

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

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

MARCELO DE SOUSA COELHO

**Orientador:
Prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós**

**Anápolis-GO
Janeiro, 2016**

SUMÁRIO

1. UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM STINNER.....	104
1.1. Apresentação.....	104
1.2. Introdução.....	104
1.3. Fundamentação Teórica e Metodológica de Ensino.....	107
2. MAPEANDO O CONTEXTO HISTÓRICO.....	109
2.1. Principais ideias relacionadas e questões científicas que permeavam o contexto:.....	109
2.2. Controvérsias marcantes:.....	109
2.3. Personagens principais relacionados ao caso histórico:.....	110
2.4. Contexto sócio econômico da época:.....	110
AULA 1.....	111
LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA.....	111
Atividade 1: Pesquisa Grupo Focal.....	111
Mapeando o contexto histórico – Aula 1.....	112
Principais ideias relacionadas e questões científicas que permeavam o contexto:.....	112
Controvérsias marcantes:.....	113
Personagens principais relacionados ao caso histórico:.....	113
Contexto sócio econômico da época:.....	113
AULA 2.....	115
DIÁLOGO SOBRE OS DOIS SISTEMAS DE MUNDO.....	115
Atividade 2: Encenação teatral da Segunda Jornada.....	115
Mapeando o contexto histórico – Aula 2.....	116
Principais ideias relacionadas e questões científicas que permeavam o contexto:.....	117
Controvérsias marcantes:.....	117
Personagens principais relacionados ao caso histórico:.....	117
Contexto sócio econômico da época:.....	118
AULA 3.....	120
A CONSTRUÇÃO DA LUNETTA DE GALILEU.....	120
Atividade 3: Discