos alunos que se relacionavam com a disciplina recebendo orientações, às vezes, baseadas em conhecimentos limitados.

Preocupado com essa situação, junto com colegas de trabalho, procuramos minimizar as desigualdades entre estes professores atuantes nas escolas da região, desenvolvendo projetos de extensão, que envolvessem tanto os professores das escolas, quanto os alunos do curso. Durante os onze anos de atuação no curso, realizamos jornadas de matemática, apresentei seminários e trabalhos em outras instituições, tudo voltado para a melhoria da qualidade do ensino. Como professor, orientei diversos alunos em seus trabalhos de conclusão de cursos, todos com o foco no ensino da matemática, objetivo do curso.

Minha primeira pós-graduação só foi possível nos anos de 2000 a 2002, onde, voltado a atender as especificidades do curso, cursei uma especialização *lato sensu*, em Educação Matemática na UFG. Para conclusão do curso, apresentei uma monografia voltada à interdisciplinaridade entre a matemática, a física e a introdução à computação. O trabalho, orientado pelo professor Dr. José Hilário da Cruz (IME-UFG), recebeu o nome de “*Oscilador harmônico acoplado e a interdisciplinaridade entre a física geral, equações diferenciais aplicadas e introdução à computação*”.

A relação no convênio firmado entre a UFG e a Prefeitura de Rialma apresentava muitas fragilidades e, em 2006, sem a renovação, o curso foi encerrado. Esta situação de instabilidade impeliu-me pela busca por concursos em outras instituições de ensino e em 2007, ingressei-me na Escola Agrotécnica Federal de Ceres, hoje Instituto Federal Goiano – campus Ceres. Porém, antes de assumir as atividades neste campus, fui convidado a preencher a vaga de Física, na Escola Agrotécnica Federal de São Gabriel da Cachoeira – AM, atual Instituto Federal do Amazonas – campus São Gabriel da Cachoeira, onde tive a oportunidade de conhecer a diversidade cultural da região. Neste campus, começa uma nova fase da minha história como docente, a que me levou ao encontro da astronomia e que, mais tarde, veio contribuir para esta investigação.

São Gabriel da Cachoeira é o terceiro maior município em extensão territorial e o maior em concentração de etnias indígenas do Brasil. Por apresentar esta diversidade, a cidade desfruta do *status* de ser falante de três línguas, co-oficiais indígenas, são elas: nheengatu,

tucano e baniwa, além, é claro, da língua oficial brasileira, o português. Esta diversidade linguística está intimamente ligada ao perfil dos alunos que ingressam na escola, na sua maioria, indígenas.

Iniciei minhas atividades docentes, lecionando Física Geral para alunos dos cursos Técnicos de agropecuária, informática e administração. Nestes cursos, deparei-me com uma realidade de sala de aula que até então não havia enfrentado, pois estavam presentes alunos falantes de duas ou mais línguas indígenas e iniciantes no português e eu, um falante da língua portuguesa e com sotaque “goianês” (risos). E para me fazer entender pelos meus alunos, precisei mudar o jeito de falar.

Esse novo universo de sala de aula fez-me rever a formação acadêmica recebida e a prática pedagógica exercida até então. Percebi que as intervenções que davam certo a um determinado grupo de alunos, seriam um fracasso com estes alunos indígenas e insistir nesta metodologia seria uma tragédia, então a mudança foi necessária e providencial.

Dois grupos de alunos em especial chamaram-me a atenção: o da etnia Baniwa² e outro da etnia Yanomami³. À medida que aproximava o meu sotaque para níveis entendíveis, melhorava a comunicação e também nossa troca de experiências, que era compartilhada com os demais integrantes da sala, brasileiros, filhos de militares, vindo das mais variadas regiões do Brasil. Nesta atmosfera de profícuo aprendizado, iniciei uma atividade de extensão com estes alunos.

Em 2008, impregnado com a riqueza cultural, formamos um pequeno grupo de estudos em astronomia, com o objetivo de realizar observações no céu a vista desarmada⁴. Um dos objetivos desse estudo era o de construir um mapa estelar, para identificação e nomenclatura das estrelas e constelações observadas, com as referências dos astrônomos e depois, comparar este mapa com os mapas estelares, catalogados por cada uma das etnias participantes, que no nosso caso, foram os Baniwa e os Yanomami. O projeto foi se desenvolvendo e ganhando novos integrantes.

Já em 2009, na comemoração ao centenário da astronomia, a Secretaria de Ciência e Tecnologia do governo Federal – SETEC/MEC abriu um edital para a aquisição de telescópios. Foi então que elaboramos o projeto intitulado “*Olhar científico no céu dos povos*”

² Os integrantes da etnia Baniwa, são falantes da língua Baniwa, da língua nheengatu e do português.

³ Os integrantes da etnia Yanomami, são falantes da língua yanomami, da língua nheengatu e também do português.

⁴ Na época não dispúnhamos de aparelhos para observações celestes.

indígenas” e conseguimos o recurso. A escola comprou o equipamento e demos prosseguimento nas observações e registros através do aparelho.

O telescópio só chegou à escola no início de março de 2010. Neste período eu estava em um processo de redistribuição para o Instituto Federal Goiano – campus Ceres, em andamento, onde estou atualmente. Logo, nesta época, já sabia que a minha estada em São Gabriel estava perto de chegar ao fim, mesmo assim, demos prosseguimento ao projeto, realizando as observações, os registros, alguns mapas estelares e promovendo encontros para discutirmos sobre nomes indígenas para determinadas estrelas do nosso sistema Solar e para algumas das constelações.

Embora a passagem por São Gabriel tenha sido curta, de abril de 2007 a setembro de 2010, foi intensa, pois neste período, tive a oportunidade de conhecer e interagir com a diversidade da região e desenvolver parte da proposta do projeto que elaborei. Paralelamente ao projeto de astronomia, participei também de outros projetos e atividades, não os citarei aqui por não estarem relacionados a esta proposta de trabalho.

Findadas as minhas atividades em São Gabriel e após retornar para o campus Ceres, fiquei sabendo que em 2009, Ceres também havia concorrido ao edital e adquirido um telescópio. O projeto foi elaborado pela professora Elizabeth Canettieri, da Biologia. Então, assim que tomei conhecimento do equipamento, compartilhei minha experiência de São Gabriel e devido a problemas pessoais da professora, ela então transferiu o equipamento para o de Física e me concedeu a sua proposta de projeto.

Agora, novamente com um telescópio em mãos e um projeto em mente, em 2011, reelaborei o projeto de astronomia feito pela professora Elizabeth, acrescentando algumas propostas de atividades e adaptei-o para os meus objetivos com relação ao ensino de Física. O título do novo projeto ficou “*Astronomia Itinerante – O céu para todos*”. Com este projeto e com objetivos a serem alcançados, inscrevi a escola na Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica e iniciei um grupo de estudos sobre astronomia, formado por alunos dos cursos técnicos.

Então, desde 2011 venho, de forma amadora, desenvolvendo na escola o projeto de astronomia, com encontros semanais com alunos para resolver questões de olimpíadas, baseadas em reproduções de livros textos e também para discutir sobre a formação de estrelas, galáxias, modelos de sistema planetário e fases da Lua. Todas estas atividades foram pautadas, exclusivamente, em apresentação de vídeos da internet, sem discussão prévia e reflexão da ação.

Diante da demanda sobre a astronomia e também com o atrativo do telescópio para angariar membros para o grupo de estudos foi que encontrei, no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências, a oportunidade para expandir meus conhecimentos e atuar de forma fundamentada nas ações que propunha.

Ao ler este trabalho, você vai se deparar no capítulo 1, sessão 1.1, com um levantamento bibliográfico sobre a importância da discussão da natureza da ciência, na formação de professores de ciências. Neste capítulo, são levantadas as pesquisas referentes ao uso da História e Filosofia da Ciência, bem como a sua aplicação no ensino de ciências. Na sessão 1.2, inserimos um trabalho de levantamento bibliográfico sobre as tendências das pesquisas do ensino de astronomia na formação de professores, em periódicos da área de ensino de ciências, apresentado no XXI SNEF, em Uberlândia/MG. Neste levantamento, evidenciamos a problemática do nosso trabalho de pesquisa, onde verificamos a carência de materiais de ensino, com foco na discussão da natureza da ciência, no ensino de astronomia e formação de professores. Ao final do capítulo 1, na sessão 1.3, devido ao alcance do conhecimento atingido pelo desenvolvimento da ciência, proporcionado mediante ao uso sistemático de recursos tecnológicos, apresentamos questões de pesquisa às quais procuramos respostas.

Apresentamos no capítulo 2, a proposta de metodologia da pesquisa, onde na sessão 2.2, destacamos a abordagem do método de pesquisa documental a ser utilizado em nosso trabalho. Nele, informamos o tipo de fonte a que recorreríamos, no caso, as fontes secundárias baseadas, principalmente, na leitura do livro *Sidereus nuncius*, o mensageiro das estrelas, traduzido e comentado por Henrique Leitão e também nos Estudos Galilaicos de Alexandre Koyré. Na sessão 2.3, fundamentamos o trabalho em uma pesquisa qualitativa, baseada nos conceitos de Bogdan e Blikem, tendo como suporte para o desenvolvimento do trabalho o artigo de Stinner et al. (2003), que apresenta uma proposta de uso da História e Filosofia da Ciência em ensino de Ciências, através de uma abordagem que chamou de Estudo de Caso Histórico e que fundamentará a construção da sequência didática, por meio do nosso estudo histórico do telescópio de Galileu.

No capítulo 3, é feita uma breve história da biografia de Galileu Galilei e, em seguida, um estudo histórico referente à história da luneta de Galileu. Comentamos sobre as motivações que levaram Galileu a construir a sua luneta e apontá-la para o céu da Itália, causando profundas transformações a respeito da visão do universo e que levou Galileu à condenação pelo tribunal da santa inquisição católica. Completamos este estudo, realizando

uma pesquisa no livro *Diálogo entre os dois máximos sistemas do Mundo de Galileu Galilei*, tradução de Pablo Mariconda, além de outros autores especialistas na história do Telescópio de Galileu, como: Albert Van Helden e Sven Dupré.

Finalizamos nosso trabalho, apresentando uma proposta de atividades baseadas nas diretrizes de Stinner et al. (2003), com foco na formação de professores. As atividades apresentadas servirão de material de apoio aos alunos de licenciatura da área de Física e Ciências Naturais.

Aparentemente, quando fazemos uma proposta que poderá ser aplicada por outro professor, dá o entendimento de que estamos em um modelo formativo de professor, enquanto profissional técnico, no entanto, não é o que a presente proposta pretende realizar enquanto projeto de pesquisa. Porque, o que foi construído na presente dissertação faz parte de um projeto longitudinal de pesquisa em educação, em ciências intitulado: *Uma Análise Epistemológica-Sociológica do Processo de Aproximação da História, Filosofia e Sociologia da Ciência na Formação de Professores no Ensino Médio*⁵, que tem por meta investigar o processo, desde a produção de materiais didáticos até a sua implementação nos cursos de formação de professores e no Ensino Médio. Tal pesquisa longitudinal adota as perspectivas educacionais construtivistas e progressistas de educação associadas com os modelos formativos de professores: reflexivo, reflexivo crítico e crítico transformador (CONTRERAS, 2002).

Assim, o presente trabalho está em sintonia com o modelo de formação de professor reflexivo, pois poderá permitir uma prática de ensino em que os professores, em formação inicial ou continuada, poderão refletir sobre a sua ação pedagógica no processo de aprendizagem do conteúdo científico, no caso aqui o telescópio. Isso poderá ocorrer, não somente nos cursos de licenciatura, aperfeiçoamento ou pós-graduação, mas focamos, principalmente, a prática pedagógica dos professores, na escola básica.

Nesse sentido, na primeira fase do projeto, foi feito um estudo histórico do Telescópio a fim de mostrar as contribuições na elaboração da proposta de ensino, que contemple a discussão da natureza da ciência e da tecnologia. Em outras fases da pesquisa longitudinal, a proposta construída, na presente dissertação, poderá ser utilizada como material didático e referencial inicial nos cursos de formação de professores e que, durante o processo, poderá ser

⁵ Este projeto é objeto de estudo do orientador desse trabalho, prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós que é coordenador do grupo de pesquisa em Educação em Ciências Naturais e Humanas da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

reconstruída de acordo com os problemas encontrados, durante a prática pedagógica nestes processos formativos de professores.

A etapa final do projeto é que, após a utilização na formação de professores, a proposta de ensino da discussão da natureza da ciência, através do telescópio, seja acompanhada pelos pesquisadores para saber se a mesma foi ou será utilizada pelos professores, que fizeram a formação, em suas práticas pedagógicas, no Ensino Médio. Caso seja usada, interessa-nos saber como se dá o processo de reconstrução da proposta, bem como o processo de aprendizagem do uso do telescópio pelos estudantes do Ensino Médio.

Assim, a primeira fase do estudo longitudinal que é objetivo da presente dissertação é fazer, a partir do estudo histórico do telescópio de Galileu, uma sequência didática para servir como base, mas não prescrição para discutir a natureza da ciência e da tecnologia na formação de professores, pois a mesma poderá passar por várias reconstruções, dependendo das problemáticas e o contexto educacional dos cursos de Licenciatura e do Ensino Médio.

CAPÍTULO 1: NATUREZA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

1.1. A IMPORTÂNCIA DA DISCUSSÃO SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA, NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

A necessidade de incluir instrução sobre a natureza da ciência tem sido uma preocupação entre pesquisadores em educação científica, desde o início do século XX (TEIXEIRA; FREIRE JR.; EL-HANI, 2009), de modo a promover concepções mais adequadas acerca da empreitada científica (LEDERMAN, 1992). No entanto, no que diz respeito à instrução sobre a natureza da ciência, enfatizou-se mais sobre a compreensão do que se entendia por método científico.

Recentemente, a visão a este respeito foi modificada, destacando-se a necessidade de se focar a história e filosofia das ciências, propriamente ditas, e não somente, o ensino sobre o “método científico” (LEDERMAN, WADE e BELL, 1998). A importância da história e filosofia das ciências para uma educação científica de qualidade é, frequentemente, defendida na literatura, a partir da década de 1960, denominado-a de uma abordagem contextual do ensino de ciências (GATTI, 2005).

Matthews (1992, 1994) informa-nos que a crise contemporânea do ensino de ciências, evidenciada pelos altos índices de “analfabetismo científico” e a evasão de professores e alunos das salas de aulas de ciências, contribuiu para que a atenção dada à abordagem contextual do ensino de ciências aumentasse significativamente. Neste sentido, nas últimas décadas, uma série de documentos da reforma educacional tem dado destaque à compreensão da natureza da ciência, como um componente central da alfabetização científica. Sendo assim, é importante ter na devida conta que a introdução da história e filosofia das ciências na educação científica é condição necessária, mas não suficiente para promover uma adequada aprendizagem das ideias científicas (RUTHERFORD, 2001).

Lederman (1992), em um levantamento das pesquisas empíricas sobre a natureza da ciência, como parte integrante dos objetivos da educação científica, identificou quatro linhas distintas de investigação: estudo acerca das concepções de estudantes sobre a natureza da ciência; desenvolvimento, implementação e teste de propostas destinadas à melhoria das concepções de estudantes sobre a natureza da ciência; pesquisas em relação às concepções de

professores de ciências sobre a natureza do trabalho científico; investigações sobre as relações entre concepções de professores, práticas pedagógicas e concepções de estudantes.

As pesquisas referentes às concepções de estudantes sobre a natureza da ciência e a respeito da variação na metodologia, mostraram que eles, em geral, apresentam concepções inadequadas sobre a natureza da ciência (TEIXEIRA; FREIRE JR.; EL-HANI, 2009, p. 531).

Entre as concepções inadequadas, frequentemente, encontradas entre os estudantes, temos: ausência de compreensão sobre a natureza do conhecimento científico; compromisso com uma visão epistemológica absolutista⁶; uma visão empírico-indutivista da ciência⁷; crença na existência de um método único⁸; ausência de reconhecimento do papel da criatividade e da imaginação na produção do conhecimento científico; falta de compreensão dos conceitos metateóricos “fato”, “evidência”, “observação”, “experimentação”, “modelos”, “leis” e “teorias”, bem como de suas inter-relações etc. Uma das causas subjacentes a estes achados reside, de acordo com Lederman (1992), na carência de materiais instrucionais apropriados para a promoção de concepções epistemológicas mais adequadas entre os estudantes.

Mediante esta constatação, duas linhas de investigação ganharam destaque, a saber: uma voltada para avaliar a eficácia dos currículos direcionados para a construção de concepções adequadas sobre a natureza da ciência pelos estudantes; outra voltada para a investigação da compreensão dos professores sobre a natureza da ciência (LEDERMAN, 1992).

A necessidade de melhorar a compreensão dos estudantes sobre a natureza da ciência foi abordado por Matthews (1994), que defende a incorporação da história e da filosofia das ciências na educação científica, como um meio apropriado para atingir este objetivo. No entanto, ressalta que quando assumimos como objetivo aprimorar as concepções de ciência de estudantes (bem como de professores) deve-se ter em vista objetivos modestos. Ou seja, não devemos perder de vista que a proposta é fornecer a estudantes e professores instrumentos que lhes permitam compreender como o conhecimento é construído, suas possibilidades e limitações, suas relações com questões colocadas em domínios relacionados da atividade humana, como a produção e uso da tecnologia (TEIXEIRA; FREIRE JR.; EL-HANI, 2009, p. 532).

⁶ Nesse caso forma de conhecimento pode ser entendida como definitiva e absolutamente verdadeira.

⁷ Seria o conhecimento científico é obtido por generalização indutiva a partir de dados de observação destituídos de qualquer influência teórica e/ou subjetiva, o que asseguraria a natureza verdadeira das proposições científicas.

⁸ Esse método seria capaz de assegurar a verdade absoluta das afirmações científicas sobre o mundo.

De acordo com Teixeira, Freire Jr. e El-Hani (2009), uma diversidade de propostas metodológicas para a instrução sobre a natureza da ciência foi desenvolvida e testada em diferentes contextos e podem ser caracterizadas como “implícitas” e “explícitas”. A primeira ocorre quando se utiliza a instrução sobre habilidades relacionadas à prática científica ou engajamento em atividades investigativas, como um meio para a melhoria das visões sobre a natureza da ciência; a segunda, mais bem sucedida que a primeira, é quando o ensino enfoca diretamente conteúdos epistemológicos ou emprega elementos de história e filosofia das ciências, no tratamento de conteúdos específicos (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000). Logo, é recomendável que tentativas de promover mudanças das concepções epistemológicas de professores e estudantes tenham um caráter explícito e reflexivo⁹.

Estudos empíricos, sobre a eficácia do uso de abordagens contextuais, no ensino de ciências, mostraram que, apesar de alguns focos de resistência, a abordagem contextual promoveu mudanças significativas na compreensão dos estudantes, acerca da natureza da ciência.

Outro foco das pesquisas realizadas por Lederman (1992) dirigiu-se nas investigações sobre a natureza da ciência, no contexto do ensino e da aprendizagem. Os estudos sobre as relações entre concepções de professores, práticas pedagógicas e concepções de estudantes mostraram que a suposição de uma influência direta das concepções epistemológicas dos professores sobre sua prática em sala de aula e, em seguida, sobre as concepções dos estudantes era muito simplista. Esta influência é modulada por um conjunto de variáveis envolvidas no processo de ensino e aprendizagem, próprias da natureza complexa da sala de aula.

Resultados discrepantes, em relação à concepção acerca da natureza da ciência e a prática pedagógica do professor, decorrem precisamente da interferência de fatores intervenientes, como: restrições institucionais e curriculares; a falta de recursos para avaliar a compreensão sobre a natureza da ciência; a experiência e as intenções dos professores e o conhecimento prévio; as percepções, a motivação e as habilidades dos alunos, entre outros, o que pode facilitar ou impedir relações efetivas entre concepções dos professores, suas práticas pedagógicas e concepções dos estudantes (LEDERMAN, 1999).

Em concordância com os autores citados anteriormente, na atualidade, a postura mais consensual nas pesquisas em ensino de Ciências é a epistemologia contemporânea, representada por Filósofos como Popper, Bachelard, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Latour,

⁹ Práticas de formação que deem aos indivíduos a oportunidade de uma reflexão acerca de suas próprias experiências, a partir de uma abordagem explícita de alguns aspectos da natureza da ciência.

Laudan, entre outros, que apresentam divergências, quanto à natureza do conhecimento científico. No entanto, McComas et al. (1998) enumeram alguns pontos consensuais entre eles:

- O conhecimento científico, enquanto durável, tem um caráter não absoluto;
- O conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não totalmente, na observação, nas evidências experimentais, nos argumentos racionais e no ceticismo;
- Não existe uma maneira única de se fazer ciência (isto é, não há um método científico universal);
- A ciência é uma tentativa de explicar os fenômenos naturais.
- Leis e Teorias exercem papéis diferentes na ciência, e, teorias não se tornam leis, mesmo quando evidências adicionais se tornam disponíveis.
- Pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência.
- Os novos conhecimentos devem ser comunicados de forma clara e aberta;
- Os cientistas necessitam de registros precisos, revisão por pares e replicabilidade dos estudos realizados.
- As observações são carregadas de teorias.
- Cientistas são criativos.
- A Ciência é parte das tradições culturais e sociais.
- A História da Ciência apresenta um caráter tanto evolutivo, quanto revolucionário.
- A ciência e a tecnologia impactam uma à outra.
- Ideias científicas são afetadas pelo seu meio social e histórico.

Em consequência de concepções equivocadas, os professores acreditam que há um único, verdadeiro e definitivo conhecimento científico a ser apreendido pelo aluno e que o conhecimento escolar é uma reprodução simplificada das “verdades científicas”. Diante desta visão equivocada, muitas vezes o professor tende a adotar um modelo de ensino baseado na transmissão-recepção das tais “verdades” (CAMPOS e NIGRO, 1998).

Se os professores carregam consigo a concepção de que ensinar ciências é transmitir conhecimentos prontos, é pouco provável que explorem as ciências de forma diversificada, com propostas inovadoras. Os cursos de formação inicial, ao não contemplarem tais aspectos,

mesmo quando há disciplinas voltadas à área de Ciências, contribuem, principalmente, por omissão, para manter concepções distorcidas (LONGHINI, 2008 e QUEIRÓS, 2012).

Levando em consideração que a formação de docentes para os anos iniciais da escolarização é feita hoje no Brasil, prioritariamente, nos cursos de Licenciatura, em Pedagogia, em nível superior, entende-se que formar um professor generalista é uma tarefa complexa, pois é preciso contemplar os fundamentos da educação e as diferentes áreas de conhecimento dentro dos limites de tempo, disponibilidade de corpo docente, carga horária do curso etc. Porém, não proporcionar a adequada formação em Ciências pode comprometer o desenvolvimento do ensino de ciências nos anos iniciais, afetando assim a formação de milhares de crianças (VIVEIRO e ZANCUL, 2012).

Embora os pesquisadores que escrevem sobre a natureza da ciência estejam cientes da necessidade de cautela em relação à imposição de uma visão “adequada” sobre a ciência, é preocupante que com a divulgação destes trabalhos, estas frases cautelosas presentes nos artigos sejam esquecidas. Assim, encontraríamos professores utilizando a lista de pontos consensuais, enumerada por McComas et al. (1998), sobre a natureza da ciência, como um novo currículo a ser ensinado nas aulas de ciências. A chamada “visão consensual”, que tem sido apresentada em diversas pesquisas, busca contornar as dificuldades relacionadas ao ensino da natureza da ciência, apresentando apenas os aspectos menos controversos (IRZIK e NOLA 2011).

A literatura científica, na área de ensino de ciências, tem explorado alguns elementos que constituem possibilidades para a prática do professor, voltados a aspectos da natureza da ciência, que podem ser explorados também nos cursos de formação inicial e continuada de professores para os anos iniciais. Viveiro e Zancul (2013) apresentaram, num congresso internacional, um trabalho sobre formação de professores para o ensino de ciências, nos anos iniciais da escolarização. Nele, elas direcionam a atenção para reflexões e perspectivas para exploração da natureza da ciência.

Explorar aspectos de filosofia da ciência junto à abordagem histórica é fundamental para a compreensão da natureza da ciência. É importante levantar e problematizar o que é ciência, quais seus objetos de estudo e as relações entre conhecimento cotidiano e científico.

A história da ciência contribui para a compreensão de que o conhecimento científico reflete muito do modo como o mundo é ou foi visto em determinado momento por um grupo de pessoas, pois os fatos e os resultados de experimentos são estreitamente relacionados aos modelos explicativos de cada época. [...] (VIVEIRO e ZANCUL, 2013, p. 3734)

As autoras, Viveiro e Zancul (2013), acreditam que ensinar ciências desde a infância, explicitando concepções e a exploração de conceitos e possibilidades de abordagens teórico-metodológicas, pode contribuir para a valorização desta área, por parte dos professores, em formação e para o enriquecimento da prática educativa. No entanto, a posse de concepções adequadas sobre a natureza da ciência pelo professor é uma condição necessária, mas não suficiente, para a melhoria das concepções epistemológicas dos estudantes. “Um docente não poderá ensinar aos estudantes concepções adequadas sobre a natureza da ciência, se ele próprio possuir uma concepção inadequada”, é o que adverte Hodson (1991).

Percebemos nesse estudo, a importância da História e Filosofia da Ciência como uma forma de contextualizar as discussões, a respeito da Natureza da Ciência, e também, como estratégia didática para ensinar astronomia. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) e os PCN+ (BRASIL, 2002) salientam a importância da contextualização sociocultural do conhecimento científico e há seis temas estruturadores propostos, que são assuntos com maior potencial para o desenvolvimento de habilidades e competências. O estudo da astronomia e da cosmologia é sugerido em um destes temas estruturadores dos PCN+: "Universo, Terra e Vida".

A astronomia é apontada como um assunto indispensável, por permitir ao jovem “refletir sobre sua presença e seu lugar na história do universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive” (BRASIL, 2002, p.32).

O questionamento a respeito da origem da vida e do universo são assuntos do interesse da maior parte dos estudantes do ensino médio. A astronomia tem sido uma das áreas preferidas para os divulgadores de ciência, nas últimas décadas, pois é um tema oportuno para ser discutido no ensino médio, como forma de desenvolver competências e habilidades, tais como compreender as notícias sobre as pesquisas científicas a respeito da origem e evolução do universo, sobre a busca por vida em outros planetas e sobre novas descobertas realizadas com os telescópios espaciais.

Devido à falta de preparo dos professores para lidar com os vários saberes específicos relacionados à astronomia, ela é raramente abordada em sala de aula. A maior parte dos trabalhos de divulgação sobre o tema, escrito por astrônomos, físicos e jornalistas científicos, concentra-se nos desenvolvimentos mais recentes, apresentando pouca perspectiva histórica; quando esta é apresentada, é muitas vezes distorcida e, portanto, não confiável (KRAGH,

1996). Além da escassez de material didático de qualidade, outra importante dificuldade, em relação à inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino, está relacionada aos aspectos metodológicos (“*como fazer*”). Uma possível maneira de superar tais problemas, junto aos professores, tem sido o trabalho com “episódios” históricos, que propiciem discussões relevantes acerca da Natureza da Ciência (MARTINS, 2007). Neste sentido, o trabalho aqui exposto, sugere o uso da História do Telescópio de Galileu, como abordagem contextual, no ensino de Astronomia, bem como suas contribuições para a discussão da Natureza da Ciência, na formação inicial e continuada de professores.

1.2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE AS TENDÊNCIAS DAS PESQUISAS SOBRE ENSINO DE ASTRONOMIA, NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM PERIÓDICOS DA ÁREA DE ENSINO DE CIÊNCIAS

1.2.1. Introdução

A Astronomia é considerada a mais antiga das ciências. Seu estudo pode levar a compreensão do Universo e proporcionar à população a participação no destino do planeta, o que amplia a dimensão apenas acadêmica do ensino e leva os estudantes à cidadania (LANGHI, 2004).

A ciência da Astronomia ramifica-se por diversas áreas de interesses da Física, da Matemática e da Biologia. E por que não dizer também nas áreas das humanidades, como a História, a Filosofia e a Sociologia, todas com contribuições relevantes para a formação do cidadão. Envolve várias observações, a procura de respostas aos fenômenos físicos que ocorrem dentro e fora da Terra e estuda as origens, evolução e propriedades físicas e químicas de todos os objetos que podem ser observados no céu, bem como todos os processos que os envolvem (KANTOR, 2014).

Nesse sentido, o ensino de Astronomia na educação básica, na divulgação científica e na formação de professores, torna-se imprescindível, pois tal conhecimento permite ao homem conhecer o seu lugar no Universo, a natureza da formação da terra, bem como as suas interações com os outros corpos que compõem o Universo.

Com o intuito de entender o estado da arte das pesquisas sobre o Ensino de Astronomia, Iachel, Scalvi e Nardi (2009), apresentaram um estudo exploratório sobre o ensino de astronomia, na formação continuada de professores. Neste estudo, os autores levantaram algumas questões norteadoras relacionados ao ensino de Astronomia, que refletem a preocupação dos pesquisadores acerca do tema proposto que os levaram a constatar uma grande necessidade de cursos de Astronomia, destinados a formação continuada de professores.

No que se refere às “Tendências da área de Ensino de Astronomia”, realizado por Bretones e Megid Neto (2003), os dados revelam uma maior preocupação com o Ensino de Astronomia, nos níveis iniciais de escolaridade, em detrimento aos níveis mais avançados, provavelmente, causada pela inclusão de temas relativos à Astronomia em muitas propostas curriculares de estados e municípios brasileiros, desde os anos 80, inclusive, mais recentemente, nos citados Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Verificou-se também, que o foco temático da pesquisa atingiu 56,3% para conteúdos e métodos, enquanto que, na formação de professores alcançou 25%, o que reforça a suspeita de carência de pesquisas que envolvam o ensino de astronomia na formação de professores.

Nessa mesma linha, com o intuito de colaborar com os estudos na área de Educação, em Astronomia, Iachel e Nardi (2010) realizaram investigações sobre as tendências da pesquisa nesta área e com a tabulação dos dados obtidos, puderam observar um crescimento no número de publicações relacionadas à Astronomia, entre o período de 1990 e 2008.

A consolidação desse crescimento não foi verificada nas pesquisas relacionadas ao ensino de astronomia, na formação de professores no período entre 2009 e 2013, onde se realizou um levantamento de artigos relacionados à temática “Ensino de Astronomia na Formação de Professores” por meio da busca direta nos *sites* das revistas: *Ciência & Educação (C&E)*; *Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)*; *Ensaio: Pesquisa em Educação e Ciência (EPEC)*; *Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação e Ciência (RBPEC)*; *Investigação em Ensino e Ciência (IENCI)* e *Revista Latino Americana em Ensino de Astronomia (RLAEA)*, com o intuito de evidenciar a relação entre o saber oriundo da pesquisa, sua veiculação e o saber docente inserido na formação continuada dos professores de ensino de ciências.

A escolha dessas revistas foi devido às mesmas serem as principais revistas brasileiras dedicadas à publicação de trabalhos em Ensino de Ciências e Ensino de Física e também pela sua divulgação e aceitação no meio acadêmico.

1.2.2. Metodologia

Para realizar o presente levantamento, utilizamos uma metodologia quali-quantitativa. O instrumento qualitativo utilizado, como ferramenta na investigação, foram as técnicas de Análise de Conteúdo, de Laurence Bardin (1994), que para melhor compreensão didática, foi dividida em três momentos: 1) uma *pré-análise*, que consiste na fase de separação e organização do material; 2) a *exploração do material*, processo de codificação dos dados brutos de acordo com seus elementos comuns; 3) o *tratamento dos resultados*, que corresponde à inferência e à interpretação, por meio de diagramas, tabelas, e gráficos.

No primeiro momento, realizou-se a leitura flutuante no resumo dos artigos e nas palavras chaves, com o foco em palavras ou construções textuais convergentes à temática, Ensino de Astronomia na Formação de Professores, nas revistas escolhidas, onde se verificou a presença do termo em 14 trabalhos, os quais compõem o objeto em estudo.

Depois da análise desses artigos, a partir de uma leitura mais atenta, estabeleceu-se o processo de categorização da pesquisa. Assim, cinco categorias foram elencadas como principais: 1) Concepções alternativas¹⁰; 2) Estratégias de Ensino; 3) Ensino de Ciências/Física; 4) Interdisciplinaridade e, 5) Popularização da Astronomia.

A Tabela 2 apresenta, quantitativamente, o registro das ocorrências evidenciadas nos textos após a categorização.

1.2.3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 demonstra a quantidade de artigos encontrados nos periódicos mencionados para o levantamento bibliográfico, num total de 14 artigos.

¹⁰ De acordo com Teodoro (2000), existem muitos termos usados pelos pesquisadores no Ensino de Ciências para fazer referência às ideias previamente concebidas pelos alunos e que são posteriormente trazidas para a sala de aula. São elas: “concepções prévias”, “conceitos intuitivos”, “concepções espontâneas”, “ideias ingênuas”, “pré-conceitos”, “ideias de senso comum” e “concepções alternativas”.

Tabela 1: periódicos analisados

ANO	PERÍODO							TOTAL
	C&E	CBEF	EPEC	RBEF	RBPEC	IENCI	RLAEA	
2009	0	0	0	1	0	0	2	3
2010	0	0	2	0	0	0	1	3
2011	1	1	0	0	0	0	0	2
2012	0	0	0	0	1	0	1	2
2013	0	1	0	1	0	0	2	4
Subtotais	1	2	2	2	1	0	6	14

A observação dos dados da Tabela 1, permite-nos inferir que a quantidade de publicações referente à temática analisada, ano a ano, é pequena. Esta primeira constatação causa preocupações, pois se verifica poucas pesquisas com o intuito de promover discussões na área. Na Tabela 2, podemos verificar o percentual das ocorrências em cada uma das categorias elencadas.

Tabela 2: Categorias de análise sobre Ensino de Astronomia na Formação de Professores

Palavras-Chaves	Ocorrência	%
Concepções Alternativas	1	7,1
Estratégias de Ensino	12	85,8
Ensino de Ciências/ Física	3	21,4
Interdisciplinaridade	1	7,1
Popularização da Astronomia	1	7,1

A categoria “Estratégias de Ensino” é caracterizada por discussões e implementações didáticas de temas, como: recursos audiovisuais; experimentos e demonstrações; visita a espaços não formais e atividades lúdicas estão presentes em quase 86% dos artigos pesquisados. Esta análise evidencia a relevância do tema e a preocupação dos autores em relação ao Ensino de Astronomia, na Formação de Professores, que apresenta diversas fragilidades conceituais, em relação a conteúdos de Ciências, em especial a Física, o que traz graves consequências para o ensino.

No entanto, a discussão sobre o “Ensino de Ciências/Físicas” substanciais e essenciais à formação do professor fica relegada a uma ocorrência de pouco mais de 21% nos artigos

analisados. Acredita-se que o ensino dessa disciplina, na educação básica, deve ter como foco a conexão entre os conceitos da disciplina e as questões relacionadas à vida cotidiana dos estudantes. De modo particular, uma abordagem mais conceitual oferece um suporte maior ao professor em formação, na elaboração de suas aulas, bem como na sua futura prática docente.

Outro quesito preocupante da análise dos dados refere-se à categoria sobre as “Concepções Alternativas” com 7,1% das ocorrências. Pesquisas realizadas neste campo, de acordo com Langhi (2004), comuns entre alunos e professores, precisam receber um tratamento adequado, destacando-se as noções sobre o campo gravitacional, forma da Terra, ciclos dia/noite e estações do ano, fases da Lua e eclipses. Por ser relevante na formação continuada de professores, deveria ser encontrada em vários dos artigos, entretanto, na presente pesquisa, certificou-se de que os autores analisaram outras concepções alternativas, como a formação e evolução estelar, origem do universo e as galáxias.

A interdisciplinaridade também é outro quesito preocupante. Langhi (2009, p.19) informa-nos que o alto grau de interdisciplinaridade da astronomia é uma qualidade singular que poderia ser aproveitada, benéficamente, em sala de aula, como um instrumento de conexão entre as diferentes ciências que nela confluem. A física, no momento de um eclipse lunar, poderia ser melhor explorada com temas sobre o conceito de sombra, penumbra e o princípio da propagação retilínea da luz.

Na geografia, a abordagem seria a localização do indivíduo no globo Terrestre, que levantaria à discussão, se o eclipse poderia ser total, parcial ou não acontecer. A coloração da lua devido à concentração de partículas de poluição suspensa na atmosfera seria outra abordagem a ser trabalhada na interdisciplinaridade. Das pesquisas analisadas, no presente levantamento, apenas 7,1% dos artigos faz referência a interdisciplinaridade, o que é pouco em se tratando de um quesito, amplamente discutido nos Parâmetros Curriculares Nacionais.

Com relação à popularização da Astronomia, no processo formativo de professores, constatamos uma ocorrência em torno de 7%, com o uso de espaços não formais como: planetários e observatórios; visitas a museus de ciências, que são altamente recomendados, visto que são estratégias metodológicas extremamente positivas, no ensino e aprendizagem. Assim como os trabalhos com astrônomos amadores e os colaboradores.

Com o foco em quem está publicando e onde estão esses autores, fizemos outra análise nos artigos, que aumentaram a nossa preocupação em relação ao ensino de astronomia, na formação de professores. A Tabela 3 mostra o número de artigos publicados nesta temática por autor e a qual Instituição pertence. Verifica-se que 65% das publicações originam-se das

Instituições públicas, enquanto 10% são contribuições de universidade estrangeira. Mais de 71% dessas publicações, concentra-se em apenas três pesquisadores, são eles: Bretones, Compiani e Langhi, enquanto que, cerca de 29% está diluída entre os outros dezessete autores pesquisados.

Tabela 3: Relação entre artigos publicados, autores e instituição

ITEM	AUTOR	INSTITUIÇÃO	Nº ARTIGO	ITEM	AUTOR	INSTITUIÇÃO	Nº ARTIGO
1	BRETONES	UNICAMP	3	11	SOUZA	UFF	1
2	COMPIANI	UNICAMP	3	12	SOARES	UFMG	1
3	LANGHI	UNESP	4	13	NASCIMENTO	UFMG	1
4	DARROZ	UFPF	1	14	GONZETTI	UNIVATES	1
5	SANTOS	UFRGS	1	15	MAMAN	UNIVATES	1
6	NARDI	UNESP	1	16	BORRAGINI	UNIVATES	1
7	SOLBES	ESPANHA	1	17	KERBER	UNIVATES	1
8	PALOMAR	ESPANHA	1	18	BELUSSO	IFPR	1
9	LONGHINI	UFU	1	19	SAKAI	IFPR	1
10	MORETT	UENF	1	20	HALTINGER	UNIVATES	1

1.2.4. Algumas Considerações

A pesquisa realizada, inicialmente, tinha a intenção de identificar, após a análise dos artigos, a atenção dos pesquisadores em disseminar temas relacionados ao ensino da astronomia, com a finalidade de obter uma visão panorâmica da formação inicial e continuada de professores de Ciências e de Física.

Verificou-se, porém que pouco material nesse perfil foi encontrado nas revistas pesquisadas. As categorias elencadas na Tabela 2 são recorrentes nas pesquisas analisadas no presente trabalho, no que diz respeito, ao Ensino de Astronomia, na Formação de professores e indica uma direção para as discussões relacionadas à formação inicial e continuada desta classe de profissionais.

As concepções alternativas, discutidas anteriormente, representam um entrave considerável para o ensino e o aprendizado da astronomia e necessitam de mais pesquisas. A popularização dessa ciência poderia contribuir, no sentido de auxiliar na mudança das concepções alternativas e desta forma, os espaços formais e não formais destacados, anteriormente, deveriam ser melhores aproveitados.

A interdisciplinaridade, pouco explorada nos artigos, pode ser almejada, utilizando-se tanto desses espaços, como também em atividades que envolvam outras disciplinas, tais como a Geografia, a História, a Matemática, a Física, etc. O confronto entre as diversas áreas do conhecimento pode sobreviver numa relação amistosa entre os saberes, proporcionando aos seus espectadores, enriquecimento cultural e aprendizado significativo.

Numa análise geral sobre o material analisado, percebe-se que os problemas de pesquisa da área estão, ligeiramente, voltados a uma tentativa de popularização do ensino da astronomia e preocupação com a formação continuada de professores, baseada em estratégias de ensino e conteúdo.

No entanto, quando se ajusta a lente de observação com o refinamento para encontrar trabalhos que envolvam atividades com abordagens na História e Filosofia da Ciência e foco nas concepções adequadas sobre Natureza da Ciência, nada foi encontrado. O que reflete a nossa preocupação e nos impulsiona a realizar este trabalho, pois esperamos que o estudo, aqui, realizado e a proposta de atividade a ser desenvolvida, com o grupo de professores, no curso introdutório de Astronomia, colaborem para diminuir as distorções a respeito das concepções sobre Natureza da Ciência e contribuam para uma ampliação das discussões da aproximação da História e Filosofia, no Ensino de Astronomia.

1.3. PROBLEMA DE PESQUISA

Para realizarmos o levantamento bibliográfico descrito no item anterior, consultamos, entre os anos de 2009 e 2013, sete revistas de circulação nacional e de relevância na área de ensino. O levantamento revelou que, em cinco anos de publicações dessas revistas, apenas quatorze trabalhos estavam relacionados ao Ensino de Astronomia, no processo formativo de professores de Ciências e de Física. Temas como gravidade, estações do ano, fases da lua, galáxia, etc, são abordadas de forma literal, sem a devida contextualização e nexos com a História e Filosofia da Ciência, o que gera uma preocupação para o ensino de Astronomia, que tem recebido pouca atenção nos cursos de licenciaturas e com reflexos nos professores que ministram a disciplina de ciências, nas séries iniciais do ensino fundamental e médio.

Verificamos na literatura que uma maneira de levantar discussões a respeito da Natureza da Ciência para as salas de aula, com o intuito de corroborar com a formação do

estudante, dotando-o de capacidade para refletir, opinar e argumentar, é fazendo uso da História, Filosofia da Ciência. Cursos de filosofia da ciência, que utilizam a história da ciência apenas como exemplos ou cursos de história da ciência em que não se questionam os aspectos epistemológicos, podem levar os alunos a aceitarem as interpretações dos autores sem crítica, passivamente, recebendo respostas para questões que ainda não tinham sido apresentadas (EL HANI, 2006).

De acordo com Lederman (1992), não existe entre os filósofos, historiadores e pesquisadores do ensino de ciências, consenso para o conceito do termo “Natureza da Ciência”, devido ao fato de o tema ser bastante complexo e dinâmico, que envolve resultados de pesquisas de diversas áreas, como a História, Filosofia e Sociologia das Ciências, além de ciências cognitivas, como a psicologia. Uma aproximação que agrega certo grau de concordância entre os filósofos, historiadores e pesquisadores do ensino de ciências, refere-se ao conjunto de saberes sobre princípios epistemológicos, envolvidos na construção do conhecimento científico, incluindo as crenças e valores intrínsecos a este processo (LEDERMAN, 1992). Alguns pontos consensuais já foram listados no início deste capítulo.

Um exemplo satisfatório do uso em sala de aula da metodologia da História, Filosofia da Ciência foi abordado no trabalho de dissertação de Henrique (2011), que apresenta uma proposta para discutir a natureza da ciência, a partir de episódios da história da cosmologia. O autor faz uma breve introdução à história da cosmologia, discutindo o que é cosmologia e alguns sentidos possíveis atribuídos ao termo “universo”, e, para contextualizar este período histórico, descreve o processo de construção dos modelos de universo estático e em expansão, discutido entre as décadas de 1910 a 1930. Após a contextualização, apresenta as duas teorias rivais envolvidas na controvérsia cosmológica, das décadas de 1950 a 1970: a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário.

Em seu texto, Henrique desenvolve discussões de episódios fundamentados na História e Filosofia da Ciência, mostrando que para se chegar ao modelo de universo que temos hoje, vários personagens entraram em cena neste processo, o que evidencia que a ciência não se faz só. De acordo com Henrique (2011), um personagem importante neste processo histórico e defensor da posição empirista-indutivista, foi o físico e filósofo inglês, Herbert Dingle (1890-1978), um professor de História e Filosofia da Ciência do *University College* de Londres, engajou-se nos debates, envolvendo as controvérsias cosmológicas, defendida a postura empirista de Galileu, que criticava as teorias racionalistas dos físicos ingleses Edward Milne, Arthur Eddington e Paul Dirac (1902-1984) - defensores da teoria do

Estado Estacionário, por negligenciarem os experimentos e confiarem, excessivamente, no poder da razão.

[...] devemos deduzir conclusões particulares de princípios gerais a priori ou derivar princípios gerais de observações? A atividade intelectual envolve dois elementos – chame-os Natureza e mente humana, ou experiência e razão (Dingle 1937, p. 250, apud HENRIQUE, 2011).

Percebemos, então, que o aperfeiçoamento dos aparatos tecnológicos utilizados nas observações astronômicas ao longo do tempo, tendo como premissa a luneta de Galileu e a atmosfera filosófica nas discussões a respeito do movimento dos corpos celestes, travada entre Galileu e a igreja, contribuiu para o surgimento de novas teorias físicas e com elas, a cosmologia sofreu profundas transformações, passando gradualmente a ser considerada uma ciência¹¹.

Levando-se em conta que os conteúdos de Astronomia fazem parte do ensino de ciências, nos anos iniciais do Ensino Fundamental e Médio (BRASIL, 1998), a formação inicial e continuada de professores necessita fornecer condições para que o futuro professor e até mesmo o professor em atividade, sintam-se capacitado para ensiná-lo. A inclusão dos fundamentos teóricos, metodológicos e práticos sobre o tema, seja na formação inicial ou continuada, pode auxiliar o futuro professor nesse processo de formação. Resumidamente: para se ensinar, é necessário conhecer bem esses conteúdos e suas estratégias de ensino (LANGHI, 2004).

Os temas categorizados na pesquisa, *Concepções Alternativas; Estratégias de Ensino; Ensino de Ciências/Física; Interdisciplinaridade e Popularização da Astronomia* estão relacionados, com a devida importância e atenção que devem ser dadas ao Ensino de Astronomia no Brasil. Dos 14 trabalhos selecionados, podemos reorganizá-los em outras categorias de análise, mais abrangentes, de tal modo que possam elencar os principais argumentos apresentados pelos pesquisadores para se promover o ensino de Astronomia, tais como *Despertar de Sentimentos e Inquietações*. Para nós, a Astronomia possuiria esta característica de despertar vários tipos de sentimentos, junto a diferentes grupos sociais, tais

¹¹ Nas teorias cosmológicas, o universo é modelado como uma entidade única, cujas variáveis estudadas são grandezas físicas, como, por exemplo, pressão, densidade e energia.

como curiosidade, interesse, fascinação, encantamento que poderiam ser aproveitadas no processo de ensino-aprendizagem de temas e conteúdos ligados a ela.

Outra grande categoria a ser relacionada aos trabalhos seria a *Relevância sócio-histórico-cultural*. A Astronomia teria uma significativa relevância sócio-histórico-cultural, pois, ao longo da história humana, o seu desenvolvimento teria proporcionado diversas contribuições para a evolução de civilizações, tais como a possibilidade de registro e organização do tempo, aprimoramento nas técnicas de plantio e caça e orientação necessária para grandes locomoções, dentre outras.

A *Ampliação de Visão de Mundo e Conscientização*, também comporia outra grande categoria, já que o estudo e a aprendizagem de conhecimentos da Astronomia poderiam promover ampliação de visão de mundo, questionamentos e reflexões, o que também acarretaria uma maior conscientização a respeito de temas como cidadania, preservação ambiental e sustentabilidade, ou seja, a *Interdisciplinaridade*. A Astronomia teria a característica de facilmente se relacionar com outras áreas do conhecimento humano, o que constituiria um grande potencial educativo.

Para tanto, almejamos através de uma atividade prática, envolvendo a construção de uma luneta, também conhecida por galileoscópio¹², abordar conteúdos de Astronomia com ênfase na história e a filosofia da ciência, a qual gerou aquele conhecimento ou desenvolvimento científico.

Pretendemos, nesse sentido, investigar o alcance do conhecimento atingido pelo desenvolvimento da ciência, proporcionado mediante o uso sistemático de recursos tecnológicos, em especial, resposta para o questionamento: Como a história do Telescópio de Galileu poderá contribuir para a construção de uma sequência de ensino centrada nos pontos consensuais da natureza da ciência para a formação de professores?

¹² No Brasil, a Olimpíada Brasileira de Astronomia – OBA, distribuiu em 2009, ano de comemoração do centenário da astronomia, um exemplar dessa luneta para cada Escola participante na Olimpíada. Em homenagem a Galileu Galilei, o instrumento recebeu o nome de Galileoscópio.

1.3.1. Objetivos de pesquisa:

1.3.1.1. Objetivo Geral

- Realizar um estudo histórico do telescópio de Galileu e discutir como este estudo poderá propiciar a construção de uma sequência didática para ser utilizada, no processo formativo de professores.

1.3.1.2. Objetivos Específicos

- Fazer por meio de fontes secundárias, um estudo Histórico do processo de Construção do telescópio de Galileu;
- Explicitar os pontos consensuais da natureza da ciência, a partir do estudo Histórico do Telescópio de Galileu e mostrar suas implicações para a formação de professores;
- Elaborar uma sequência didática, utilizando o Estudo de Caso Histórico de Stinner et al. (2003) centrada na natureza da ciência, por meio do estudo histórico do processo de construção do Telescópio de Galileu;
- Propor, mediante a construção da sequência didática, a aprendizagem significativa dos conteúdos a serem ministrados.

CAPÍTULO 2: METODOLOGIA DA PESQUISA

2.1. INTRODUÇÃO

A aplicação de atividades ou investigações que envolvam o estudo Histórico e Filosófico da Ciência, em uma sala de aula, requer, por parte do professor pesquisador, uma série de atitudes e procedimentos que são inerentes ao próprio método. Kuhn (2006) adverte-nos sobre a doutrinação da ciência, que pode estar envolvida na troca da verdade histórica, pelo compromisso dos estudantes para com a empresa científica. Outra preocupação para com a aplicação de História e Filosofia da Ciência, está intimamente imbricada, na necessidade do tempo que a abordagem histórico-filosófica necessita para o tratamento satisfatório do conteúdo em específico.

Na perspectiva de realizar estudos que venham corroborar com a abordagem da História e Filosofia da Ciência, no ensino de Ciências, no sentido de minimizar as preocupações apresentadas anteriormente, é que propomos para este trabalho, uma pesquisa qualitativa, que de acordo com Bogdan e Bliklen (1994), além de agrupar diversas estratégias de investigação, os dados recolhidos são ricos em pormenores descritivos e de complexo tratamento estatístico. Eles justificaram o uso deste tipo de pesquisa em um de seus trabalhos, argumentando:

Utilizamos a expressão investigação qualitativa como um termo genérico que agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características. Os dados recolhidos são designados por qualitativos, o que significa ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas, e de complexo tratamento estatístico. As questões a investigar não se estabelecem mediante a operacionalização de variáveis, sendo, outrossim, formuladas com o objectivo de investigar os fenómenos em toda a sua complexidade e em contexto natural. (BOGDAN E BIKLEN, 1994, p.16)

Vimos nessa justificativa o apoio ao nosso trabalho. Pois, além da intervenção do professor pesquisador, durante a inserção da proposta História e Filosofia da Ciência, há também a intenção de propor modificações nas visões deformadas sobre o trabalho científico,

referente à natureza da ciência e nas concepções alternativas de conceitos nos conteúdos sobre astronomia. Investigar e avaliar, quantitativamente estes procedimentos, seriam complexos.

O trabalho aqui exposto baseia-se em uma pesquisa de caráter documental, em fontes secundárias, a respeito do trabalho de Galileu, frente ao desenvolvimento tecnológico do telescópio e o seu impacto na percepção do homem, em relação ao conceito aristotélico pré-estabelecido do universo em um estudo de caso histórico. Neste caso, o ensino, em especial, o de ciências, não pode e nem deve apostar somente na história, como elemento motivador, que se limita a apenas em datas lineares e nomes de cientistas, fatos caricaturais ou anedotas (reais ou inventadas) ou em descobertas sensacionais, como encontradas, atualmente, em livros didáticos.

No ensino, seja no médio ou superior, é importante um “balanço racional” dos aspectos históricos abordados. A atenção em quais aspectos históricos que são importantes para melhorar o nível cultural dos estudantes e que lhes permitam uma melhor compreensão da natureza da ciência deve ser evidenciada, levando-se em consideração que, para muitos desses, o ensino médio representa a etapa final dos estudos (PORTELA, 2006, p. 45).

O desenvolvimento desse trabalho foi dividido em dois momentos. No primeiro, desenvolveu-se um levantamento bibliográfico¹³, com fontes secundárias de textos escritos, onde se realizou estudos referentes às tendências sobre ensino de astronomia, na formação de professores, em periódicos da área de ensino de ciências, descrita no capítulo 1 da presente dissertação. Este levantamento bibliográfico ajudou-nos a delimitar melhor a nossa questão de pesquisa: Como a história do Telescópio de Galileu poderá contribuir para a construção de uma sequência de ensino centrada nos pontos consensuais da natureza da ciência para a formação de professores?

Nesse sentido, para responder essa questão de pesquisa, o caminho metodológico de nossa pesquisa estará dividido em duas fases: A primeira será uma pesquisa documental que é o estudo histórico do telescópio de Galileu. Na segunda, será realizada a construção de uma Proposta de Ensino sobre o Telescópio baseada no Estudo Histórico do Telescópio de Galileu, a ser utilizada na formação de professores, numa perspectiva reflexiva. Para tanto, utilizaremos como estratégia de Ensino, o Estudo de Caso Histórico, proposto por Stinner et al. (2003).

¹³ Esse levantamento bibliográfico está contido no capítulo 1 e pode ser encontrado na ato do XXI SNEF – de 26 a 30 de janeiro de 2015, Uberlândia/MG - Tendências das pesquisas sobre ensino de astronomia na formação de professores em periódicos da área de ensino de ciência.

2.2. PESQUISA DOCUMENTAL

A pesquisa ou análise documental é aquela realizada a partir de documentos, contemporâneos ou retrospectivos, considerados cientificamente autênticos e é encontrada em fontes como tabelas estatísticas, cartas, pareceres, fotografias, atas, relatórios, obras originais de qualquer natureza (pintura, escultura, desenho, etc), notas, diários, projetos de lei, ofícios, discursos, mapas, testamentos, inventários, informativos, depoimentos orais e escritos, certidões, correspondência pessoal ou comercial, documentos informativos arquivados em repartições públicas, associações, igrejas, hospitais, sindicatos (Santos, 2000). Constitui uma técnica importante na pesquisa qualitativa, seja na complementação de informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema (Ludke e André, 1986).

Normalmente, em uma pesquisa em História da Ciência são utilizados documentos de vários tipos, tais como: cartas, cadernos de anotações, bilhetes, diários, objetos, utensílios, etc. Costuma-se classificá-los em fontes primárias, que são os materiais da época estudada, escritos pelos pesquisadores estudados e fontes secundárias que são os estudos historiográficos e obras de apoio¹⁴, a respeito do período e dos autores investigados (MARTINS, 2005).

Embora a distinção entre fontes primárias e secundárias seja simples, há casos em que esta vai depender do objeto de estudo da pesquisa. Por exemplo, se o objeto de estudo for o sistema de comunicação entre os membros da Academia Internacional da Astronomia, todas as correspondências entre seus membros serão fontes primárias. Mas, se o objeto de estudo for a obra de Galileu Galilei, os comentários biográficos, eventualmente encontrados nessa correspondência, poderão ser considerados como fontes secundárias.

Martins (2005, p.310) alerta-nos que quanto mais pudermos nos aproximar dos “originais” de um autor, mais fiéis poderemos ser em relação a seu trabalho. Assim, o pesquisador deve tomar cuidado com cópias de manuscritos antigos, traduções, citações e descrições indiretas. Em geral, em cópias manuscritas de originais são introduzidos erros e omissões. No caso de manuscritos antigos, como os de Platão, Aristóteles ou Epicuro, normalmente, eram feitas várias cópias e os copistas, muitas vezes, faziam anotações suas e introduziam sua própria interpretação ou ideias nos originais. Há muitos casos (como os dos

¹⁴ Estas obras podem ser trabalhos de filósofos e biógrafos.

pensadores da Antiguidade) em que o original se perdeu e só restaram cópias. Caso o pesquisador vá utilizar um manuscrito desse tipo, deve comparar várias cópias; e se só restou uma única cópia, é preciso utilizá-la com a devida cautela.

A pesquisa do tipo que estamos tratando, o estudo da natureza da ciência na formação inicial e continuada de professores por meio do estudo histórico e filosófico da construção do telescópio de Galileu, ficou centrada a consultas em fontes secundárias. Baseada, principalmente, na leitura do livro *Sidereus nuncius*, o mensageiro das estrelas, traduzido e comentado por Henrique Leitão. Esta fonte apresenta um trabalho minucioso e bem aprofundado de Leitão sobre as atividades de Galileu, antes da construção do telescópio e durante as suas observações. Tanto que ao final da nota de abertura do livro, Sven Dupré afirma:

H. Leitão recolhe toda a erudição relevante sobre Galileu, o telescópio, e o *Sidereus Nuncius*, numa bela síntese que (estou convencido) definirá o standard por muitos anos. Mas o leitor também encontrará muito para desfrutar sobre a perspectiva portuguesa deste famoso episódio da história da ciência, que merece ser melhor conhecida fora de Portugal (LEITÃO, 2010, p.9).

Então, de posse desta fonte segura e reconhecida, encontramos motivação acadêmica e respaldo científico para buscar resposta a pergunta: “Como a história do Telescópio de Galileu poderá contribuir para a construção de uma sequência de ensino centrada nos pontos consensuais da natureza da ciência para a formação de professores?” Neste caso, não é necessário estudar os próprios trabalhos científicos de Galileu, consultar obras que contenham estudos e contribuições nessa temática, pode ser suficiente para a realização desse estudo.

Outro material, fonte de nossa pesquisa, catalogado como fonte secundária e que reúne contribuições de diversos historiadores de reconhecido trabalho na história da ciência, é o livro *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano* de Galileu Galilei, com tradução, introdução e notas de Pablo Rubén Mariconda. Em seu prefácio da primeira edição, ele escreve: “Procurei, na media do possível, assegurar a fidelidade textual da tradução, que foi feita da perspectiva da tradução literal, mantendo o texto em português o mais próximo possível do original italiano” (MARICONDA, 2011, p.11).

2.3. ESTUDO DE CASO HISTÓRICO

A formação de uma cultura científica na educação básica deve considerar dois aspectos dinamicamente complementares: de um lado, os aspectos conceituais da ciência, e de outro àqueles referentes à natureza da ciência. O primeiro se refere aos conceitos, leis, formalismos matemáticos e modelos que utilizamos na ciência para descrever interpretar e modelar a natureza. Está relacionado ao produto do conhecimento científico, aos modelos atualmente aceitos, a descrição matemática e a interpretação que fazemos de determinados fenômenos. Já a dimensão natureza da ciência, que integra a epistemologia, filosofia e história da ciência, relata a dinâmica de como o conhecimento científico é construído, como o cientista desenvolveu e justificou esse conhecimento, quais mudanças de paradigmas ocorreram, as competições entre teorias concorrentes, as influências sócio-econômicas de determinadas ideias, enfim, é uma dimensão mais interpretativa (PORTELA e LARANJEIRAS, 2005, p.6).

A definição de cultura científica desenvolvida por Portela e Laranjeiras (2005), neste sentido, a História da Ciência é uma função constitutiva na formação científica do cidadão. Então somos desafiados a perguntar: como trabalhá-la em sala de aula, considerando as adversidades da escola? No ensino médio, qual tipo de história contemplaria a dimensão da natureza da ciência, na formação de uma cultura científica? Com certeza estas questões não apresentam respostas fáceis.

Do ponto de vista do historiador da ciência, a forma mais segura de captar a real natureza da ciência é por meio de um estudo profundo, o que pode ser alcançado tanto em fontes primárias quanto em fontes secundárias (PORTELA e LARANJEIRAS, 2005). Por outro lado, não podemos apostar somente numa história que se limite a datas e nomes, a fatos caricaturais ou a anedotas (reais ou inventadas) como atualmente é feito nos livros didáticos, mesmo reconhecendo a importância que isso tem no ensino. Temos que nos voltar para outras estratégias, como cita Guerra et al. (1997).

[...] devemos nos centrar na história que busca entender a ciência como uma construção realizada por homens que, através do conhecimento, procuraram dar respostas a questões que lhe são postas pela realidade do seu tempo. Isso significa que devemos compreender a produção científica como parte da cultura (GUERRA et al., 1997 apud PORTELA e LARANJEIRAS, 2005, p.8).

Isso requer diretrizes que explicitem a riqueza intelectual, expressa nas várias versões de explicações de fenômenos, nas teorias concorrentes e nas soluções criativas; as questões que, num determinado momento, exigia respostas tanto do ponto de vista puramente teórico como prático; o caráter dinâmico característico da evolução da ciência. Existe uma variedade de possibilidades de abordagem que pode contemplar esta visão, como por exemplo, as narrativas históricas, o desenvolvimento histórico de um modelo conceitual ou um estudo de caso histórico.

Restringiremos nosso estudo a análise das potencialidades de uso dos “casos históricos”, que segundo Stinner et al. (2003): “o Estudos de Casos são contextos históricos com uma ideia unificadora, desenhados de acordo com certos princípios gerais para explicitar o contexto de um grande problema”.

Logo o incentivo e desafio, para direcionar o trabalho de pesquisa na proposta de Estudo de Caso Histórico, vem dos resultados dos círculos de seminários internacionais, que promovem a inclusão da História e Filosofia da Ciência na educação científica, ocorridos no Canadá, pela *Social Sciences and Humanities Research of Canada (SSHRC)*.

Na ata final do evento, os organizadores fizeram a seguinte observação com respeito ao uso da História e Filosofia da Ciência, na educação Científica: “O sentimento geral da comissão, no entanto, foi que não há nenhuma evidência de que a inclusão da história em ciências da educação é eficaz no ensino da ciência” (STINNER et al., 2003, p. 617).

Diante dessa afirmação, Portela (2006) apresentou em seu trabalho de dissertação, sua preocupação com a formação científica do cidadão, questionando sobre quais estratégias, do ponto de vista escolar, poderiam proporcionar uma melhor compreensão da dimensão Natureza da Ciência, uma vez que, para muitos estudiosos da área a História da Ciência tem a função constitutiva na formação científica, embora ainda concordemos que o uso da História e Filosofia da Ciência seja algo que mereça uma atenção especial e que demande mais discussões a respeito, no entanto, algumas conclusões podem ser feitas.

Conant (1960) alerta-nos sobre a diferença entre a aplicação da história do ponto de vista do historiador da ciência e do ponto de vista de um cidadão comum, com uma formação básica, no ensino médio.

Não é que se espere, por métodos abreviados, produzir no espírito do leigo a mesma reação instintiva aos problemas científicos, o que constitui o cunho do investigador, mas é possível fazer o bastante (...), para transpor, até certo ponto, o vácuo existente entre os que compreendem a Ciência porque a Ciência é a sua profissão e os que só estudaram os resultados da indagação científica, ou seja, os leigos (CONANT, 1960, p. 28).

Lederman (1998), já havia feito essa advertência, afirmando que nem todos os estudos sobre o efeito de História da Ciência, na compreensão da Natureza da Ciência têm resultados positivos. Mas algumas pesquisas têm revelado que a incorporação de História e Filosofia da Ciência, em ensino de ciências, seja eficaz a fim de orientar os alunos para uma melhor compreensão da Natureza da Ciência (SOLOMON et al., 1996) e para promover uma mudança conceitual. Ele aponta também, como resultado positivo, estudos em que as instruções sobre os objetivos da Natureza da Ciência foram devidamente explicitadas aos estudantes (STINNER et al., 2003).

Embora o resultado desses estudos iniciais sejam animadores, não são conclusivos, em função do seu pequeno número e também pela ausência de replicação. Dessa forma, devemos encarar a abordagem em História da Ciência, como formação de uma cultura científica, pois acreditamos que o conhecimento científico seja parte da cultura humana e, portanto, necessário à formação cultural de qualquer indivíduo. Para que essa cultura científica seja efetivada como um valor cultural na formação do cidadão, faz-se necessário a implementação de métodos e diretrizes metodológicas, que nos ajude a explicitar este valor. Para isso, de acordo com Portela (2006)

[...] devemos explorar a riqueza intelectual expressa nas várias versões de explicações de fenômenos; as teorias concorrentes e as soluções criativas; as questões que, num determinado momento, exigiam respostas tanto do ponto de vista puramente teórico como prático; o caráter dinâmico característico da evolução da ciência; bem como as influências econômicas e sociais da ciência e sobre a ciência (PORTELA, 2006, p.45-46).

Nessa perspectiva, abordagens com foco no Estudo de Caso Histórico têm sido consideradas como uma possibilidade metodológica, para alcançarmos a nossa proposta inicial de pesquisa. Outra possibilidade, sugerida por Stinner et al. (2003) seria o Desenvolvimento Histórico de um Modelo Conceitual e Narrativas Históricas.

Em função da proposta que pretendemos desenvolver em nosso trabalho, atemo-nos à estratégia do Estudo de Caso Histórico, com foco na história do telescópio para turmas de licenciatura, nos cursos de Geografia, Física e demais ciências naturais. De acordo com Stinner et al. (2003), o Estudo de Casos Históricos é caracterizado por princípios que possibilitam o resgate do contexto histórico em que se deu algum fato marcante da ciência; um exemplo seria a repercussão dos aparatos tecnológicos, utilizados pelos cientistas, em prol do avanço da ciência; em nosso caso específico, a contribuição da luneta de Galileu para a mudança do paradigma do modelo planetário.

Nessa proposta, devem ser explorados os obstáculos epistemológicos, retratado na visão do senso comum, onde geralmente se apóia algumas teorias, apresentando suas potencialidades e limitações, que devem ser explicitadas, demonstrando as dificuldades enfrentadas pelos personagens no desenvolvimento de cada nova ideia e no desenvolvimento do conhecimento.

Nesse contexto, a dinâmica no desenvolvimento de novas ideias é outro aspecto importante na abordagem do Estudo de Caso Histórico. Nela são evidenciadas as sequências dos processos que foram se desenvolvendo até se tornarem em revoluções importantes, bem como a intrincada relação de interação entre experimento, observação e o desenvolvimento de novos conceitos e ideias, levando-se, em consideração, a época em que foram desenvolvidos e, depois modificados ou substituídos por outro, suscitando os fatores econômicos e sociais relacionados às novas opções, caso haja.

Stinner et al. (2003) evidenciou sete diretrizes para delinear esses contextos e respaldar o professor na abordagem do Estudo de Caso Histórico:

1. Escolher um contexto com uma ideia central unificadora, que seja considerada importante para a ciência e que seja, potencialmente, frutífera na captura da imaginação do aluno.
2. Proporcionar ao aluno experiências que possam ser relacionadas com o seu mundo cotidiano, sendo simples e eficazes e explicadas pela ciência dos cientistas, mas a um nível que “faça sentido” para o aluno.
3. Criar uma “linha da história” (linear ou não) que vá dramatizar e destacar a ideia principal, ou seja, identificar um evento importante associado a uma pessoa ou pessoas e encontrar opostos binários, personagens conflitantes ou eventos que possam ser apropriadas para incluir na história.

4. Certificar-se de que as ideias, conceitos e principais problemas do tópico são gerados pelo contexto histórico naturalmente; que irá incluir aqueles que o aluno aprenderia dia-a-dia em uma abordagem convencional no livro didático.
5. Fixar o caminho do romance à precisão e à generalização. Isto será melhor desenvolvido se mostrar ao aluno que:
 - a. situações-problema fora do contexto são intrinsecamente interessantes;
 - b. conceitos que são ligados contrariamente, dentro da definição da história, como bem a ciência atual e tecnologia;
 - c. há espaço para mudança individual e generalização de ideias, problemas e conclusões.
6. Mapear e projetar o contexto, de preferência em cooperação com os alunos, onde você, como o professor, assuma o papel de líder de pesquisa e o aluno se torne parte de uma investigação em curso do programa.
7. Resolver o conflito que foi gerado pelo contexto e encontrar conexões entre as ideias e os conceitos discutidos com os correspondentes de hoje, confrontando-os (STINNER et al., 2003, p.621).

Nessa perspectiva, verifica-se que no Estudo de Caso Histórico, a história da ciência poderá contribuir para elaborarmos sequências de ensino, que dizem respeito a uma melhor compreensão da natureza da ciência por parte dos alunos, pois nesta proposta metodológica, abrem-se portas para o diálogo em suas várias dimensões, tanto entre o professor, quanto alunos, na compreensão dos eventos históricos, uma vez que participam de todas as etapas, desde a escolha do evento a ser abordado.

A apresentação desse estudo pode ser realizada de variadas maneiras. Stinner et al. (2003) sugere que o professor divida a turma em três grupos. O primeiro apresenta o contexto histórico, que deve conter as ideias científicas do período, suas justificativas, confrontos e conexões com o tópico estudado. O segundo grupo responsabilizar-se-ia por apresentar as experiências e ideias principais do contexto, podendo, se for o caso, realizar uma demonstração que replique o experimento; e o terceiro grupo, discutiria as conexões entre as ideias abordadas no caso histórico e as ideias, atualmente, aceitas sobre o tema escolhido. Assim, é nessa perspectiva do Stinner, que elaboraremos a nossa proposta com o estudo Histórico do Telescópio de Galileu.

CAPÍTULO 3: HISTORIOGRAFIA DA LUNETEA DE GALILEU GALILEI

3.1. GALILEU E A CIÊNCIA MODERNA

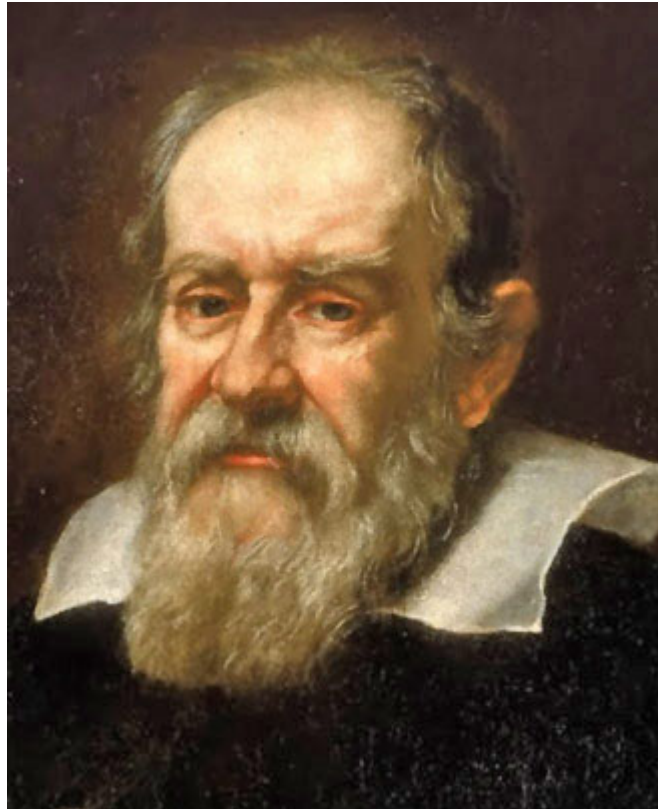


Figura 1: Retrato de Galileu Galilei, por Justus Susterman em 1636 (BONECHI, 2008, p.90).

A Idade Média caracterizou-se no campo filosófico, pela mutação¹⁵ no modo de pensar contemplativo, *vita contemplativa*, do homem medieval, ou antigo, para o modo interativo, *vita activa*, e de domínio da natureza do homem moderno, o que Koyré chamou de “uma revolta espiritual”¹⁶ (KOYRÉ, 1986a, 1986b). No campo religioso, pela reforma protestante que contestava veemente o dogma da Igreja Romana, sobretudo na interpretação das

¹⁵ De acordo com Bachelard (1938) – mudança intelectual.

¹⁶ Esta revolução é por vezes caracterizada e explicada simultaneamente por uma espécie de revolta espiritual, por uma transformação completa de toda a atitude fundamental do espírito humano, tomando a vida ativa, *vita activa*, o lugar da teoria, *vita contemplativa*, que até então havia sido considerada a sua forma mais elevada (KOYRÉ, 1986b, p.11).

escrituras sagradas, o que influenciou tanto na vida das pessoas, quanto na salvação de suas almas, por meio da venda de indulgência.

Nesse período, a ciência estava muito atrelada à Filosofia de Platão e Aristóteles, possuía restrições e estava vinculada aos ensinamentos bíblicos (RONAN, 1987; MARICONDA, 2000). Mas o florescer de novas concepções, a partir do século XV, permitiu uma reformulação no modo de como explicar a natureza. Esta nova forma de pensar¹⁷, comprovar e, principalmente, fazer ciência, prosperou intensamente em um período que se prolongou até o fim do século XVI (encerrando o período conhecido como Ciência Antiga) e início do século XVII (tido como sendo o início do período, nominado de Ciência Moderna). Em Mariconda (2006), encontramos a afirmação de que:

é comum caracterizar a revolução científica do século XVII como uma transformação completa da atitude fundamental do espírito humano. Essa transformação está expressa na oposição entre uma atitude ativa e uma atitude contemplativa: o homem moderno procura dominar a natureza, tornar-se “dono e senhor da natureza”, enquanto o homem medieval visa apenas contemplá-la (MARICONDA, 2006, p.269).

A chamada Revolução Científica do século XVII tornou o conhecimento mais estruturado e mais prático, podendo estar a serviço do homem, o que absorvia o empirismo, como mecanismo para se consolidar as constatações do conhecimento científico obtido por meio da experiência e da experimentação.

A distinção entre os conceitos de “experiência” e “experimentação”, tragos por Koyré fundamentará de sobremaneira a interpretação desse período. Para ele, experimentação difere de simples experiência, pois o conceito de experiência está relacionado às evidências empíricas dos objetos, enquanto a experimentação científica constitui-se a partir de uma interrogação metódica da natureza e exige a existência de “uma linguagem que possibilite essa interrogação, bem como de um vocabulário que permita uma interpretação das respostas”. Para Galileu, essa linguagem era a linguagem das curvas, dos círculos e dos triângulos, em linguagem matemática, mais precisamente, em linguagem geométrica (KOYRÉ, 1986a, 1986b, 1992).

¹⁷ Para Koyré, a revolução científica do século XVII não está dissociada de uma transformação de um quadro de pensamento onde está incluído tanto o pensamento religioso quanto o pensamento filosófico (SALOMON, s.d).

Esse período marcou uma ruptura com as práticas ditas científicas da Idade Média, fase em que a Igreja Católica, como autoridade e Aristóteles, como tradição, ditavam o conhecimento de acordo com os preceitos religiosos e o ensinavam nas universidades (KOYRÉ, 1986b). De acordo com Alexandre Koyré (1989) “a Ciência Moderna não nasceu pronta e acabada e, como *Atena* da cabeça de Zeus, dos cérebros de Galileu e Descartes. A revolução científico-filosófica operada no século XVII foi o resultado de um longo esforço do pensamento humano”. Dentro desse quadro, Galileu é universalmente considerado o fundador da física clássica, que passará a ser desenvolvida em direção de uma teoria físico-matemática, dos fenômenos naturais (MARICONDA, 2006).

Nesse período, diversos movimentos sociais, culturais e religiosos prestaram suas valiosas contribuições para o incremento da Revolução Científica. Afinal, esse era também o período do Renascimento, em que pregava a volta da cultura Greco-romana e propagava a mudança de orientação do “teocentrismo” para o “antropocentrismo”. Outra característica marcante foi o “humanismo”, interessado em um pensamento mais crítico e, principalmente, a valorização do homem (RONAN, 1987). Tais abordagens causaram mudanças significativas no pensamento humano.

De acordo com Koyré (1986b), a história do pensamento científico pode ser dividida, a grosso modo, em três etapas ou épocas, que correspondem, por sua vez, a três tipos diferentes de pensamento: Primeiro, a física aristotélica, cuja visão é “falsa”, completamente ultrapassada, mas, todavia, uma ciência altamente elaborada para a época, ainda que não o seja matematicamente; em seguida, a física do *impetus*, originada, como tudo o mais, do pensamento grego e elaborada no decurso do século XIV, pelos nominalistas parisienses, tendo como precursores, Jean Buridan, Nicolau Oresme e Benedetti; finalmente, a física moderna, matemática, do tipo da de Arquimedes ou de Galileu e Descartes (KOYRÉ, 1986b, p. 22; MARICONDA, 2006).

Nesses moldes, a Revolução Científica é fundamentalmente operada por Galileu (KOYRÉ, 1986b), através da especulação do movimento inercial. No entanto, Koyré afirma que a origem para o desenvolvimento da nova física é fornecida por Copérnico, na discussão com os aristotélicos sobre o movimento da Terra (KOYRÉ, 1989). Este pensamento trouxe duas implicações: a primeira refere-se ao fornecimento da explicação de que todas as coisas fazem parte do movimento da Terra como movimento “natural”, colocando assim o Sol e não a Terra, como o centro do Universo; e a segunda, conseqüentemente, pelo fato de todos os corpos fazerem parte do movimento da Terra, de acordo com as afirmações de Copérnico.

Nesse caso, há uma tentativa, ainda que não com intenção ou maturidade científica, de uma fusão da Física celeste com a Física terrestre. Segundo Koyré (1986a, 1986b, 1989), Copérnico tenta explicar o movimento de queda dos corpos que caem curvilinearmente, ao invés de retilinearmente, como prova da participação do movimento da Terra nos corpos.

Logo a dissolução do cosmo aristotélico, hierarquicamente ordenado e a instituição do universo aberto e infinito, no qual todas as coisas pertencem ao mesmo nível de Ser (KOYRÉ, 1986b), permitiu a formulação da Lei da Inércia, que afirma que “um corpo entregue a si próprio, persiste eternamente no seu estado de movimento ou de repouso e que devemos pôr em ação uma força para transformar um estado de movimento em um estado de repouso ou vice-versa” (KOYRÉ, 1986b, p.40), e, por sua vez, o entendimento na descrição do movimento dos corpos e o seu papel nos eventos naturais foram de suma importância para o desenvolvimento e a consolidação desse período.

A revelação da lei de queda dos corpos, a formulação da teoria do movimento uniformemente acelerado e a elucidação da trajetória parabólica dos projéteis, realizadas por Galileu, de acordo com Mariconda (2006), justificam esse veredicto. Encontramos ainda em Koyré (1982) que:

a física aristotélica transcende o senso comum, ela elabora teorias e não apenas representa fenômenos, por isso pode ser considerada científica. Não obstante é uma física, isto é, uma ciência altamente elaborada, apesar de não o ser fundada abstratamente na matemática. Não se trata de imaginação pueril, nem de grosseiro enunciado logomárquico de senso comum, mas de uma teoria, ou seja, uma doutrina que, partindo naturalmente dos dados do senso comum, submete-os a um tratamento extremamente coerente e sistemático (KOYRÉ, 1982, p.157).

Mas Galileu, antes de se aventurar na empreitada da construção da luneta, estava mergulhado nos estudos matemáticos, em busca de explicações científicas para o movimento de queda dos corpos e na questão da luz celestial, desde quando, em 1604, apareceu no céu uma estrela nova (DUPRÉ, 2003). Para tanto, no mundo sublunar, a física do *impetus* de Benedetti para explicar a teoria aristotélica era muito confusa e contraditória em si mesma, pois “como explicar que uma flecha lançada contra o vento seja levada pela reação do ar”?

Já os argumentos de Giordano Bruno refutam o movimento “natural” e adota um movimento, num sistema mecânico, que era bem mais convincente para Galileu. Para, Giordano, o ar que circunda a Terra, arrastado pelo movimento desta, o movimento dos

ventos, das nuvens, dos pássaros se dão aí, exatamente da mesma maneira que no ar imóvel. No entanto, a obstinação do astrônomo aristotélico Tycho Brahe, defensor do movimento “natural”, rejeita os argumentos de Giordano Bruno e contra-argumenta, baseado no seguinte questionamento experimental: “se de um canhão disparasse uma bala em direção ao oriente (...); e depois do mesmo canhão, e do mesmo lugar, se disparasse uma outra (...) em direção ao ocidente? Pode-se acreditar que uma e outra (...) atravessariam acima da Terra espaços iguais?” (KOYRÉ, 1986a, p.227).

Diante o turbilhão de questionamentos em torno da explicação do movimento dos corpos, nesse período, a metafísica kepleriana trouxe luz à discussão. Kepler abandona a concepção clássica dos “lugares naturais” dos corpos. Para ele, o “lugar natural” do corpo é o “espaço”. E o “espaço” kepleriano, assim como o de Bruno, é homogêneo o bastante para que nele, cada “lugar” torne-se para qualquer corpo um “lugar natural” (KOYRÉ, 1986a). Já, no mundo supralunar, a física de Aristóteles não se sustentava, apresentando diversas incoerências, já que o céu não parecia ser imutável, incorruptível e eterno como doutrinado nas universidades.

A questão da luz celestial era assunto muito debatido entre os perspectivistas medievais, bem como entre os comentaristas escolares sobre Aristóteles. A discussão ainda estava aberta, quando Galileu se interessou pelo problema. Antes das observações telescópicas, a questão da luz dos planetas e das estrelas era um problema particularmente, polêmico, a única diferença observável entre as estrelas fixas e planetas estava em seu movimento. Por conseguinte, nenhuma distinção foi feita sobre a luz observável entre planetas e estrelas fixas (DUPRÉ, 2003). Alhazen, em seu trabalho sobre *A luz das estrelas*, argumentou que ambas, estrelas fixas e planetas, brilhavam devido à sua própria luz. Como prova deste argumento:

Alhazen apontou em particular à ausência de observação das fases de Vênus. Ele argumentou que, se os planetas e as estrelas fixas só refletem luz, Vênus mostraria fases como a Lua, e, uma vez que este não é o caso, os planetas e as estrelas brilham com sua própria luz. O argumento de Alhazen passou para o comentário da tradição escolástica Aristotélica (DUPRÉ, 2003, p.371).

O entendimento de Albertus Magnus sobre a luz celestial diverge do de Alhazen. Este argumenta que nem os planetas e nem as estrelas possuem a sua própria luz, o Sol é a única

fonte de luz. Posição que também foi atribuída a Aristóteles e Averroës. Suas crenças eram de que planetas e estrelas seriam transparentes e se, se tornavam visíveis para nós, é porque seus corpos são impregnados com a luz solar e que, posteriormente, era transmitida para nós (DUPRÉ, 2003).

Kepler acreditava que ambos, planetas e estrelas, brilham com sua própria luz e argumentou essa crença em seu livro *Paralipomena*. Ele havia estudado cometas e os considerou serem esferas em chamas, mostrando que a sua cauda era formada pelos raios solares refratados da esfera transparente do corpo do cometa. Como Vênus não apresentava tais fases, Vênus tinha que ter alguma luz própria. Somente após Galileu haver revelado o que o telescópio mostrou, que Vênus passa por fases, é que Kepler admitiu seu erro e afirmou que estava muito surpreso, “porque, devido ao enorme brilho de Vênus, eu era da opinião de que ele tinha a sua própria luz”.

Kepler realizou também estudos sobre o brilho da estrela nova que apareceu no céu em 1604, em seu livro *De Stella nova (1607)*. Nele, Kepler argumenta que o movimento de rotação da própria estrela causou seu piscar, também apresentou uma segunda explicação, afirmando que o piscar da estrela “foi causado pelo movimento da luz no firmamento, tanto quanto quando se olha através de uma chama trêmula”. Estes argumentos de Kepler foram o ponto de partida para a discussão de Galileu da luz das estrelas e dos planetas, em 1604 (DUPRÉ, 2003).

Sobre a luz da Lua, em seu livro *Considerazioni*, Galileu discordou da sua perfeição, contrariando a autoridade aristotélica. Seu argumento baseava-se numa Lua com superfície áspera, além disso, argumentava que “surgem na Lua cheia pequenas áreas de trevas, devido à existência de muitas montanhas, elas não podem receber e refletir a luz do Sol (como ensinavam os perspectivistas) como faz o resto da Lua, plana e lisa”. Com esse argumento, Galileu afirma que as manchas escuras na Lua são montanhas, enquanto a parte mais brilhante da Lua é plana e lisa. Esta explicação de Galileu da luz da Lua foi a primeira entre as questões de luz celestial e que foi submetida à mudança. No entanto, mesmo antes de suas observações telescópicas, ele alterou seu parecer, imediatamente após a publicação do *Considerazioni* (DUPRÉ, 2003).

Desde que se envolvera com a questão da luz celestial, quando do aparecimento da estrela nova, em 1604, e a partir de seu estudo sobre espelhos e reflexão¹⁸ e, no contexto das suas investigações sobre a luz da Lua em 1607, Galileu estava familiarizado com irradiação e

¹⁸ Galileu certamente teve acesso a algumas das numerosas notas de Leonardo da Vinci sobre reflexão, que eram o núcleo importante de *Trattato di pittura* de Leonardo (DUPRÉ, 2003, p.377)

sabia que se olhasse através de um pinhole¹⁹ conseguiria enxergar as estrelas sem a perturbadora irradiação. Então, era natural que Galileu voltasse a essa questão, uma vez que, em 1609, ele tinha agora um telescópio (DUPRÉ, 2003).

É possível que, o desejo de perscrutar o céu com refinado detalhe e melhor poder de alcance da visão, tenha se desenvolvido de forma latente no intelecto de Galileu, então, com a novidade do instrumento holandês, o telescópio, serviu para dar início à concretização deste desejo e mostrou aos estudiosos da época que os planetas não brilhavam com luz própria, pondo fim a uma questão antiga, desde os escolásticos de Aristóteles.

Mediante os embates filosóficos acerca dos novos conhecimentos e das comprovações empíricas, que a cada dia ganhavam mais espaço, foram reduzidas as influências místicas da Idade Média. Com uma atitude ativa do método hipotético-dedutivo, exemplificada na física matemática de Galileu, a ciência ganhou novas ferramentas e passou a ser mais aceita e vista como importante para um novo tipo de sociedade que nascia. Com o desenvolvimento de instrumentos científicos, a exemplo da balança hidrostática²⁰ e do compasso geométrico-militar de Galileu, o conhecimento ganha impulso, primeiro, numa direção eminentemente técnica e, a partir de 1609, em uma direção claramente científica com o telescópio. Segundo Mariconda (2006):

embora não se deva tomar tal caracterização em sentido absoluto, pois poderia conduzir, de um lado, a minimizar as realizações técnicas da Idade Média e, de outro, a maximizar a influência da técnica no desenvolvimento científico dos séculos XVI e XVII, não deixa de ser verdade que a filosofia, a ética e a religião modernas enfatizam a ação, a práxis, muito mais do que o faziam o pensamento antigo e medieval (MARICONDA, 2006, p.269).

Em meio a toda essa efervescência favorável à Revolução Científica, a Ciência Moderna abandona qualquer explicação qualitativa ou teleológica para explicar os fenômenos, que não passam de efeitos de causa redutíveis ao instrumental matemático. Procedimento impossível na física aristotélica, do senso comum, pois a identificação de espaço ideal geométrico e homogêneo não era concebido por eles, assim como o era para os copernicanos.

¹⁹ De acordo com o dicionário Michaelis pinhole significa: *furo feito por alfinete*. Galileu utilizava um cartão com um pequeno furo “pinhole” colocado antes de seu olho para observar estrelas e planetas, reduzindo assim a irradiação da luz solar (DUPRÉ, 2003, p.378).

²⁰ Instrumento destinado a resolver o problema prático de medição de uma grandeza física: o peso específico dos materiais, tal como definido por Arquimedes em seu tratado *Dos corpos flutuantes*.

Com um novo horizonte, a matemática ganha espaço e se desenvolve com grande relevância para o desenvolvimento de procedimentos mais rigorosos e críticos. Mariconda (2006) argumenta que:

e dado que a ciência emprega um método autônomo para aferir a verdade das concepções naturais, que é também o único método acessível à capacidade humana, as conclusões naturais devem não só prevalecer sobre a letra da Escritura, mas também servir de base para a determinação de seu verdadeiro sentido (MARICONDA, 2006, p.286).

Em Koyré (1992), a Revolução Científica é eminentemente teórica e a experiência empírica é uma extensão contingente, não necessária da própria teoria. Ele nos alerta:

Ora, se é numa linguagem matemática, ou mais exatamente geométrica, que a ciência clássica interroga a natureza, essa linguagem, ou mais exatamente, a decisão de a empregar – decisão que corresponde a uma mudança de atitude metafísica – não poderia, por sua vez, ser ditada pela experiência que ia condicionar (KOYRÉ, 1992, p.16).

Os efeitos da Revolução Científica foram incontáveis e mudaram significativamente a história da humanidade. Estabeleceram-se leis que pareciam óbvias, mas que exigiram uma reformulação do próprio intelecto, da ideia de natureza e da concepção de ciência (RONAN, 1987). Provou-se que a Terra não ocupava um lugar privilegiado no centro do universo e que ela girava em torno do Sol, assim como os demais planetas observados.

A nova astronomia de Giordano Bruno nega a metafísica aristotélica de um cosmo fechado e finito, determinado qualitativamente e ordenado hierarquicamente e livres das amarras do conceito de “lugar natural” e “potência”, a física de Galileu explica diversos comportamentos da natureza, e estabelece, através da dedução do puro raciocínio hipotético-dedutivo, a *lei da inércia*, refutando assim a necessidade do motor ligado ao móvel, para mantê-lo em movimento infinitamente (KOYRÉ, 1986a).

De acordo com um estudo realizado pelo historiador das ciências Bernard Cohen, em *O nascimento de uma nova física (1967)*, nos é apresentado um estudo sobre a constituição das teorias que formaram a ciência moderna, de Copérnico a Newton. Nesse estudo é possível

verificar que, com base em conhecimentos prévios, na organização do pensamento racional, aliados a técnica e a observação possuem, há o poder de transformar a ciência.

Ao afirmar que a física formulada por Galileu daria origem a uma teoria revolucionária, atribui um papel fundamental ao telescópio, chegando a estabelecer o ano de 1609, como fundamental para a história da astronomia, simplesmente pelo fato de que nesse ano, o telescópio passaria a ser utilizado e as observações proporcionadas por este instrumento teriam importância decisiva para o desenvolvimento científico (BARBOSA, 2011).

Concordando com Cohen, Mariconda (2006) informa-nos que a introdução nas práticas científicas do método experimental, de fato, favoreceu a consolidação dessa união entre a ciência e a técnica, a tal ponto de haver entre elas uma correlação, gerando assim um ciclo (Figura 2), que pode ser esquematicamente representado como segue:

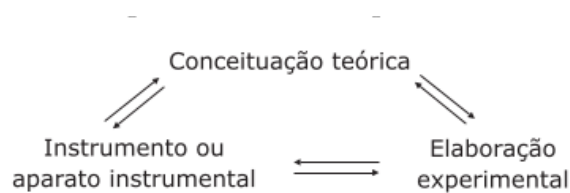


Figura 2: Mariconda (2006, p.278)

Mariconda (2006) constata que esse ciclo está evidenciado nas obras de Galileu, em especial no *Sidereus nuncius*, que revelou ser apropriado para promover essa ligação entre a ciência e a técnica. De acordo com autor isso permitiu que a ciência expandisse por todo o mundo no qual vivemos, fazendo com que nossa civilização seja, essencialmente, uma civilização técnico-científica.

As discussões em torno da luz celestial, do movimento dos corpos, do uso e aprimoramento de instrumentos e da experimentação, constituem elementos teóricos que influenciaram na formação intelectual do jovem Galileu e que serão evidenciados, ao longo deste trabalho. Tais elementos desempenharam um papel de primeiríssima importância no pensamento e nos estudos de Galileu, que desde a sua juventude o colocou no sentido pleno e inteiro em função da concepção copernicana de universo, até então contestada pelos aristotélicos.

Mas agora, a informação do surgimento de um instrumento com a capacidade de se ver ao longe abre, na física copernicana de Galileu, a possibilidade do seu empreendimento cosmológico em busca de explicações para as questões de discórdias entre os dois sistemas de mundo em discussão. Esta física, que nasce tanto acima da Terra como nos céus, e que é apresentada como solidária desse empreendimento cosmológico, será reconhecida posteriormente como o início da Ciência Moderna (KOYRÉ, 1986a).

3.2. GALILEU GALILEI

Nasce, em Pisa, aos 15 dias do mês de fevereiro de 1564, num rigoroso inverno Italiano, Galileu di Vincenzo Bonaiuti de' Galilei. Primogênito, numa prole de sete filhos do músico e musicista Vincenzo Galilei e Giulia Ammannati di Pescia. O pai de Galileu pertencia à alta sociedade de Pisa e apesar de a família ter decaído economicamente, ainda mantinha o prestígio, graças às boas tradições familiares, que conservara e às relações de amizade com os membros da alta aristocracia (GALILEI, 2008).

Educado numa atmosfera familiar religiosa, obediente aos princípios católicos e devoto aos dogmas da igreja, Galileu ingressa no mosteiro célebre de Santa Maria de Vallombrosa, e em 1578, com apenas quatorze anos, entra para a ordem, como novato para se tornar padre. Seu pai, vislumbrando outros atributos ao filho, não lhe permite esta vocação e matricula-o na Universidade de Pisa para estudar medicina.

O conhecimento na medicina nunca foi do interesse de Galileu. Sua concentração e talento estavam em estudar matemática e física²¹, além de possuir uma mente fértil para inventar instrumentos e exímia habilidade para construí-los²². Tanto que, dois anos depois de ingressar-se na Universidade de Pisa, decidiu estudar matemática com Ostilio Ricci, discípulo do famoso Niccolò Tartaglia, uma grande oportunidade para Galileu, mas um golpe de traição para seu pai. Assim, abandona a universidade em 1585, sem obter o título de médico e vai refugiar-se em Florença. Para se manter e continuar seus estudos na matemática, mecânica e hidrostática, começou a dar aulas particulares, pois seu cargo de professor em Pisa, para

²¹ A palavra Física no latim *physica*, no grego é *physike* e significa natureza. O uso sistemático dessa palavra só surgiu no final do sec. XVII e início do sec. XVIII com os Iluministas, até então, no período de Galileu o termo usado para designar a Física era “Ciências Naturais”.

²² Instrumentos como: a balança hidrostática; um tipo de compasso geométrico que permitia medir ângulos e áreas; o termômetro de Galileu e o precursor do relógio de pêndulo.

ensinar Geometria, Astronomia e Engenharia Militar, lhe rendia apenas 180 florins anuais, insuficiente para suas despesas (GALILEI, 2008).

Galileu, em função de sua vaidade Toscana²³, nunca se casou. Porém, teve um relacionamento com Marina Gamba, com quem teve três crianças. Duas filhas, Virgínia e Lívia, que quando em março de 1610, após o sucesso da publicação do *Sidereus nuncius* e seu pai receber o título de matemático e filósofo natural da corte dos Médici²⁴, são colocadas no convento onde se tornaram, respectivamente, irmã Maria Celeste e irmã Arcângela. O filho, Vincenzo, de mesmo nome do avô paterno, por ser ainda muito criança, permaneceu com a mãe até 1613, depois, após o casamento dela com Giovanni Bartoluzzi, vai viver com o pai em Florença (VAN HELDEN, 1995).

Em sua atividade de professor, filósofo e matemático, Galileu foi o primeiro a contestar as afirmações de Aristóteles, entre elas, a de que corpos leves e pesados caem com velocidades diferentes. As ideias de universo e da natureza das coisas veiculadas por Aristóteles eram aceitas por todo o mundo grego antigo e suas “verdades” perduraram por mais de mil e duzentos anos.

Para Aristóteles, cada elemento (ar, água, terra e fogo) possuía um “lugar natural”, diferente e específico no espaço, em relação ao centro da Terra. O universo de Aristóteles era infinito, sem fronteiras e os corpos celestes eram esferas perfeitas e imutáveis que giravam em torno da Terra, em órbitas perfeitamente circulares num movimento uniforme. As verdades sobre a natureza das coisas proferidas por Aristóteles tinham sustentação e amparo nas doutrinas da igreja. Mariconda (2006) informa-nos que:

a doutrina aristotélica, garantida pela autoridade dos séculos, consagrada por sua união à teologia católica e devido a sua conclusiva organicidade de princípios, permanecia como o fundamento sólido de toda educação teórica nas universidades, como o critério indiscutível de verdade para o mundo dos doutos, e seu autor, Aristóteles, como a autoridade incontestada nas ciências (MARICONDA, 2006, p.274).

²³ Já há alguns anos que Galileu planejava obter emprego ou, pelo menos, transitar para a esfera de proteção da corte Toscana. E na visão de Galileu, Marina Gamba não gozava de alguns atributos, e que poderiam prejudicar o seu projeto. Ela não pertencia a alta sociedade Veneziana e morava em sua casa em Pádua como uma serviçal.

²⁴ Os Médicis foram uma família rica e poderosa de banqueiros e comerciantes. Tiveram seu apogeu nos séculos XV e XVI, quando dominaram Florença, na Itália, e acabaram por estender seu poder por toda a Toscana.

Mas a notícia que circulava em Veneza, na primavera de 1609, acerca de um instrumento holandês que possuía a capacidade de aproximar objetos vistos através dele, iria causar profundas mudanças nesse conceito Aristotélico. Tanto que, Galileu, atento, cuidou logo de se informar sobre o assunto e com o conhecimento e a habilidade que possuía, tratou de construir e aperfeiçoar a sua própria luneta.

Embora, definitivamente, Galileu não tenha sido o inventor do telescópio (MARICONDA, 2006; LEITÃO, 2010), foi, entretanto, o primeiro a aperfeiçoar e utilizá-lo em observações astronômicas sistemáticas e contínuas, dando assim a um aparelho, que despertava muita curiosidade entre cidadãos comuns na época, e cujo valor militar foi imediatamente reconhecido, uma aplicabilidade científica de inestimável valor para a astronomia e para a ciência em geral, provocando inúmeras transformações de pensamento e quebras de paradigmas, iniciando assim uma nova era, a da ciência moderna, tratada na seção anterior. Para Koyré (1986a):

[...] uma das mais importantes, senão a mais importante depois da invenção dos cosmos pelo pensamento grego – foi, decerto, a revolução científica do século XVII, profunda transformação intelectual de que a física moderna, ou mais exatamente clássica, foi simultaneamente a expressão e o fruto (KOYRÉ, 1986a, p.14).

A novidade do aparelho, de certo não passava de um brinquedo ou objeto de decoração, no entanto nas mãos do obstinado pisano, revelou ser uma ferramenta poderosa, um instrumento de extrema utilidade e grande relevância dado ao espírito da experimentação, da interrogação metódica da natureza aliado à decisão de empregar mudança de atitude metafísica, através da linguagem matemática ou da geométrica na interpretação das respostas, desenvolvidas há anos por Galileu, desde os tempos na Universidade de Pisa.

Então, de posse do novo instrumento tecnológico, Galileu, planejou e realizou durante mais de vinte anos, do final de 1609 até a publicação do *Diálogo*, em 1632, vários conjuntos de registros e observações telescópicas sistemáticas e contínuas. Por exemplo: verificou que Vênus apresentava fases como a Lua, observação que não era possível sem o auxílio do telescópio, então, com o conhecimento prévio sobre as fases da Lua, planejou e realizou várias observações, dia após dia, na verificação da ocorrência destas fases.

Enquanto Galileu planejava as próximas observações, realizava cálculos e conjecturas sobre as causas dessas fases de Vênus e para suas futuras verificações. Uma dessas

elucubrações de Galileu para justificar a causa dessas fases estava baseada na aceitação do sistema de Copérnico. Instigado por esta revelação, propôs a mirar seu instrumento em direção a Júpiter, na qual percebeu que ele era orbitado por quatro estrelas nunca antes vistas, que batizou de estrelas Mediceias.

Mesmo com a má qualidade das lentes utilizadas em seu telescópio, pôde deduzir que Saturno apresentava forma irregular, não era como os demais planetas, esférico, possuía “duas estrelas companheiras inseparáveis”, afirmação que fez fundamentada na dedução e na reflexão de suas observações e embasados em seus conhecimentos anteriores.

Fascinado com o poder de enxergar cada vez mais e mais longe com o seu instrumento, Galileu também quis conhecer melhor a superfície do Sol e certificar-se do que já havia visto, foi então que verificou e registrou com riquezas de detalhes as manchas solares, etc. Dentre todas estas revelações, a mais extraordinária, são aquelas sobre as manchas solares, acerca das quais Galileu publicaria, em 1613, o *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari*, obra que recolhe suas três cartas em resposta às visões tradicionalistas do jesuíta Scheiner (apud, GALILEI, 1932 [1613]; MARICONDA, 2006).

Essas observações fizeram Galileu refletir, com base nas informações conhecidas até então pelos filósofos gregos, profundamente enraizadas na organização institucional do conhecimento nos séculos XVI e XVII, sobre a constituição, organização e forma dos objetos celestes. O que Galileu viu não se ajustava ao conhecimento aristotélico veiculado pela igreja, defendido pela autoridade dos filósofos das universidades e toda estrutura universitária tradicional (MARICONDA, 2006).

A sua devoção para com a ciência era maior que a sua fé para com os dogmas da igreja. Foi então que através de elementos teóricos e observacionais detalhados e registros precisos das fases de Vênus e a confirmação dos satélites de Júpiter, aliados a interrogação metódica da natureza, Galileu passou a enxergar o embasamento na visão de Copérnico²⁵ e não na de Aristóteles, onde a Terra era vista como o centro do Universo.

Por defender e propagar a visão heliocêntrica, fruto da atitude intelectual no esforço da mutação decisiva evidenciada com o avanço tecnológico, Galileu estava sendo acusado de herege, então, foi chamado a Roma em 1611, para se explicar perante o Tribunal da Inquisição. Condenado, foi obrigado a assinar um decreto, onde declarava que o sistema heliocêntrico era apenas uma hipótese. Contudo, em 1632, agora bem mais seguro de suas

²⁵ Teoria heliocêntrica – O Sol, fixo, com os planetas Mercúrio, Vênus, Terra, Lua, Marte, Júpiter, Saturno, e as estrelas fixas girando ao seu redor com movimentos circulares e uniformes.

ideias, volta a defender o sistema heliocêntrico e dá continuidade aos seus estudos. No inverno de 8 de janeiro de 1642, morre cego²⁶ e condenado pela Igreja Católica por suas convicções científicas (GALILEI, 2008).

3.3. A LUNETAS DE GALILEU

Faz parte da natureza do homem a obstinação por investigar a natureza das coisas e para isso, desde a Antiguidade, nutre o desejo de enxergar mais e melhor. Para atingir esse intento, as lentes se mostraram boas aliadas nesse caminho, prova disso está nas imagens de objetos celestes como a Lua, Saturno, Júpiter e etc., embora distantes, podem ser obtidas com o auxílio da combinação de lentes e espelhos em câmeras fotográficas acopladas a telescópios cada vez mais potentes e sofisticados. Os microscópios também expressam esse desejo investigativo do homem.

Os primeiros registros históricos, sobre a existência de lentes rudimentares, foram escritos na China, pelo filósofo Confúcio, em 500 a.C. Elas eram construídas com cristais de rocha e possuíam um polimento grosseiro e não pareciam em nada com os óculos propriamente ditos, como os que conhecemos hoje em dia. Elas possuíam mais propriedades medicinais e tinham a força de amuleto, protegendo a vida das pessoas que as possuíam. Seu uso, como recurso visual, era limitado devido à baixa qualidade no polimento (BONATTI, 2006, p.221; SAITO, 2008, p.84 – 85).

Martinho (2013, p.16) traz uma contribuição do matemático e astrônomo grego Ptolomeu, que viveu no Egito e realizou estudos de leis ópticas fundamentais da refração da luz, por volta do ano 150 da era Cristã. Mas, somente na Idade Média, de acordo com Bonatti (2006, p.221-222), os monges começaram a desenvolver a chamada “pedra de leitura”, segundo as teorias mais aperfeiçoadas do matemático árabe Alhazen, que viveu em Basra, aproximadamente no ano 1000, depois de Cristo. Esta pedra funcionava como uma lupa primitiva que aumentava o tamanho das letras e era composta basicamente de cristal de quartzo hialino ou de pedras semipreciosas que tinham lapidação e polimento. Uma das pedras mais cobiçadas era o Berilo, por seu brilho, beleza e grande transparência.

²⁶ A perda da visão em Galileu provavelmente tenha sido em função das diversas observações que realizou sobre as manchas solares.

Tubos ópticos sem lentes são conhecidos desde a mais remota antiguidade e usados em observações astronômicas ao longo da Idade Média, em várias culturas. Eles nada tinham a ver com o instrumento óptico, mas o seu aparecimento em relatos escritos e em algum desenho foi o suficiente para gerar fábulas sobre a origem do telescópio. A pré-história do telescópio está ligada à confecção medieval de lentes e, aos progressos artesanais na arte de polir o vidro e fabricar óculos durante a Idade Média. As lentes apareceram na Europa medieval em finais do século XIII e, os óculos adaptados para a leitura existem desde o início do século XIV, sendo a mais antiga representação conhecida de óculos de 1350 (LEITÃO, 2010, p. 31-32).

Ao longo da Idade Média, a qualidade dos vidros e as técnicas de polimento foram sucessivamente melhorando, cotando Florença e Veneza entre os mais importantes centros de produção de vidro e lentes. No início do século XVI, estavam reunidos todos os conhecimentos práticos e teóricos capazes de levar à construção das primeiras lunetas (Figura 3), em parte, nas obras do italiano Giovanni Battista Della Porta, com os livros: *Magia naturalis* de 1589 e *De refractione* de 1593 e, de modo completo, nas obras de Johannes Kepler, *Ad Vitelionem paralipomena*, de 1604, que apresenta uma explicação exata da propriedade das lentes e *Diottrica*, de 1611, na qual, Kepler expõe a teoria completa do telescópio (MARICONDA, 2006).

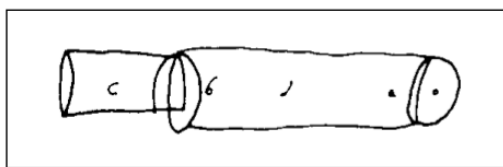


Figura 3: Detalhe do arranjo óptico de Della Porta para ampliar a visão.

Desde então, começaram a multiplicar as reivindicações de prioridade na invenção do telescópio. Domenico Argentieri sugeriu que Leonardo da Vinci (1452 – 1512) havia já montado um sistema de duas lentes para ver ao longe, por volta de 1508, antecipando assim os fabricantes holandeses e Galileu em mais de um século. Historiadores britânicos também se pronunciaram, defendendo que o telescópio tinha sido feito, primeiramente, pelos ingleses Thomas Digges (ca. 1546 – 1595)²⁷ e William Bourne (ca. 1535 – 1582). Houve até quem

²⁷ (ca. 1546 – 1595) o termo “ca.” antes da data significa que essa é uma data aproximada.

defendera que o telescópio teria tido a sua origem na Catalunha por Juan Roget, por volta de 1593 (LEITÃO, 2010, p.32 – 33).

De todos os possíveis inventores do telescópio, no século XVI, Giovanni Baptista Della Porta (1535 – 1615) parece possuir o consenso dentre os investigadores. Na sua famosa obra: *Magiae naturalis sive de miraculis rerum* (1558 e 1589), Porta discutiu muitos fenômenos e artefatos ópticos. Na segunda edição dessa obra (Nápoles, 1589), bem mais detalhada, ele apresenta um arranjo óptico com duas lentes, para ampliar a visão (Figura 3). No entanto, passou-se cerca de vinte anos, até que um vidreiro oculista de Middelburg aparecesse com um instrumento, portando essa propriedade, sem ao menos conhecer o conteúdo publicado de Della Porta, para que as discussões a respeito da teoria óptica retomassem e, também, a corrida para reclamar a propriedade do aparelho.

Então, ao tomar conhecimento do telescópio galileano, Della Porta reclama a propriedade no invento, através de uma carta ao príncipe Cesi, na Accademia dei Lincei, em Roma, a 28 de Agosto de 1609. Esta reclamação parece ter sido aceita entre os membros da Accademia dei Lincei, é o que se deduz de um verso composto por Johann Faber (Giovanni Fabro), secretário dessa Academia²⁸. Kepler também sabia que Della Porta havia proposto o telescópio antes e disse-o numa carta a Galileu (LEITÃO, 2010, p.34 – 35).

Seja como for, o entendimento atual entre os historiadores²⁹ é o de que, apesar de ser provável que, em finais do século XVI, alguém tenha chegado à combinação adequada de lentes que permitissem obter o efeito telescópico, a história do instrumento começa, obrigatoriamente, com o “telescópio holandês”, não só porque a evidência documental seja incontestável a partir daí, mas também porque os seus inventores foram os primeiros a dar sinal de terem compreendido as imensas potencialidades do instrumento, tentando patentear e comercializá-lo (LEITÃO, 2010, p.36).

Em setembro de 1608, Hans Lipperhey (? – 1619), um vidreiro (oculista) de Middelburg, deslocou-se até Haia, a capital da República Holandesa, para submeter uma patente de um instrumento para ver ao longe. A luneta construída por Lipperhey era pouco eficiente e muito limitada no aspecto observacional, pois apresentava um aumento de apenas três vezes o tamanho real do objeto e portava problemas de aberração cromática, ainda sem

²⁸ "Porta tenet primas, habes, Germane, secundas Il Sunt Galilae, tuus tertia regna labor". Uma tradução, com alguma liberdade, é a seguinte: "Porta tem a primeira reclamação; Tu, germânico [= holandês] tens a segunda; a terceira, Galileu, pertence ao teu trabalho". O poema está na abertura do *Il Saggiatore* (Roma, 1623) (*Opere*, VI, 205).

²⁹ Para Leitão, alguns dos historiadores que contribuíram para este estudo foram: Stilman Drake, Johannes Walchius, Edward Rosen, Simon Mayr (LEITÃO, 2010, p.38,39).

solução e de aberração geométrica, causada pela dificuldade de se obter lentes esféricas, mas conseguiu algum fascínio entre os curiosos, ao observar objetos na Terra distante do observador cerca de duas milhas (ÉVORA, 1989, p.30 – 31).

Mesmo assim, ele aproveitou para divulgar o seu instrumento, enquanto corria os trâmites da patente. Fez demonstrações do seu uso a vários nobres, cortesãos e outras pessoas influentes, inclusive ao príncipe Maurício de Orange. Mas o assunto rapidamente se complicou, pois a autoria do invento foi logo disputada, com reclamações de Zacharias Jansen, também de Middelburg, e de Jacob Metius, de Alkmaar. A patente não foi concedida a Lipperhey e a polêmica notícia do telescópio ainda mais se propagou (LEITÃO, 2010, p.36).

O primeiro relato impresso mencionando um telescópio, encontra-se num pequeno folheto, publicado em Haia em 1608, sem nome de autor, nem de impressor, dando notícia da visita de uma embaixada do Sião (Figura 4). Por ele, confirma-se que o céu já era observado, desde o início pelos utilizadores de telescópios, contradizendo assim a assertiva de que Galileu foi o primeiro a prescrutar os céus com a luneta (LEITÃO, 2010, p. 38).

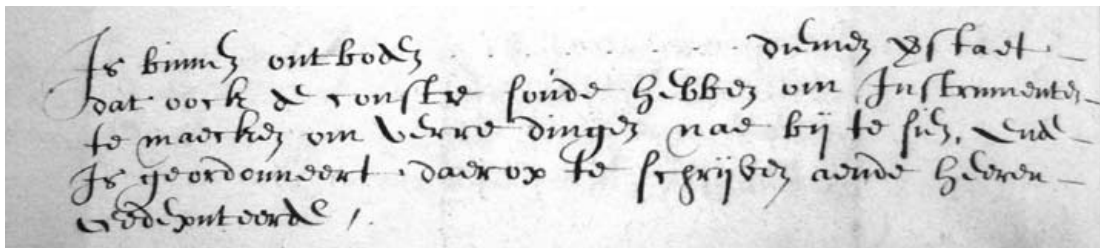


Figura 4: Observação feita na reunião do conselho da província de Zeeland, em 14 de Outubro 1608 (ZUIDERVAART, 2010, p.16).

Historiadores encontraram entre a documentação pessoal de Thomas Harriot, (1560 – 1621), registros de observações da Lua e do Sol, com data anterior as primeiras observações astronômicas de Galileu. Apesar das relevantes observações, ele nunca manifestou o interesse de torná-las públicas, postura completamente diferente da tomada por Galileu (KING, 1955, p.38).

Assim, dentro de um ano da manifestação em Haia, o telescópio foi disseminado por toda a Europa, com informação de que vários estudiosos europeus já havia usado ou, pelo menos, analisado o instrumento. Antes do final de 1609, telescópios estavam nas mãos de

Thomas Harriot, em Londres, Galileu Galilei, em Pádua, Giovanni Baptista Della Porta, em Nápoles, Simon Marius, em Gunzenhausen (Bavária) e Rudolph Snellius, em Leiden (Holanda). No ano seguinte, nas mãos de Johannes Kepler, em Praga, Christoph Scheiner, em Ingolstadt (Baviera), Nicolas Claude Fabri de Peiresc, em Aix-en-Provence, Willebrord Snellius e Johann Fabricius, em Leiden, e Sir William Lower, em Carmarthenshire (País de Gales) (ZUIDERVAAR, 2010, p.18).

Galileu deixou relatos acerca de como chegou ao conhecimento do telescópio. Parece que tudo começou com uma notícia do telescópio holandês, que chegou a Paolo Sarpi (1552-1623), em novembro de 1608, em Veneza. Sarpi, um amigo e correspondente, com quem Galileu discutiria variados assuntos científicos, ao longo dos anos, transmitiu, por sua vez, essas novidades a alguns correspondentes franceses, em particular a Jacques Badovere, em Paris, a quem, numa carta de 30 de março de 1609, pediu confirmação dos rumores.

Galileu pode ter recebido as primeiras notícias acerca do telescópio, em maio de 1609, quer através de Sarpi, quer de Badovere, o que é sabido é que, a partir da primavera de 1609, vários telescópios circulavam já por toda Itália. Se dermos crédito a Galileu, ele não teve oportunidade de ter nas mãos qualquer exemplar destas lunetas holandesas, tendo apenas recebido informações oralmente, mas sem ver diretamente qualquer instrumento.

Outra possibilidade é que Galileu só tenha ouvido falar do telescópio, pela primeira vez, quando de uma estadia em Veneza, entre 18 de julho e 3 de agosto de 1609. Nesta ocasião, teria tido oportunidade para discutir com Paolo Sarpi estes assuntos, não podendo eliminar completamente a possibilidade de até ter visto um (LEITÃO, 2010, p.41). Esses rumores, as informações orais sobre o telescópio constituem o que podemos chamar, baseados no consenso entre os epistemólogos contemporâneos (MCCOMAS et al., 1998), de elementos teóricos que precederam o aperfeiçoamento do telescópio por Galileu.

Essas informações são extremamente importantes e substanciais para um Galileu longamente preparado, lidando com a “questão da luz celestial” desde 1604, a se interessar por esse instrumento e enxergar possibilidades que até então, não tinham sido pensadas, a de torná-lo um instrumento científico capaz de dar respostas ao problema de que os corpos celestes possuíam luz própria. Hoje, sabemos que tal instrumento deu contribuições mais amplas, auxiliando no desenvolvimento da astronomia. Neste caso, a questão da luz celestial constitui, um elemento teórico que motivou Galileu a aperfeiçoar o telescópio e fazer as observações dos astros.

De acordo com Mariconda (2006, p.271) Galileu não enfrentou os problemas teóricos levantados pelo uso do telescópio. Em particular, não se interessou pela teoria óptica que explicava o funcionamento do telescópio, embora esta teoria já se encontrasse, em parte, nas obras do italiano Giovanni Battista Della Porta, *Magia naturalis* de 1589 e *De refractione* de 1593, e, de modo completo, nas obras de Johannes Kepler, *Ad Vitelionem paralipomena*, de 1604, na qual apresenta uma explicação exata da propriedade das lentes, e *Diottrica*, de 1611, onde Kepler expõe a teoria completa do telescópio.

Mas esta falta de interesse na teoria óptica não retira de Galileu todo o mérito, pois a necessidade de entender o funcionamento de um instrumento e a importância da teoria que explica a confiabilidade dele nasce do uso efetivo e da sua utilidade, encontrando assim uma correlação com os conhecimentos prévios. De acordo com Koyré (1992), a ciência do século XVII não foi fruto exclusivo do trabalho técnico de artesões e engenheiros.

Para que os objetivos teóricos da construção de instrumentos fossem alcançados, aplicou-se a técnica dos fundamentos da nova ciência: a medida, o cálculo, a exatidão e a precisão, mediante a seleção dos dados, a organização do pensamento e do planejamento das ações. Desta forma as transformações científicas são essencialmente teóricas e levam ao avanço da técnica (KOYRÉ, 1992).

Galileu, de acordo com Mariconda (2006), possuía em seu ímpeto, tendência a uma atitude ativa, no desenvolvimento de instrumentos científicos, cada vez mais precisos e exatos, o que Koyré (s.d., p.89) chamou de elementos teóricos, essenciais na construção e desenvolvimento da ciência, o que pode ser observado, logo no início de sua carreira científica, com a invenção da balança hidrostática.

Para Koyré, a ideia de se criar e aperfeiçoar os instrumentos estão diretamente relacionados à exatidão e à precisão, que são alguns dos elementos teóricos que motivaram Galileu na criação de tais instrumentos. Como por exemplo, o aperfeiçoamento da luneta:

[...] Galileu, logo que teve a notícia da luneta de aproximação holandesa, elaborou-lhe a teoria. E foi a partir desta teoria, sem dúvida insuficiente, mas teoria apesar de tudo, que, levando cada vez mais longe a precisão e o poder dos seus vidros, construiu a série das suas perspicilles, que lhe abriram aos olhos a imensidade do céu. [...] Não vai mais longe, não pretende ir mais além – e não foi por acaso que nem os inventores, nem os utentes da luneta holandesa se serviram dela para observar o céu. Pelo contrário, foi para responder a necessidades puramente teóricas, para atingir o que não cai na alçada dos nossos sentidos, para ver o que ninguém jamais viu que Galileu construiu os seus instrumentos: o telescópio e depois o microscópio. [...] é necessário construir máquinas cada vez mais precisas, máquinas matemáticas, que, tal como os próprios instrumentos, pressupõem a substituição, no espírito dos seus inventores, do universo do aproximadamente pelo universo da precisão. [...] (KOYRÉ, s.d., p.75 – 82)

Numa carta, publicada em 1610, Kepler advertia Galileu que o aparato fora anunciado por Della Porta, em *Magia naturalis*, num capítulo dedicado aos efeitos das lentes de cristal. No texto abaixo, Della Porta apresenta a combinação de uma lente côncava com outra convexa:

As lentes côncavas fazem ver mais claramente coisas que estão distantes, mas as lentes convexas, as coisas que estão próximas; donde poderás usá-las como a vista requisitar. Com uma lente côncava verás as coisas ao longe pequenas, mas claramente; com uma convexa, as coisas, [que estão] próximas, maiores, mas turvadas; se souberes como compô-las de modo correto, verás as coisas distantes, próximas, claras e maiores (...) (DELLA PORTA, 1967).

Certamente, essas informações já faziam parte do conhecimento de Galileu, quando, desde 1604, esteve envolvido com a questão da luz celestial e os trabalhos de Leonardo da Vinci. Ele próprio escreveu em *Il Saggiatore* (1623) que após o seu retorno a Pádua, já na primeira noite de sua chegada, ele decifrara o problema de construção do telescópio, e, no dia seguinte construíra o seu primeiro aparelho. De acordo com a epistemologia contemporânea, evidenciada nos pontos consensuais apresentados por McComas et al. (1998), o “deciframento” é um exemplo de que a teoria precede a observação. Feito isso, Galileu envia notícias aos amigos de Veneza com os quais havia discutido o assunto, no dia anterior (ÉVORA, 1989, p.35). Então, no verão de 1609, ele já sabia que precisava polir uma lente objetiva plano-convexa e uma ocular plano-côncava e alinhá-las convenientemente³⁰.

A partir da leitura do artigo de Évora (1989), percebemos que o conhecimento teórico fortemente alinhado a medida, o cálculo, a exatidão e a precisão, a seleção dos dados, a organização do pensamento e do planejamento das ações (KOYRÉ, 1992) e o embasamento filosófico reunidos até então por Galileu, associado ao seu poder de síntese, lhe permitiu planejar e construir o seu primeiro telescópio em apenas um dia, o que de acordo com Leitão (2010) fora feito isso, entre “finais de julho e os primeiros dias de agosto de 1609”.

Era uma luneta com um aumento de três vezes, que, em muito pouco, distinguia-se das lunetas holandesas que eram vendidas, em muitos mercados da Europa. Sobre esse primeiro instrumento, sabe-se muito pouco, mas importa lembrar que quando Galileu teve as primeiras

³⁰ No livro XVII da *Magia naturalis*, Della Porta (1593) trata sobre óptica, e logo de início sublinha a sua importância por ser uma disciplina matemática, termo que pode ter chamado a atenção de Galileu. Nele Della Porta apresenta o funcionamento de lentes e espelhos, planos, côncavos e convexas bem como o acoplamento deles para a obtenção do melhor efeito, incluindo para destilar água para produção de remédios para os olhos e até mesmo para atear fogo em pontes e navios.

notícias, encontrava-se, particularmente, bem preparado, ou seja, com elementos teóricos suficientes para aperfeiçoar o telescópio e explorar as potencialidades que agora se abriam (LEITÃO, 2010, p.41).

Utilizando suas habilidades de construtor, desenvolvida ao longo do tempo como professor, desde a construção de seus primeiros instrumentos, tais como a balança hidrostática e o compasso geométrico-militar, e por tentativa e erro, melhorando suas técnicas de polimento, Galileu chega à configuração usada por Della Porta no efeito telescópico, onde a lente objetiva deve ser fracamente convergente e a ocular fortemente divergente.

De acordo com Saito (2008), as lentes já eram conhecidas na Europa desde o final da Idade Média, porém, as referências literárias ao seu respeito permaneceram uma raridade até o século XVI. Uma das razões pelas quais as lentes receberam pouca atenção parece estar relacionada aos efeitos produzidos por elas, pois, embora fossem conhecidas como um objeto que auxiliava a visão, não raramente, elas eram apresentadas como objetos que ludibriavam a percepção do espectador.

Os fenômenos ópticos foram tratados por Della Porta, no livro XVII e nele encontramos, ao lado das operações realizadas com espelhos (planos, côncavos, convexos e parabólicos), as lentes e outros dispositivos que procuravam combinar não só os vários tipos de espelhos, mas também os chamados espelhos ardentes e os vidros ustórios³¹. A lente convexa tinha, como uma de suas propriedades, aumentar o tamanho das coisas vistas através dela, aproximando, dessa maneira, o objeto visto do observador. Ao contrário da lente côncava que diminuía o tamanho dos objetos, porém apresentava-os de forma mais nítida.

Estas duas propriedades foram tomadas por Della Porta, como complementares. Ou seja, o princípio geral que norteava a composição dessas partes era a mesma encontrada em *Magia naturalis*, isto é, que os contrários deveriam concordar “amigavelmente entre si”. Aquele que conseguisse harmonizar aquelas propriedades contrárias das lentes côncavas e convexas obteria assim grandes efeitos (SAITO, 2013). A preocupação de Galileu com o aspecto prático da ciência manteve-se durante os treze anos seguintes; primeiro, numa direção eminentemente técnica com o compasso geométrico-militar e, a partir de 1609, em uma direção claramente científica com o telescópio.

Toda essa peculiaridade descrita a respeito de Galileu torna-o melhor preparado para as oportunidades que se apresentavam nesse período efervescente da ciência, uma vez que seria um equívoco, pensarmos que as conclusões de Galileu eram somente baseadas em suas

³¹ De acordo com o dicionário Michaelis da língua portuguesa, *Lente ustória*: lente convergente para produzir calor intenso pela convergência dos raios do Sol; também chamada *vidro ustório*.

observações e medidas experimentais. Antes de realizar seus experimentos, fazia todo um planejamento com a finalidade de construir e aperfeiçoar seu instrumento para alcançar medidas, cada vez mais, precisas e exatas.

Chalmers (1993, p.159) afirma que a experiência envolve uma interferência planejada na natureza, orientada pela teoria. Para Kuhn, a “precisão de previsões” é um critério a ser usado para avaliar se uma teoria é melhor que uma teoria rival, Chalmers (1993, p.146). Então, nesta perspectiva, em meados de agosto de 1609, Galileu constrói uma luneta com ampliação de cerca de nove vezes, o que passou a chamar *perspicillum*. Em 21 de agosto do campanile da catedral de São Marcos, Galileu fez a primeira demonstração do uso do telescópio para um grupo de notáveis venezianos, e no dia 24, mostrou-o ao Senado (LEITÃO, 2010, p.42).

A demonstração do uso do telescópio por Galileu provocou, entre os senadores e autoridades presentes, uma repercussão positiva, em torno da potencialidade do aparelho que Galileu foi recompensado com a renovação vitalícia de seu contrato de professor na universidade de Pádua (LEITÃO, 2010, p.43). Kuhn nos revela uma passagem que:

de Tycho Brahe até E. O. Lawrence, alguns cientistas adquiriram grandes reputações, não por causa da novidade de suas descobertas, mas pela precisão, segurança e alcance dos métodos que desenvolveram visando à redeterminação de categoria de fatos anteriormente conhecida (KUHN, 1998, p.46).

O que Galileu fez, em seguida, iria mudar o curso da história da ciência. Consciente de que outros fariam telescópios de qualidade comparável ao que dispunha, tratou de melhorar, consideravelmente, a qualidade dos seus instrumentos. Numa árdua tarefa de tentativas e erros e replanejamento no tamanho do tubo e na posição das lentes, em novembro de 1609, constrói um telescópio com ampliação da ordem de vinte vezes e, esmerando-se ainda mais na qualidade e posicionamento de suas lentes, no início de 1610, obtém um telescópio com ampliação de trinta vezes, o melhor construído até então, que no *Sidereus nuncius* é classificado de “excelentes” e que diz ter construído sem olhar a canseira, nem despesas.

Com melhores instrumentos, movido pelo desejo de investigar, conhecer e certificar da natureza da verdade, Galileu começa a observar os céus. Para melhorar a formação da imagem, tornando-a mais nítida, mediante prévio planejamento, numa clara intenção de

realçar em detalhes tudo que poderia ser observado, Galileu introduz um elemento novo na construção da luneta, corrigindo assim o problema da aberração cromática.

Para isso, utiliza um diafragma, que nada mais é que um anel feito em papel cartão, reduzindo o diâmetro da lente, permitindo que a luz vinda dos objetos observados penetrasse em seu instrumento, passando o mais próximo do eixo central da lente (Figura 5). Quando aplicado num telescópio com a objectiva de abertura de 37 mm, o diafragma reduziu a abertura para 15 mm, num outro, de abertura da lente de 51 mm, com o uso do diafragma, foi reduzida para 26 mm.

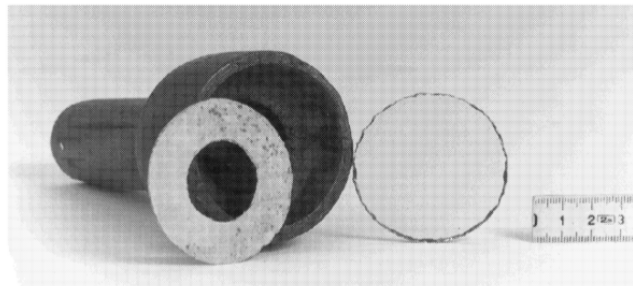


Figura 5: Lente objetiva do telescópio de Galileu - no detalhe o diafragma (DUPRÉ, 2003, p.270).

Os testes modernos confirmam que realmente o uso de diafragma melhora, substancialmente, a qualidade das imagens fornecidas pelo telescópio. Este procedimento encontra-se descrito numa carta datada de 7 de janeiro de 1610, deixada por Galileu e o seu uso pode ser constatado num de seus telescópios, que sobreviveu até os nossos dias (LEITÃO, 2010, p.44 – 46).

O livro “Almagesto” escrito por Cláudio Ptolomeu foi considerado, devido a sua forte argumentação matemática e organização lógica, a bíblia da astronomia até o século XVI. A obra foi o texto padrão em astronomia por mais de mil e quinhentos anos. Nele, “Ptolomeu nunca apresenta uma tabela sem primeiro explicar como pode ser calculada, e os parâmetros de seus modelos são todos deduzidos abertamente, a partir de observações cuidadosamente mencionadas.” (AABOE, 2002, p.130).

No trabalho de Filho e Saraiva (2014), encontramos uma lista em ordem alfabética das constelações, em latim e português, que foram definidas por Cláudio Ptolomeu, no Almagesto, em cerca de 150 d.C.. Nesta lista, a constelação de Orion aparece na 61ª posição,

constatando assim que as constelações já eram conhecidas desde a antiguidade e serviam para identificar as estações do ano.

Galileu conhecia o trabalho de Cláudio Ptolomeu sobre o livro “Almagesto” (VIDEIRA, 2009), então, ao apontar a sua luneta para o céu em direção às estrelas fixas conhecidas, mais precisamente na constelação de Órion, Galileu encontrou uma multidão de estrelas que escapavam à vista desarmada e nunca antes observadas e eram tão numerosas que desistiu de fazer toda sua representação por falta de tempo. Numa abertura de cerca de dois graus estimou mais de quinhentas novas estrelas entorno das antigas, quase inacreditável, dizendo: “as maiores destas, que podemos designar de sétima grandeza, ou primeira grandeza das invisíveis, mostram-se maiores e mais brilhantes com o auxílio da luneta do que as estrelas da segunda grandeza quando vistas a olho nu” (GALILEI, 2010, p.175).

Galileu quando jovem, em Pisa, frequentou aulas de pintura por insistência de sua mãe, as técnicas aprendidas na ocasião certamente lhes foram úteis ao fazer suas representações no *Sidereus nuncius*, (Figura 6). Para distinguir as “estrelas novas” das já conhecidas, Galileu desenha as conhecidas ou antigas, maiores, traçando os seus contornos com linhas duplas, e as outras até então invisíveis ao olho nu, menores, usando linhas



Figura 6: Constelação de Orion (GALILEI, 2010, p.176).

simples, respeitando tanto quanto possível a diferença de tamanhos e as distâncias entre si.

O telescópio com que Galileu fez as observações citadas no *Sidereus nuncius* (Figura 7) é construído com um tubo de chumbo com 127 cm de comprimento, revestido em papel com duas lentes nos extremos: uma ocular plano-côncava com uma distância focal de cerca de cinco centímetros (fortemente divergente) e uma objetiva plano-convexa com distância focal de aproximadamente 70 a 100 cm (fracamente convergente). Tratava-se de lunetas com aberturas de aproximadamente 40 mm e ampliações ligeiramente superiores a 20 vezes. O campo visual andaria pelos 12-15 minutos e a resolução pelos 1,25 minutos de arco. A estes parâmetros, muito modestos comparados aos telescópios de hoje haveria que somar a má qualidade do vidro, com muitas bolhas, e longe de ser incolor, além dos graves efeitos de aberração cromática e aberração esférica.

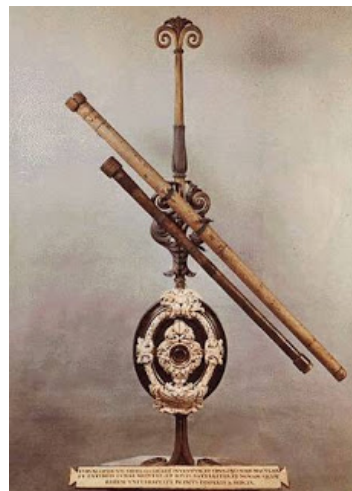


Figura 7: Luneta de Galileu.
 <<http://www.fisica-interessante.com/biografia-galileu-galilei.html>> acesso: 21/04/2015

Os telescópios construídos por Galileu foram, durante alguns anos, os melhores telescópios do mundo. Solicitados por muitas pessoas, o próprio Galileu se encarregava de enviá-los, sendo necessário para isso transformar a sua casa numa verdadeira oficina de produção de instrumentos ópticos (LEITÃO, 2010, p.51).

A documentação da época permite verificar como era difícil realizar observações com os deficientes instrumentos da altura. Escrevendo a um correspondente, Galileu transmitiu informações preciosas acerca do uso do instrumento na prática. Uma possível tradução, com um pouco de liberdade, no texto seria:

O instrumento deve ser levado ao repouso, até ficar imóvel, para escapar do movimento das artérias da mão e da respiração durante o processo, coloque o instrumento em algum lugar estável. O vidro é muito sensível ao pano úmido ou a nuvem da respiração, ao ar úmido com neblina ou até mesmo o vapor do olho, e um aumento na temperatura, evapora, não gera mais (LEITÃO, 2010, p.52, tradução nossa).

As dificuldades, porém, surgiam logo na construção dos instrumentos. Numa carta a Belisario Vinta (1542-1613), secretário de Estado do Grão-Duque da Toscana, a 19 de março de 1610, Galileu diz ter feito, com muito esforço e despesa, mais de sessenta lentes, mas que somente algumas eram suficientemente boas para observar as estrelas mediceanas. E quanto ao simples polimento de lentes, as dificuldades aumentavam, pois depois de polidas, pouquíssimas eram aprovadas para serem aplicadas em telescópios (LEITÃO, 2010, p.52).

Verifica-se, portanto, outra vez que, de acordo com a epistemologia contemporânea, evidenciada nos pontos consensuais apresentados por McComas et al. (1998), que as tentativas para sanar as dificuldades que surgiram ao logo da construção da luneta, faz parte do planejamento para atingir a precisão e exatidão na construção do instrumento, como havíamos discutido em Koyré, e evidencia, mais uma vez, que a teoria precede a observação.

Mas dificuldades práticas não eram tudo. O telescópio introduzia ainda um conjunto de problemas novos, com os quais Galileu iria ter de se confrontar ao longo da vida. Como justificar que as observações telescópicas não eram meras ilusões ópticas, quando imediatamente, verificava-se que as lunetas também geravam, com facilidade, ilusões ópticas? Como aceitar os resultados – muitas vezes perturbadores – de um instrumento, cujo funcionamento não se compreendia, nem se sabia explicar? E uma vez que muitas observações telescópicas não se limitavam simplesmente a melhorar as observações feitas à vista desarmada, mas entravam em conflito direto com essas. Como explicar as discrepâncias? No fundo, como foi possível a Galileu tornar aceites e credíveis as suas descobertas com o telescópio? (LEITÃO, 2010, p.54).

French (2009, p.68) informa-nos que o modo que vemos os objetos não é determinado simplesmente pela luz que incide em nossa retina. “Isso é determinado por uma série de outros fatores: pela sua disposição mental, pelas suas crenças antecedentes, pelas minhas sugestões, por exemplo”. Quando olhamos pela primeira vez por um microscópio, precisamos aprender a enxergar os objetos por ele, isso leva um tempo até acostumarmos. Com o telescópio rudimentar de Galileu não foi diferente. Foi através dele que Galileu, ao observar Júpiter, verificou que era orbitado por quatro pequenas estrelas, as quais, no *Sidereus nuncius*,

chamou de “Estrelas Mediceias” e mapeou características da superfície da nossa lua; observações que fizeram desbancar a velha visão aristotélica dos céus.

De acordo com aquela visão, os planetas ou as “estrelas errantes” como eram chamados, eram esferas perfeitas, mantidas em suas órbitas por esferas cristalinas e conduzidas em suas órbitas por um “primeiro motor”, subseqüentemente identificado, na apropriação cristã da ciência aristotélica e da astronomia, como Deus. As observações de Galileu perturbaram essa imagem, ao mostrar que Júpiter era orbitado por corpos subsidiários, suas luas, e que a Lua da Terra não era perfeita, mas de fato tomada de montanhas, “mares” e estruturas físicas (FRENCH, 2009).

Em Chalmers (1993, p.80 – 81), há um exemplo baseado numa discussão ocorrida entre Galileu e um adversário aristotélico. A passagem nos informa que após ter observado cuidadosamente a Lua, através de seu telescópio, percebeu que ela não era uma esfera homogênea, mas que sua superfície era repleta de montanhas e crateras. Seu adversário aristotélico teve que admitir que era realmente assim ao repetir a observação. Mas as observações ameaçavam uma noção fundamental para muitos aristotélicos, a saber, de que todos os corpos celestes são esferas perfeitas.

Para salvar as aparências, o rival de Galileu defendeu a teoria aristotélica, sugerindo que havia uma substância invisível na Lua, que preenchia as crateras e cobria as montanhas, fazendo com que o seu formato fosse perfeitamente esférico. Então, quando Galileu, numa maneira espirituosa e intencional, perguntou como a presença da substância invisível podia ser detectada, fez seu adversário refletir de que não havia maneira de detectá-la.

Existe outra história, também famosa, a respeito das tentativas de Galileu para convencer os colegas da Universidade de Pádua, da veracidade de suas observações:

Galileu apontou seu telescópio para Júpiter, convidou os colegas a notar as pequenas manchas de luz que ele afirmava que eram luas e, mais ou menos desse modo, afastou-se e declarou a morte da visão aristotélica de mundo. Mas a história continua, pois seus colegas permaneceram não convencidos, recusando-se a aceitar as observações de Galileu. Estúpidos! Como poderiam esses supostos conhecedores do assunto se recusar a aceitar a evidência de seus próprios olhos? A história tipicamente termina com uma moral sobre o heroísmo científico de Galileu ao superar as objeções de seus detratores (FRENCH, 2009, p.68).

Baseado nessa história, French (2009) nos faz refletir: Os colegas de Galileu eram uns tolos? Eis um homem, apontando um instrumento não usual aos céus durante a noite e

pedindo que aceitassem que aquelas pequenas manchas de luz fossem luas de Júpiter. Poderia ele dizer-lhes primeiro como o telescópio funcionava? Poderia ele ao menos confirmar que o telescópio aumentava os objetos? Galileu podia apontá-lo para um objeto terrestre e mostrar que o aparelho aumentava aquele objeto, mas os aristotélicos acreditavam que as leis que se aplicavam aos objetos terrestres eram muito diferentes daquelas que se aplicavam aos céus, que os primeiros padeciam de decadência e morte e mudança em geral, enquanto os últimos eram incorruptíveis e imutáveis.

Por que deveriam aceitar que algo que funcionava aumentando os objetos terrestres, funcionaria da mesma maneira quando apontado aos céus? Além disso, as imagens de objetos terrestres não eram perfeitamente claras, eram distorcidas e sofriam do efeito arco-íris da aberração cromática. Como Galileu podia saber que esses pontos de luz não eram algum efeito ótico ou o resultado de algum defeito das lentes do telescópio?

Se compararmos a fotografia da lua obtida por uma câmera moderna (Figura 9) com os desenhos feitos por Galileu à época da observação (Figura 8), verificaremos que, na verdade, existe muita diferença e isto justifica o fato de seus colegas permanecerem céticos em relação as suas observações. Em particular, os rascunhos de Galileu mostram uma grande cratera que ele pensava que se parecia bastante com a Boêmia, bem no meio da lua, que simplesmente não está de acordo com nada do que vemos hoje. Evidentemente, as observações de Galileu não eram tão seguras.

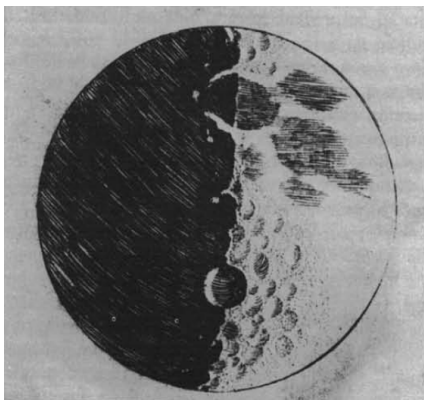


Figura 9: Desenho da lua no primeiro quarto (LEITÃO, 2010).



Figura 8: Foto da Lua: <https://www.google.com.br/lua> - acesso 11/03/2015

Para convencer seus amigos de que as manchas de luz que estavam observando não eram defeitos do seu telescópio ou ilusões óticas ou algum defeito ótico peculiar, Galileu

realizou observações da lua em noites diferentes, sob condições diferentes, e podia mostrar que mudavam sua posição nos céus, relativamente, a posição fixa do telescópio. À medida que os outros usavam esse novo instrumento, cada vez mais se tornavam gradativamente adeptos a ele, começando a entender suas deficiências e a compreender o que o telescópio podia e o que não podia fazer (FRENCH, 2009).

3.4. POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO HISTÓRICO DO TELESCÓPIO DE GALILEU PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

O presente estudo histórico do telescópio de Galileu possibilita subsidiar discussões de Natureza da Ciência, nos cursos de formação de professores. No entanto, pode se tornar mais eficaz, quando realizado por meio de uma abordagem histórica, em que se destaquem os aspectos epistemológicos, listados por McComas et al. (1998), envolvidos na construção deste equipamento.

Um elemento epistemológico a destacar, no processo de aperfeiçoamento do telescópio de Galileu é a visão de que a teoria precede a observação. Desta forma, podemos enumerar alguns elementos que o influenciaram: a busca pela exatidão e precisão diretamente relacionada ao planejamento de seus experimentos; a primeira luneta construída por Hans Lipperhey; o estudo da combinação de lentes por Della Porta. Todos estes aspectos formaram as pré-concepções teóricas de Galileu.

A preocupação de Galileu em descrever com ricos detalhes a superfície da lua, dedicando-se até com a sua representação em gravura, contemplando picos, vales, formas, sombras e as partes iluminadas, reforça o consenso entre os epistemólogos contemporâneos de que a ciência é uma tentativa de explicar os fenômenos naturais.

Podemos enumerar outros elementos epistemológicos importantes no processo de observação feito por Galileu. O primeiro é: O que levou a Galileu a observar os astros? A resposta discutida no presente texto é que na época havia uma forte especulação, se os astros possuíam luz própria, ou não. Isso despertou a curiosidade de Galileu em perscrutar as nuances do Universo. Isso de acordo com a epistemologia contemporânea mostra que a teoria precede a observação, no caso aqui a “teoria” seria a especulação sobre os astros.

O outro aspecto diz respeito à revisão e a replicabilidade feita por outros cientistas. Como exemplo, podemos citar os jesuítas do colégio romano que fizeram observações dos

satélites de Júpiter e da forma peculiar de Saturno, confirmando assim as observações telescópicas realizadas por Galileu.

Essas confirmações fizeram, em 17 de dezembro de 1610, o matemático jesuíta Cristovão Clávio escrever a Galileu uma carta cheia de louvores, informando que todas as novas observações haviam sido confirmadas pelas observações do colégio romano. Os matemáticos do colégio já tinham resolvido todos os problemas técnicos e levavam a cabo as observações telescópicas sistematicamente, o que os tornou num dos mais importantes focos de divulgação e confirmação de tão espantosas novidades.

Outro aspecto epistemológico, que este estudo permite analisar, é a construção coletiva do conhecimento técnico científico, ou seja, o conhecimento das lentes e lunetas produzidas por outros cientistas como: Ptolomeu, Della Porta; Kepler e Hans Lipperhey, que contribuíram para que Galileu aperfeiçoasse o telescópio. Isto, no processo educativo, contribui para mostrar que a ciência não é construída por seres isolados e gênios, mas uma produção coletiva de interação direta e indireta com grupos de indivíduos.

Os aspectos teóricos e coletivos de pessoas que influenciaram Galileu a construir o telescópio quando enfatizados na prática escolar possibilitam contribuições interessantes, para a discussão da Natureza da Ciência, no ensino de Física. Em especial no ensino de astronomia, pois permite aos professores e estudantes da escola básica, o entendimento de que a ciência não nasce simplesmente pela observação dos fenômenos, mas que antes de observar, o cientista possui concepções teóricas que o influenciam e que podem nascer de diferentes maneiras, inclusive de seus predecessores.

Nesse sentido, os elementos epistemológicos destacados, neste estudo histórico do telescópio de Galileu, podem contribuir para a construção de sequências didáticas para a discussão da Natureza da Ciência, nos cursos de formação de professores, o que permite uma formação mais crítica e próxima da epistemologia contemporânea do processo de construção do conhecimento técnico-científico.

CAPÍTULO 4: A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL



Figura 10: David Paul Ausubel

4.1. UM POUCO SOBRE DAVID PAUL AUSUBEL

David Paul Ausubel nasceu em Nova Iorque, em 25 de outubro de 1918. Filho de família judia e pobre, era imigrante da Europa Central. Ausubel cresceu insatisfeito com o tipo de educação que recebera na infância e revoltado contra os castigos e humilhações pelos quais sofrera na escola, afirmava que a educação era violenta e reacionária, relata um dos episódios, que o marcou profundamente esse período, onde seu professor

escandalizou-se com um palavrão que eu, patife de seis anos, empreguei certo dia. Com sabão de lixívia lavou-me a boca. Submeti-me. Fiquei de pé num canto o dia inteiro, para servir de escarmento a uma classe de cinquenta meninos assustados (...). A escola é um cárcere para meninos. O crime de todos é a pouca idade e por isso os carcereiros lhes dão castigos (DISTLER, 2015, p. 193).

Ausubel graduou-se em Psicologia, tendo se destacado nas áreas de psicologia do desenvolvimento, psicologia educacional, psicopatologia e desenvolvimento do ego (AUSUBEL, 2015). Após sua formação acadêmica, em território canadense dedicou-se a

educação, na intenção de contribuir com as melhorias necessárias ao verdadeiro aprendizado. Totalmente contrário a aprendizagem que tinha em sua estrutura cognitiva, o modo de identificar a aprendizagem como um processo de armazenamento de informações, acredita que o processo de ensino deve-se agrupar no âmbito mental do indivíduo e que a aprendizagem seja manipulada e utilizada adequadamente no futuro, através da organização dos conteúdos apreendidos significativamente.

Em 1973, aposentou-se da vida acadêmica para se dedicar em tempo integral à sua prática psiquiátrica. Escreveu vários livros didáticos em psicologia do desenvolvimento e da educação e também livros com temas especializados, como o vício em drogas, psicopatologia e desenvolvimento do ego. Publicou mais de 150 artigos em revistas psicológicas e psiquiátricas. Em 1976, recebeu o Prêmio Thorndike, da Associação Americana de Psicologia para “Contribuições psicológicas distintas à educação”. Ausubel trabalhou durante toda a vida e aposentou-se aos 75 anos, em 1994, embora mantendo-se produtivo, pensando e escrevendo até a sua morte em 9 de julho de 2008.

4.2. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que fundamenta todas as atividades da proposta, prioriza a aprendizagem cognitiva. Nesta teoria, a aprendizagem significativa é o processo pelo qual o novo conhecimento é articulado a uma determinada estrutura cognitiva prévia, denominada *subsunçor*. Ausubel defende a ideia de que a nova informação vincula-se a aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo e, nesse processo, modificam-se tanto a nova informação recém-adquirida como a estrutura preexistente (MOREIRA, 1999).

Nesse sentido, a estrutura cognitiva é entendida como o conjunto de conteúdos informacionais e a forma como estão organizados na mente de um indivíduo. Os subsunçores são conceitos ou ideias já existentes na estrutura cognitiva, capazes de serem “pontos de ancoragem”, onde as novas informações encontrarão um modo de integrar aquilo que o indivíduo já conhece (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem significativa relaciona-se com a aprendizagem mecânica, num *continuum* do conhecimento cognitivo, na medida em que, na primeira, a nova informação

interage com algum subsunçor existente, na estrutura cognitiva do aprendiz. Na segunda, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com informações pré-existentes na estrutura cognitiva, assim pouco ou nada contribui para a sua elaboração e diferenciação. Para Ausubel, porém, estas duas formas de aprendizagem se complementam, na medida em que a segunda pode levar à primeira. Muitas vezes, um indivíduo pode aprender mecanicamente e só mais tarde perceber que este aprendizado relaciona-se com algum conhecimento anterior, já dominado. Com o passar do tempo, esses conhecimentos ficam mais complexos e são capazes de servir de “âncora” para novos conhecimentos.

A aprendizagem significativa, mesmo que atendida todas as condições necessárias para que ocorra, é necessário que se diga, até mesmo para uma possível desmistificação fantasiosa, que ela não ocorre como num passe de mágica, como que se cumprido todo os pré-requisitos teóricos e metodológicos propostos por Ausubel e ao final, num estalar de dedos, a aprendizagem significativa instalaria, instantaneamente, no indivíduo cognoscente. Então é prudente que se desenvolva uma visão mais crítica sobre o valor da aprendizagem mecânica, a visão imediatista e mágica sobre a aprendizagem significativa.

Existem algumas condições para que ocorra a aprendizagem significativa de acordo com Ausubel, segundo Moreira (1999). Inicialmente, é necessária a existência de conceitos subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz e o material a ser apreendido precisa ter estruturação lógica e ser relacionado com a estrutura cognitiva do estudante, de maneira não-arbitrária e não-literal, sendo considerado, dessa forma, potencialmente significativo.

Também é necessário que o aprendiz apresente uma disposição para aprender significativamente, para tanto ele não pode ter a intenção de memorizar ou decorar o material. Quando uma dessas condições não é satisfeita, ocorrerá, segundo Ausubel, uma aprendizagem mecânica. Para facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que são materiais a serem propostos antes da utilização do material de aprendizagem, servindo de ponte entre o conhecimento prévio e os assuntos que se pretende ensinar (MOREIRA, 1999).

Segundo Ausubel, indícios da ocorrência da aprendizagem significativa são obtidos, quando o estudante consegue desenvolver e transferir os assuntos trabalhados a novas situações. O fato de o estudante conseguir definir conceitos, dissertar sobre eles ou resolver problemas não é evidência conclusiva da ocorrência da aprendizagem significativa.

Uma longa experiência em fazer exames faz com que os estudantes se habituem a memorizar não só proposições e fórmulas, mas também causas, exemplos, explicações e memórias de resoluções de problemas ditos *típicos* (MOREIRA, 1999). A melhor maneira de evidenciar a compreensão significativa é formular questões e problemas de outra forma, isto é, abordar questões referentes ao que foi trabalhado de uma maneira não familiar aos estudantes, exigindo deles uma grande transformação do conhecimento adquirido.

A esse processo de aquisição e organização de novos conhecimentos, na estrutura cognitiva de um estudante, Ausubel chamou de “teoria da assimilação”. Em tal teoria, uma nova informação potencialmente significativa é relacionada e assimilada a um conceito subsunçor preexistente na estrutura cognitiva do estudante. Como resultado desta relação e assimilação, tem-se o produto interacional, isto é, o subsunçor modificado, que é a nova informação subordinada aos conceitos subsunçores preexistentes.

A aprendizagem em que a nova informação, mais geral que os subsunçores preexistentes, é adquirida e assimilada pela estrutura cognitiva do estudante, chama-se de *aprendizagem superordenada*. Quando os novos conceitos não estabelecem relação de subordinação ou de superordenação com um subsunçor específico, e sim com um conteúdo geral presente na estrutura cognitiva do estudante, a aprendizagem é conhecida como *aprendizagem combinatória* (PONTES NETO, 2006, MOREIRA, 2011, 2012; DARROZ; DOS SANTOS, 2013).

Ausubel evidencia, ainda, dois importantes processos que surgem durante a aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. A primeira ocorre quando se observa que o subsunçor modificou-se, a partir da introdução de uma nova informação, que também se alterou e recebeu novo significado.

A reconciliação integrativa ocorre na aprendizagem significativa superordenada ou na combinatória e acontece quando se estabelecem relações entre os conceitos já existentes na estrutura cognitiva, ou seja, quando há uma relação entre os subsunçores, que se organizam e adquirem novos significados.

Além das três aprendizagens significativas já citadas – subordinadas, superordenada e combinatória, Ausubel ainda diferencia a aprendizagem em três categorias. A primeira, conhecida como *aprendizagem representacional*, é aquela em que o estudante consegue atribuir significados a determinados símbolos específicos. A segunda, denominada *aprendizagem de conceitos*, é mais genérica e abstrata: nela, os conceitos são representados por símbolos mais indeterminados, ou seja, representa regularidades. Já na terceira, chamada

de *aprendizagem proposicional*, o objetivo é aprender o significado de ideias expressas verbalmente por meio de conceitos sob a forma de uma proposição (MOREIRA, 1999). É importante salientar que esses tipos de aprendizagem são categorias da aprendizagem significativa e se complementam.

Tais categorias teóricas permitiram a elaboração da proposta descrita na sequência didática, a seguir, na qual se levou em consideração a concepção de que a Astronomia é um assunto estimulador da curiosidade natural dos alunos, que já detêm diversas informações sobre os astros e seus movimentos (PACCA; SCARINCI, 2006). Considera-se que conceitos referentes à Astronomia já estão incorporados à estrutura cognitiva dos estudantes e são formados ao longo da sua vivência cotidiana, por meio das informações veiculadas pelos meios de comunicação e pela observação do mundo natural, em que fenômenos astronômicos como a ocorrência periódica dos dias e das noites, das estações do ano, das fases da Lua são facilmente observados.

4.3. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Teixeira et al. (2011) realizaram, num levantamento, o estado da arte das pesquisas que investigaram intervenções didáticas orientadas por História e Filosofia da Ciência (HFC), em salas de aula de Física e que estão publicadas nas principais revistas brasileiras dedicadas à publicação de trabalhos, em Ensino de Ciências e Ensino de Física. De acordo com os autores, o levantamento dos trabalhos para a análise foi feito por meio da busca direta nos sites das revistas: *Ciência & Educação (C&E)*, *Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)*, *Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)*, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)*. A preferência na escolha destas revistas deu-se pelo impacto delas na comunidade especializada. Além delas, a revista espanhola *Enseñanza de las Ciencias (Enz)* foi incluída por ser muito bem conceituada no Brasil e devido à proximidade do idioma.

O levantamento iniciou com artigos publicados, desde a década de 1980 até meados do ano de 2011, e foram selecionados 160 trabalhos que estavam diretamente relacionados com o uso didático de HFC, no Ensino de Ciências. Após traçarem o panorama geral das publicações

sobre o uso de HFC, no Ensino de Ciências ao longo deste período, esses trabalhos foram submetidos a três critérios de exclusão, sendo: 1º) artigos que não tratam de Ensino de Física, mas de Ensino de Ciências em geral ou de alguma outra matéria científica específica como Biologia, Química etc; 2º) artigos de natureza teórica, do tipo reflexão, sem aplicação didática e 3º) artigos que tratam de aplicação em geral como produção, uso e análise de materiais didáticos, mas sem relatos de resultados de intervenção didática em sala de aula.

Após a aplicação dos critérios de exclusão, foram selecionados 14 artigos que apresentavam em sua essência intervenções didáticas, orientadas por HFC em salas de aula de física, e que foram analisados mais a fundo pelos autores. Sendo 13 publicados em revistas brasileiras e 1 na revista espanhola.

O artigo da revista espanhola: *Una controversia histórica al servicio de una situación de aprendizaje: una reconstrucción didáctica basada en Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo de Galileo*, merece aqui, em nosso trabalho, um destaque pois, nele Hosson (2011) discute a intervenção didática, segundo o construtivismo social, que de acordo com Ernest (2002) esta aprendizagem ocorre por meio de conversação, que não é apenas troca de informações.

A sugestão consiste em salientar o respeito mútuo e a sinceridade entre professor e aprendiz; ouvir os aprendizes, demonstrar e sentir interesse por seus pontos de vista, suas concepções e suas construções de sentido; transformar o ensino numa conversação real, num verdadeiro diálogo onde existe respeito pelo argumento interpretativo cognitivo do aprendiz e espaço para tomar iniciativa e expressá-las; tratar questões e objetos reais de interesse e de benefício mútuos. Nesta fundamentação, pode-se pensar nas múltiplas possibilidades que influenciam o processo de aprendizagem, para além do triângulo professor-aluno-conteúdo.

A proposta de sequencia didática apresentada na dissertação, contempla atividades de ensino e aprendizagem próxima ao que Hosson (2011) apresentou em seu artigo. Em nossa atividade 2, existe uma proposta de teatro com o enredo baseado num trecho da segunda jornada, em que os personagens Salviati, Simplício e Sagredo discutirão sobre a imobilidade da Terra.

O texto, retirado do *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo*, Galileu Galilei, paginas 223 a 226, e também, encontrado no endereço eletrônico: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/cederj/relatividade/dialogos-galileu-navio.pdf>>, foi acessado em 15 de junho de 2015 e contempla o uso da História e Filosofia da Ciência, o que possibilita a interação aluno-conteúdo, provocando no primeiro um sentimento de apropriação

do conhecimento, mediante o exercício no desenvolvimento da pronúncia do texto. Nesta atividade, espera-se que os aprendizes de atores absorvam dos textos os argumentos utilizados por Galileu, na personificação de Salviati, para a mobilidade da Terra e reflitam sobre a inconsistência do modelo Ptolomaico.

Uma outra atividade, bastante interativa e que evidenciou para além do triângulo professor-aluno-conteúdo, mencionado anteriormente, encontra-se descrita na atividade 3, em nossa sequência didática. Nesta atividade, propõe-se a construção de uma luneta com o objetivo de realizar observações da Lua, planetas e estrelas e para isso, faz-se necessário conhecer e discutir o funcionamento dos diversos itens que compõem o instrumento, bem como a base teórica que dá a sustentação científica para a formação das imagens geradas no interior da luneta. Espera-se nesta aula, grande desenvoltura dos alunos, no transcorrer da atividade, nas discussões da teoria e durante as observações estelares, uma vez que os subsunçores para a ancoragem dos novos conhecimentos a serem aprendidos devem estar disponíveis na estrutura cognitiva do aprendi, por se tratar de um conteúdo já conhecido por eles.

Além do artigo da revista espanhola, dois outros artigos publicados na revista RBEF, e evidenciados no trabalho de Teixeira et al. (2011), também merecem destaque aqui. Nestes artigos os autores abordam a História da Ciência como organizador prévio, buscando alcançar aprendizagem significativa nos termos da teoria de Ausubel. O primeiro, *Uma proposta para ensinar os conceitos de campo elétrico e magnético: uma aplicação da História da Física*, de Magalhães et al. (2002).

Nesse trabalho, os autores apresentam estudos de Nardi (1998) e Farias (1999) em que as dificuldades em entender o conceito de campo de força, em estudantes na faixa etária de 6 a 17 anos, encontram explicações no método clínico de Jean Piaget, usado para analisar algumas propriedades do conceituais e que muitos alunos do Ensino Superior ainda apresentam dificuldades em lidar com os conceitos de campo elétrico e campo magnético, devido à abstração neles envolvida. Embora presentes no dia-a-dia, esses conceitos estão fora do nosso domínio concreto.

Pautados nesta constatação, os autores apresentaram uma intervenção didática, numa turma do 3º ano do Ensino Médio, do Colégio Pedro II – unidade Tijuca II /RJ, fundamentada na História da Física, como um elemento facilitador para a aprendizagem significativa, na medida em que ela funcionaria como organizador prévio (MOREIRA, 1982).

Os textos em História da Física apresentaram um nível introdutório e foram usados conjuntamente com um livro texto. Além dos textos sobre a História da Física associada à evolução dos conceitos de campo elétrico e campo magnético, pequenas experiências, como a ação de ímãs em limalhas de ferro, foram realizadas, em sala de aula, na intenção de corroborar com o conceito abstrato de linhas campo.

De acordo com os autores, os alunos apresentaram bons resultados na avaliação, embora tivessem que manter a mesma estrutura avaliativa regimentada pela escola. Ressaltaram que o uso de conhecimentos prévios dos alunos para introduzir novos conceitos ou até mesmo teorias é uma prática que deve ser explorada sistematicamente e que a abordagem histórica parece ser uma ferramenta muito eficiente, pois possibilita uma melhor organização da estrutura conceitual, na medida em que revela as concepções que fundamentam um conceito ou até teorias (MAGALHÃES et al., 2002). Em suma, os autores avaliam como positiva a intervenção didática na referida turma e sugerem que o ensino dos conceitos de campo elétrico e magnético requer tratamento mais elaborado do que os feitos, na maioria dos livros-texto convencionais.

O segundo artigo, evidenciado no trabalho de Teixeira et al. (2011) e que também foi considerado em nossa avaliação relevante para o nosso estudo, pois abordou a História da Ciência como organizador prévio, que busca alcançar a aprendizagem significativa, nos termos da teoria de Ausubel foi *A gravitação universal (um texto para o Ensino Médio)*, das autoras Dias et al. (2004) aplicado numa turma do Colégio de Aplicação, da Unigranrio (escola da rede privada – Rio de Janeiro).

Antes da introdução dos textos históricos instrucionais, as autoras aplicaram um questionário com o intuito de auxiliar na verificação e seleção dos subsunçores presentes nos 82 alunos da 3ª série do Ensino Médio, com relação ao tema “Gravitação Universal”. Após coletadas as informações através do questionário é que os textos sobre a história da gravitação universal puderam ser aplicados. De acordo com Dias et al. (2004) o resultado da pesquisa é preliminar e não conclusivo, embora apresente excelente resultado, no entanto, para uma avaliação mais segura, as respostas precisam ser comparadas com entrevistas ou com respostas a outras perguntas ou com modos diferentes de se perguntar a mesma coisa.

O primeiro ponto que se pode destacar na análise desse estudo e para a conclusão deste trabalho é que, embora as intervenções didáticas realizadas pelos autores nos três trabalhos citados, anteriormente, tenham sido desenvolvidas em um curto espaço de tempo e com uma amostra reduzida, a proposta do uso de História da Ciência (em particular a Física)

apresentou ser um instrumento bastante eficaz na construção dos organizadores prévios necessários, para que haja aprendizagem significativa de acordo com a teoria de Ausubel (MOREIRA, 1982).

O segundo ponto a destacar, diz respeito às análises feitas pelos autores dos trabalhos com relação aos resultados obtidos após a aplicação dos textos instrucionais sobre a História da Física. Embora os resultados, de acordo com os autores, tenham sido satisfatórios para a faixa mensurada do conhecimento que se pretendia, podemos verificar, em Moreira (2011, p.51 – 52) que os indícios da ocorrência da aprendizagem significativa são obtidos, quando o estudante consegue desenvolver e transferir os assuntos trabalhados a novas situações.

O fato de o estudante conseguir definir conceitos, dissertar sobre eles ou resolver problemas não é evidência conclusiva da ocorrência da aprendizagem significativa. Logo, a avaliação da aprendizagem significativa deve ser predominantemente formativa³² e recursiva³³ e é necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não.

Uma longa experiência em fazer exames faz com que os estudantes se habituem a memorizar não só proposições e fórmulas, mas também causas, exemplos, explicações e memórias de resoluções de problemas ditos *típicos* (MOREIRA, 1999). A melhor maneira de evidenciar a compreensão significativa é formular questões e problemas de outra forma, isto é, abordar questões referentes ao que foi trabalhado de uma maneira não familiar aos estudantes, exigindo deles uma grande transformação do conhecimento adquirido, procedimento que não foi possível ou verificado nas intervenções realizadas por Magalhães et al. (2002), Dias et al. (2004) e Hosson (2011).

Por último, a coleta de dados realizada antes da intervenção dos textos instrucionais para a averiguação da presença dos subsunçores nos sujeitos cognoscentes, mediante a aplicação da “Pesquisa Participante”, obteve informações sobre o que os aprendizes já sabem sobre o assunto a ser abordado. E isso nos leva a uma importante recomendação aos pesquisadores da área, que sejam rigorosos quanto aos aspectos metodológicos das suas pesquisas, a fim de que as investigações tragam resultados mais confiáveis.

³² Elemento do Processo Ensino-aprendizagem fundamentada no paradigma construtivista com ações que incluem tarefas contextualizadas, que levem o aprendiz a estabelecer relações para solucioná-las, conduzindo-o ao desenvolvimento de sua competência.

³³ Nesse tipo de avaliação o estudante pode refazer as tarefas de avaliação tantas vezes quantas quiser a fim de atingir determinado patamar.

4.4. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O MODELO DE FORMAÇÃO DO PROFESSOR REFLEXIVO

De acordo com Moura (2013), estamos vivendo num cenário pedagógico em que “a educação para o trabalho do professor se tornou muito mais do que ensinar bem, é necessário garantir e questionar constantemente os processos, nos quais estamos formando professores”. Verifica-se nesta fala um questionamento, no sentido de compreender mais e melhor a ação docente e suas múltiplas faces, convidando-nos à reflexão dessa ação. Deduzimos de Contreras (2002) que esta reflexão sinaliza uma busca de caminhos com o propósito de gerar conhecimento sólido e promover a autonomia, superando, assim, a proletarização do professor. No conceito de professor reflexivo, segundo Contreras (2002), o profissional reflexivo percebe que faz parte da situação e busca desenvolver soluções por meio de tentativas para superar seus limites frente às situações consideradas instáveis.

Para discutir esse modelo, Contreras apresenta as ideias de outros pensadores, apontando as contradições e contribuições de cada um: Para Schön, a reflexão-na-ação, é a forma como os diferentes profissionais efetivamente realizam o seu trabalho, noutras palavras, a reflexão deve ser um exercício permanente diante de um mundo plural e complexo, de forma individual e coletiva. Para Stenhouse, a prática reflexiva caracteriza-se na singularidade das situações educativas; o ensino é uma arte, visto que significa a expressão de certos valores e de determinada busca que se realiza na própria prática do ensino. A ideia do professor como pesquisador, enquanto prática reflexiva pode ser verificada em Elliott, onde a reflexão depende do conhecimento acumulado ao longo da sua experiência.

Nesse trabalho, procuramos apresentar atividades que primassem por uma tentativa de busca da superação da dicotomia entre teoria e prática, através da dialética entre História e Filosofia da Ciência e as diretrizes de Arthur Stinner, com ênfase no estudo da astronomia e foco na história do telescópio de Galileu. Acreditamos que com esta proposta, podemos contribuir com o ensino, na perspectiva da aprendizagem significativa e da alfabetização científica, necessários, mas não suficientes, à formação de professores, no perfil de um profissional reflexivo. Neste sentido, de acordo com Tardif (2002) a pluralidade de saberes docentes faz o professor pesquisador, reflexivo e crítico, sujeito de sua própria história, que como ser humano e pensante, transforma o mundo através do trabalho.

Numa breve, mas concisa análise na formação inicial dos professores verifica-se que os currículos das licenciaturas, de diversas universidades, valorizam-se mais o conhecimento teórico dos conceitos científicos e esta atitude pedagógica, na graduação, está aliada a diversos fatores que limitam a postura reflexiva sobre a prática. O primeiro deles, segundo Moura (2013) é o caráter bacharelesco dado pelos próprios licenciandos em suas pesquisas e outros trabalhos durante o curso, priorizando a Física aplicada, em detrimento da formação pedagógica, o que caracteriza assim o fenômeno da racionalidade técnica (CONTRERAS, 2002).

Outro fator que limita a postura reflexiva do professor são os entraves que a própria racionalidade técnica apresenta em seu contexto; a universidade, responsável pela formação acadêmica deste profissional, deveria oportunizar aos licenciandos espaços privilegiados para uma ação mais educativa, o que possibilitaria assim as condições suficientes e necessárias para o desenvolvimento de todas as atividades de formação do professor. Neste sentido, a relevância didática e acadêmica deste trabalho está no fato de, a partir da análise dos conhecimentos prévios do estudante, ministrar os conteúdos a ser ensinados, de modo a encontrar os subsunçores existentes na estrutura cognitiva dos mesmos, no intuito de que eles aproximem do conhecimento científico, através de uma aprendizagem significativa e não mecânica (Ausubel, 2002; Valadares e Moreira, 2009).

Assim, a formação do professor intelectual reflexivo, engajado e capacitado na construção de uma cidadania, na sala de aula, teria um desafio emergente e imprescindível em qualquer tentativa consequente de transformação da escola. De acordo com Dias Silva (1998, p.6) favorecer, incentivar, estudar e/ou provocar as condições para que este desenvolvimento ocorra capacitando os professores para enfrentar estes desafios, é uma tarefa a que a universidade não pode (mais) se furtar.

Segundo Schön (1997) existem duas das grandes dificuldades para a inserção de uma prática reflexiva na formação de professores, em princípio seria a epistemologia dominante nas universidades e, na sequência, mas não necessariamente nesta ordem, pois ambos estão imbricados um ao outro, o currículo profissional normativo. Moura (2013) adverte-nos sobre o modo como a estrutura pedagógica reproduzida pelas universidades há anos referente ao currículo e a epistemologia tem prejudicado a construção da prática reflexiva na formação de professores.

Na visão de Moura, primeiro, ensinam-se os conceitos científicos relevantes, depois a aplicação desses princípios e, posteriormente, tem-se a prática, cujo objetivo é a

contextualização da teoria ou sua aplicação na vida cotidiana. O momento da construção e reconstrução dos conhecimentos científicos é estanque do lado educacional, ou seja, da sua fundamentação e inserção na escola.

Essa metodologia compartimentada pode prejudicar dois importantes processos que surgem durante a aprendizagem significativa, que de acordo com Ausubel, seriam a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. A primeira ocorre quando se observa que o subsunçor modificou-se, a partir da introdução de uma nova informação, que também se alterou e recebeu novo significado. A reconciliação integrativa, que ocorre na aprendizagem significativa superordenada ou na combinatória, acontece quando se estabelecem relações entre os conceitos já existentes na estrutura cognitiva, ou seja, quando há uma relação entre os subsunçores, que se organizam e adquirem novos significados.

Esses processos de aprendizagem poderiam ser melhores estimulados, caso os cursos de licenciaturas proporcionassem aos seus professores, em formação, espaços privilegiados e potencialmente motivadores para uma ação mais educativa e contextualizada, estabelecendo assim condições necessárias para o desenvolvimento das atividades cognitivas formadoras de subsunçores. Superar esta estrutura significa uma nova forma de pensar os professores e sua formação nesta nova sociedade de conhecimento.

Diante da necessidade de se discutir e se mover na superação da racionalidade técnica e formar professores reflexivos envolvidos com a aprendizagem significativa, é que realizamos um trabalho, a partir da leitura de diversos trabalhos, tais como Schön (1997, 2000); Moreira (1999); Contreras (2002); Stinner et al. (2003); Ausubel (2002), entre outros. Além da leitura dos textos, o trabalho consistiu no desenvolvimento de uma sequência didática, baseada no estudo de caso histórico de Arthur Stinner, na perspectiva da formação de professor reflexivo de Schön com ênfase na aprendizagem significativa de David Ausubel.

Entendemos esta proposta como válida para a formação de professores de ciências/Físicas, como uma tentativa em superar os entraves da racionalidade técnica e de formar professores que, sendo sujeitos reflexivos, encontrem em seu exercício formas de ensinar ciências, buscando sempre os caminhos de ensino e aprendizagem melhores para todos.

CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões a respeito do papel da história da ciência no ensino de ciência, apesar de antiga, estão longe de um consenso (TEIXEIRA, FREIRE JR. e EL-HANI, 2009), o que indica a necessidade de análises mais aprofundadas sobre o tema. O que sabemos ao certo é que o seu papel vai além de um mero instrumento acessório para motivar os alunos ou ajudar a compreender conceitos. A história da ciência deve ser encarada, como parte integrante dos conhecimentos necessários à formação científico-cultural dos alunos, ou seja, de elementos acessórios, como na maioria das vezes é utilizada e passa a elemento constituinte, na formação de uma cultura científica.

Geralmente, o que vemos em nossas escolas, são os aspectos referentes a Natureza dos Conceitos Científicos, onde se inclui a História da Ciência, que são raramente trabalhados. Isso em parte se deve a falta de formação do professor para lidar com estas questões, assim como os livros didáticos que acabam por exercer uma influência muito grande sobre os temas que são abordados em sala. Desta forma, o conhecimento escolar, no que se refere à Astronomia, fica subvalorizado, pautado na apresentação dos planetas que constitui o sistema solar, fases da Lua e aplicações de atividades com foco em fusos horários, desperdiçando o potencial benéfico que o ensino de Astronomia pode trazer ao abordar assuntos como: Reciclagem, Aquecimento Global, Secas e catástrofe ambiental, etc.

Dentro desta perspectiva, é indispensável que no ensino de ciências, os professores lancem mão da História da Ciência, mas não como elemento acessório, mas sim como elemento constituinte na formação cultural do indivíduo. O que realmente falta, diante da realidade do ambiente escolar, é preparo do professor, tempo para trabalhar a dimensão proposta e materiais didáticos que abordem a História da Ciência.

Em relatos feitos pelos próprios professores, muitos se sentem incapacitados de ministrar aulas que envolvam aspectos da História da Ciência, pois em sua formação inicial não tiveram esse tipo de disciplina, daí a necessidade dos cursos de formação inicial e continuada de professores de ciências enfocarem a dimensão Natureza da Ciência.

Com relação à falta de tempo como um empecilho ao trabalho com a História da Ciência, podemos afirmar que este seria um problema de menor proporção, se no planejamento dos professores, abrisse mão dos recheados currículos, baseados nos sumários

dos livros didáticos, que por sua vez são centrados nas definições, conceitos e aplicações de fórmulas.

No Brasil, o livro didático exerce grande influência na definição do que se deve ser trabalhado em sala de aula e como a grande maioria não aborda questões referentes a Natureza da Ciência, pouco ou quase nada dessa dimensão é trabalhado pelo professor. Por outro lado, abrir mão dos conteúdos que se domina, em cima do qual se trabalha há muito tempo e passar a abordar algo para o qual não se sente preparado, parece complicado para o professor. Essa insegurança, talvez, leve-o a se apoiar no argumento da falta de tempo.

Dos problemas apresentados, a escassez de materiais que abordem temas relativos à história da ciência, configura-se como o mais sério, o que já foi constatado por nossa pesquisa relatada, no capítulo 1. Mais recente e mais especificamente nas últimas décadas, uma série de documentos de reforma educacional tem dado destaque à compreensão da natureza da ciência, como um componente central da alfabetização científica (MATTHEWS, 1992, 1994).

Diante dessa crise contemporânea do ensino de ciências, alguns trabalhos foram sendo desenvolvidos nesta linha, com o intuito de preencher esta lacuna, fato que despertou em alguns professores a necessidade de trabalhar a História da Ciência e isto pode ser verificado nos trabalhos da Vannucchi (1996), Langhi (2004) e Durbano (2012) e outros, os quais trouxeram contribuições em relação ao conhecimento da dimensão da problemática, enfrentada pelo ensino de ciências e na definição do nosso problema de pesquisa.

A percepção da dificuldade vivenciada pelos professores que ministram aulas de ciências, nas séries iniciais, mais especificamente o conteúdo de astronomia, nas escolas públicas de Ceres/GO, impulsionou-me no estudo deste trabalho, tanto para o conhecimento da causa do problema como para uma proposta de auxílio, que venha ao encontro da necessidade dos professores, diante da carência de material instrucional na incrementação e diversificação de suas aulas de ciências. Esperamos que a proposição da sequência didática, apresentada neste trabalho, venha somar a outros trabalhos com propostas semelhantes, na intenção de auxiliar professores que buscam por melhorias, no exercício de sua função, em sua prática de sala de aula.

Uma possível resposta a nossa questão inicial: “Como a história do Telescópio de Galileu poderá contribuir para a construção de uma sequência de ensino, centrada nos pontos consensuais da natureza da ciência para a formação de professores?”, foi a de que ela serviu como âncora para abordar temas como a Popularização da Astronomia, comentar sobre pontos consensuais a respeito da Natureza da Ciência, defendidos por alguns filósofos

contemporâneos e também abordar a relevância sócio-histórico-cultural que o aparecimento de instrumentos tecnológicos de pesquisas pode causar na sociedade.

Nesse sentido, o presente estudo histórico do telescópio de Galileu pode subsidiar discussões de Natureza da Ciência, nos cursos de formação de professores, referendando os elementos epistemológicos, destacados no processo de construção e aperfeiçoamento do telescópio de Galileu, tais como: planejamento de experimentos, busca por exatidão e precisão, estudos da combinação de lentes e o contato com a primeira luneta, evidenciados no capítulo 3. No entanto, a execução desta proposta pode se tornar mais eficaz, quando realizada por meio da abordagem do Estudo de Caso Histórico, baseado em Stinner et al. (2003), o que possibilitaria a discussão entre a Natureza da Ciência e os aspectos epistemológicos envolvidos na construção deste equipamento.

Diante dessa demanda, o Diálogo sobre os dois máximos sistema de mundo, abordado na aula 3, da sequência didática, a atividade de construção da luneta e observação dos astros, proposta na aula 4, configuram um exemplo de como a aspectos relativos a História da Ciência também podem ser abordados na formação de Professores. No texto (Diálogo), realizamos um Estudo de Casos Históricos, abordando a discussão em torno da imobilidade da Terra, sem abrir mão, portanto, dos aspectos fenomenológicos e formais durante a construção da luneta, onde foram abordados os conceitos de óptica na formação de imagens.

O Estudo de Caso Histórico apresentado no Diálogo desponta como uma estratégia interessante, uma vez que as diretrizes de Stinner exigem o resgate do contexto em torno da ideia, do que se quer desenvolver, destacando os principais personagens envolvidos, as experiências marcantes, os contextos sócio-econômicos e as principais controvérsias. Isto torna esse tipo de estratégia rica, pedagogicamente, pois abre caminhos para participação mais efetiva do aluno no processo de aprendizagem, assim como desafia o professor a produzir novos Estudos de Casos Históricos envolvendo outros temas.

Acreditamos que o uso desse tipo de material venha contribuir para melhorar a formação do professor em um processo de formação reflexivo, tomando como base estudos de caso desse tipo, que poderia elaborar materiais que mostrariam melhor a dinâmica da construção da ciência, e como consequência, melhoraria o nível de formação científico cultural de nossos alunos, ainda mais num momento que uma boa formação cultural tem se mostrado quase indispensável, para os cidadãos que estão inseridos num mundo, cuja ciência e suas aplicações estão cada dia mais presentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AABOE, A. **Episódios da História Antiga da Matemática**. 2. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2002.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, London, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.

AUSUBEL, D. P. **Biografia**. Disponível em: <www.davidausubel.org>. Acesso em: 04 jun. 2015.

AUSUBEL, D. P. **Retenção e aquisição de conhecimento: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2002.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1994.

BARBOSA, M. R. Alexandre Koyré e a Revolução Científica do século XVII: formulação de um novo conceito para a ciência experimental. Anais do **XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH**, São Paulo, julho 2011. Disponível em: <http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1300848607_ARQUIVO_ComunicacaoANPUH.pdf>. Acesso em 11/05/2015.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. Investigação qualitativa em Educação: fundamentos, métodos e técnicas. In: **Investigação qualitativa em educação**. Portugal: Porto Editora, 1994. p. 15-80. Disponível em: <http://www.todosnos.unicamp.br:8080/lab/acervo/capitulos/BOGDAN%20R_%20BIKLEN.S.%20Investigacao%20Qualitativa%20em%20Educacao.rtf/view>. Acesso em 24 mai. 2015.

BONATTI, F.A.S. **Desenvolvimento de equipamento de auxílio à visão subnormal**, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP/Departamento de Oftalmologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP, 2006. p. 221 – 226. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/abo/v69n2/29069.pdf>>. Acesso em 10/04/2015.

BONECHI, S. **How they make me suffer... A short biography of Galileo Galilei**. Translated by Anna Teicher, Florence, 2008. Disponível em: <<http://brunelleschi.imss.fi.it/itineraries/pdf/GalileoBiography.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2015.

BRASIL, Ministério da Educação e Desporto. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental – Temas Transversais. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ttransversais.pdf>>. Acesso em 30 mar. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PNC+Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares nacionais. Brasília, 2002

BRETONES, P. S.; MEGID NETO, J. Tendências de Teses e Dissertações Sobre Ensino de Astronomia no Brasil. **XXIX Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira**. Águas

de São Pedro - SP, ago, 2003. Disponível em: <http://www.paulobretones.com.br/Artigo%20SAB%20v24_n2_2005_Bretones-Megid.pdf>. Acesso em 12/04/2014.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática das ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.

COÊLHO, M. S.; QUEIRÓS, W. P. Tendências das Pesquisas sobre Ensino de Astronomia na Formação de Professores em Periódicos da Área de Ensino de Ciências. **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**, 26 a 30 de janeiro de 2015.

COHEN, I. B. **O Nascimento de uma Nova Física**. [Lisboa]: Gradiva 1988.

CONANT, J. B. **Como compreender a ciência**. 1ª edição. São Paulo: Cultrix, 1960.

CONTRERAS, J. **A autonomia dos professores**. São Paulo: Cortez, 2002

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Tradução: Raul Filker. Editora Brasiliense, 1993.

DARROZ, L. M. e DOS SANTOS, F. M. T. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 30, Nº 1: p. 104 – 130, abr. 2013.

DELLA PORTA, G. B. **De telescópio**. Org. e introd. de V. Ronchi & M. A. Naldoni. Florença, Leo S. Olschki, 1967.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. A Gravitação Universal (Um texto para o Ensino Médio), **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, nº 3, p. 257 - 271, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000300012>. acesso em 18/10/2015.

DIAS SILVA, M. H. G. F. O professor e seu desenvolvimento profissional: superando a concepção do algebrista incompetente. **Caderno CEDES**, Campinas-SP, v. 19, n. 44, 1998.

DISTLER, R. R. Contribuições de David Ausubel para a intervenção psicopedagógica. **Revista Psicopedagogia**, 2015; 32(98): p.191-9. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/psicoped/v32n98/09.pdf>>. Acesso em 12/01/2015.

DUPRÉ, S. **GALILEO'S TELESCOPE AND CELESTIAL LIGHT**. Science History Publications Ltd. Provided by the NASA Astrophysics Data System, 2003. Disponível em: <<http://adsabs.harvard.edu/full/2003JHA....34..369D>>. Acesso em 14/06/2015.

DURBANO, J. P. DI M. **Investigação de concepções de alunos de ciências biológicas do IB/HSP acerca da Natureza da Ciência**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, SP, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-01052013-152707/pt-br.php>>. Acesso em 20/04/2015.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. 3-21.

ERNEST, P. Empowerment in Mathematics Education. **Philosophy of Mathematics Education Journal**, nº 15, 2002. Disponível em <<http://www.ex.ac.uk/~Pernest/>>. acesso em 18/10/2015.

ÉVORA, F. R. R. A Descoberta do Telescópio: Fruto de um raciocínio dedutivo? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, Nº 6 (Número especial): p. 30 – 48, jun. 1989. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10068/14936>>. Acesso em 14/06/2015.

FARIAS, A. J. O. Existem Dificuldades dos Alunos na Interpretação da Interação Carga-Campo?, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Nº 21, 1999, 389-396.

FILHO, K. S. O; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**, Departamento de Astronomia - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

FRENCH, S. **Ciência: conceitos-chave em filosofia**, tradução: Andre Klaudat - Porto Alegre: Artmed, 2009.

GALILEI, G. **Complete Dictionary of Scientific Biography**. 2008. Retrieved April 21, 2015 from Encyclopedia.com: <<http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-2830901566.html>>. Acesso em: 21/02/2015.

_____. **Sidereus Nuncius o mensageiro das estrelas**, 3ª ed, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa – PRT, 2010.

_____. Istorìa e Dimostrazioni intorno alle macchie solari. In: FAVARO, A. (Ed.). **Edizione nazionale delle opere di Galileo Galilei**. Firenze: G. Barbèra, 1932 [1613]. v. 5, p. 73-240.

GATTI, S. R. T. **Análise de uma ação didática centrada na utilização da história da ciência: uma contribuição para a formação inicial do docente de Física**. 2005. 312f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000349631>>. Acesso em: 20/04/2015.

GUERRA, A. et. al. **Galileu e o Nascimento da Ciência Moderna**. 1 ed. São Paulo: Atual, 1997

HELDEN, A. V.; DUPRÉ, S.; GENT, R.V. & ZUIDERVAART, H. (eds.). **Origins of the Telescope**, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam 2010. Disponível em: <<http://www.dwc.knaw.nl/wp-content/HSSN/2011-12-Origins.pdf>>. Acesso em 10/03/2015.

HENRIQUE, A. B. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-19072011-112602/pt-br.php>>. Acesso em: 11 mai. 2015.

HODSON, D. Philosophy of science and science education. In: MATTHEWS, M. R. (Org.). **History, philosophy and science teaching: selected readings**. Toronto: OISE Press, 1991. p. 19-32.

HOSSON, C. Una controversia histórica al servicio de una situación de aprendizaje: una reconstrucción didáctica basada en Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo de Galileo. **Enseñanza de las Ciencias**, 2011, 29(1), 115–126. Disponível em <<http://arxiv.org/pdf/1009.0729.pdf>>. acesso em 18/10/2015.

IACHEL, G; SCALVI, R. M. F.; NARDI, R. Um Estudo Exploratório Sobre o Ensino de Astronomia na Formação Continuada de Professores, **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, nov. 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/1425.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2015.

IACHEL, G.; NARDI, R.; Algumas Tendências das Publicações Relacionadas à Astronomia em Periódicos Brasileiros de Ensino de Física nas últimas décadas. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.12, nº 2, p.225-238, mai-ago, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v12n2/1983-2117-epec-12-02-00225.pdf>>. Acesso: 18 mar. 2014.

IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science & Education**, online first. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs1191-010-9293-4>>. Acesso em 15 out. 2014.

KANTOR, C. A. O Céu e a Terra. In: LONGHINI. M. D. (org.). **Ensino de astronomia na escola: concdeções, ideias e práticas**. 1ª ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2014. Capítulo 1, p. 17 – 32.

KING, H. C. **The History of the Telescope**, Dover Publishing Inc., New York, 1955. p. 38. Disponível em: <<http://www.darganov.com/wp-content/uploads/2007/08/history-of-the-telescope.pdf>>. Acesso em 10/03/2015.

KOYRÉ, A. **Galileu e Platão**. Lisboa: Gradiva, [s.d].

_____. **Estudos Galilaicos**. Publicações Dom Quixote. Lisboa, 1986a.

_____. **Galileu e Platão e do Mundo do mais ou menos ao Universo da Precisão**. Gradiva. Lisboa, 1986b.

_____. **Estudos de História do Pensamento Científico**. Rio de Janeiro: Forense. Universitária; Brasília: Ed. UnB, 1982.

_____. **Estudos acerca da Evolução do Pensamento Científico**. Brasília, UnB, 1989.

_____. **Considerações sobre Descartes**. 4ª Edição Lisboa: Editora Presença, 1992.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2006.

KRAGH, H. **Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe**. Princeton, Princeton University Press, 1996.

LANGHI, R. **Um Estudo Exploratório para a Inserção da Astronomia na Formação de Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/DetalhaDocumentoAction.do?idDocumento=34>>. Acesso em: 15 set. 2014.

LANGHI, R. Educação em Astronomia e Formação Continuada de Professores: a Interdisciplinaridade Durante um eclipse lunar total. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, nº 7, p. 15-30, 2009. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/124>>. Acesso em: 29 set. 2014.

LEITÃO, H. Estudo Introdutório. In: GALILEI, G. **SIDERIUS NUNCIUS: o mensageiro das estrelas**, 3ª ed, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa – PRT, 2010, p. 17 – 136.

LEDERMAN, N. G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v.29, nº 4, p. 331-359, 1992. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.3660290404/epdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

_____.; BELL, R. L.; LEDERMAN, N. The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. **Science Education**, New York, v. 82, n. 4, p. 417-437, 1998.

_____. Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 36, n. 8, p. 916-929, 1999.

LONGHINI, M. D. O conhecimento do conteúdo científico e a formação do professor das séries iniciais do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, nº2, p. 241-253, 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID184/v13_n2_a2008.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2014.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, EPU, 1986.

MAGALHÃES, M. F.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 24, nº 4, dezembro, 2002. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172002000400016&script=sci_arttext>. acesso em 17/10/2015.

MARICONDA, P. R. Galileu e a ciência moderna, **Cadernos de Ciências Humanas - Especiaria**. v. 9, nº 16, jul./dez., 2006, p. 267 – 292. Disponível em: <http://www.uesc.br/revistas/especiarias/ed16/16_2_galileu_e_a_ciencia_moderna.pdf>. Acesso em 20/08/2015.

_____. O DIÁLOGO DE GALILEU E A CONDENAÇÃO. **Caderno de História, Filosofia e Ciências**. Campinas, Série 3, v. 10, nº 1, p. 77 – 160, jan. – jun. 2000. Disponível em: <<http://www.cle.unicamp.br/cadernos/pdf/Pablo%20Mariconda.pdf>>. Acesso em 3/04/2015.

MARTINHO, M. P. C. **O experimento de Ptolomeu: uma introdução ao estudo da refração luminosa**. 2013. 65 folhas. Dissertação de Mestrado – Rio de Janeiro: UFRJ/IF, 2013. Disponível

em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2013_Marcos_Martinho/dissertacao_Marcos_Martinho.pdf>. Acesso em:

MARTINS, L. A. C. P. História da ciência: objetos, métodos e problemas, **Ciência e Educação**, v. 11, nº 2, p. 305-317, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n2/10.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

MATTHEWS, M. R. History, philosophy and science teaching: the present reapprochement. **Science & Education**, Dordrecht, v. 1, n. 1, p. 11-48, 1992.

_____. **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994.

McCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: an introduction. **Science & Education**, v.7, p. 511-532, 1998. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1008642510402>>. Acesso em: 19 jun. 2015.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. **A Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**, Editora Moraes, 1982.

_____. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: E.P.U., 1999. 195p.

_____. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

_____. ¿AL FINAL, QUÉ ES APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO? **Revista Currículum**, 25; marzo 2012, pp. 29-56; ISSN: 1130-5371

MOURA, R. M. O professor reflexivo no ensino de Ciências. In: Maria Marly de Oliveira. (Org.). **Sequência Didática Interativa no processo de formação de professores**. 1ª ed. Petrópolis: Vozes, 2013, v. 1, p. 161-177.

NARDI, R. e CARVALHO, A.M.P. Ensino do Conceito de Campo de Força, em NARDI, R. (Org.), **Pesquisas em Ensino de Física**, Escrituras Editora, 1998, 61-70.

PACCA, J. L. A.; SCARINCI, A. L. Um curso de Astronomia e as pré-concepções dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 89-99, mar 2006.

PONTES NETO, J. A. S. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. **Série-Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**. Campo Grande-MS, n. 21, p.117-130, jan./jun. 2006.

PORTELA, S. I. C. **O Uso de Casos Históricos no Ensino de Física: Um Exemplo em Torno da Temática do Horror da Natureza ao Vácuo**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/2256>>. Acesso: 9 jun. 2015.

PORTELA, S. I. C.; LARANJEIRAS, C. C. O estudo de casos históricos como estratégia de articulação da dimensão cultural da ciência na sala de aula. **Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, ATAS DO V ENPEC - Nº 5. 2005. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/3/pdf/p765.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

QUEIRÓS, W. P. **A articulação das culturas humanística e científica por meio do estudo histórico-sociocultural dos trabalhos de James Prescott Joule: contribuições para a formação de professores universitários em uma perspectiva transformadora**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2012. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/DetalhaDocumentoAction.do?idDocumento=575>>. Acesso: 22 fev. 2014.

RONAN, C. A. **História Ilustrada da Ciência**. São Paulo: Círculo do Livro, 1987.

RUTHERFORD, F. J. Fostering the history of science in american science education. **Science & Education**, Dordrecht, v. 10, n. 6, p. 569-580, 2001.

SAITO, F. Óptica, magia e ciência no século XVI: o manuscrito De telescópio de Giambattista della Porta, Conference delivered at **XVIII Encontro da Associação Brasileira de Planetários**. Planetário Johannes Kepler, Santo André, São Paulo, Brasil, 2013. Disponível em: <<https://fumikazusaito.files.wordpress.com/2014/02/palestra-fumi.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2015

_____. **Experimento e matemática: o estudo das lentes segundo a perspectiva de Giambattista della Porta (1535-1615)**. *Circumscribere* 4(2008):83-101. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/circumhc/article/viewFile/805/944>>. Acesso em: 9 mar. 2015.

SOLOMON, J., SCOTT, L., and DUVEEN, J. Large scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. **Science Education**, nº 80, v.1, p. 493 – 508, 1996. Disponível em: <<http://adsabs.harvard.edu/abs/1996SciEd..80..493S>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

SALOMON, M. J.; SALES, I. S. P. **A Revolução Científica do século XVII em Estudos Galilaicos de Alexandre Koyré**. Faculdade de História – UFG, s.d – disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/pibic/trabalhos/ISRAEL_S.PDF>. – acesso 1º agosto de 2015.

SANTOS, A. R. **Metodologia Científica: a construção do conhecimento**. 3ª ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

SCHÖN, D. Formar Professores como Profissionais Reflexivos. In: NÓVOA, A. (Coord.). Os professores e a sua formação. 3. ed. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1997.

_____. Educando o professor reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Trad. Roberto C. Costa. Porto Alegre: Artmédica, 2000.

STINNER, A.; et al. The Renewal of Case Studies in Science Education. **Science & Education**, nº12, pag. 617 – 643, 2003. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1025648616350_>. Acesso: 9 jun. 2015.

TARDIF, M. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis-RJ: Vozes, 2002.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JR., O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (org.) **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**, Natal: EDUFERN, 2012. cap. 1, p.9 – 40.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR., O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência e Educação**, v. 15, n° 3, p. 529-556, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132009000300006&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 mai. 2015.

TEODORO, S. R. **A História da Ciência e as Concepções Alternativas de Estudantes como Subsídios para o Planejamento de um Curso Sobre Atração Gravitacional**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Bauru: Faculdade de Ciências, UNESP, 2000. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/gpec/documentospdf/Teses/DIS_MEST_TEODORO%20SANDRA%20REGINA.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2015.

VALADARES, J.; MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa: sua fundamentação e implementação. Coimbra: Edições Almedina, 2009.

VANNUCCHI, A. I. História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Física/Faculdade de Educação. SP. 1996. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-15062005-164939/publico/tese.pdf>>. Acesso em 20/04/2015.

VIDEIRA, A. A. P. As descobertas astronômicas de Galileu Galilei. Rio de Janeiro: Videira & Lent, 2009

VIVERIO, A. A.; ZANCUL, M. C. S. Ciências na formação de professores para o início da escolarização. **Anais do Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente**, Niterói, RJ, Brasil, 3, 2012. Disponível em: <<http://www.ivenecienciasubmissao.uff.br/index.php/ivenecienciasubmissao/eneciencias2012/paper/view/344/215>>. Acesso em: 13 mai. 2015.

ZANCUL, M. C. S. Ciências no ensino fundamental. In: DEMONTE, A. et al. (Org.) **Cadernos de formação: ciências e saúde**. 2ª ed. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica, UNESP, Pró-Reitoria de Graduação, 2007.

REFERÊNCIAS DAS FIGURAS

Figura 1: BONECHI, S. **How they make me suffer... A short biography of Galileo Galilei**, Instituto e Museo di Storia della Scienza, Florence, 2008. Retrato de Galileo Galilei – Disponível em <<http://www.encyclopedia.com/topic/Galileo.aspx>>. Acesso em: 22/02/2015

Figura 3: Imagem do detalhe do equipamento óptico de Della Porta para se ver ao longe. Disponível em: <<http://brunelleschi.imss.fi.it/telescopiogalileo/etel.asp?c=50414>>. Acesso em 10/03/2015

Figura 4: Observação feita na reunião do conselho da província de Zeeland, em 14 de Outubro 1608, afirmando que uma pessoa não identificada também alegou ter "a arte de fazer um instrumento para ver objetos distantes por perto " (ZUIDERVAART, 2010, p.16).

Figura 5: Lente Objetiva do Telescópio de Galileu – no detalhe o diafragma (DUPRÉ, 2003, p.270)

Figura 6: Constelação de Oriente (Galilei, 2010, p.176)

Figura 7: Imagem da luneta feita por Galileu – Disponível em: <<http://www.fisica-interessante.com/biografia-galileu-galilei.html>>. Acesso em 21/04/2015

Figura 8: Desenho da lua no primeiro quarto – Galileo Galilei – 1610. Instituto e Museo di Storia della Scienza, Il Cannocchiali di Galileo, fig.8, p.5

Figura 9: Imagem da Lua - Disponível em: <<https://www.google.com.br/lua>>. Acesso 11/03/2015

Figura 10: Foto de Ausubel – Disponível em <<http://revistaescola.abril.com.br/formacao/david-ausubel-aprendizagem-significativa-662262.shtml>>. Acesso em 04/01/2016.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA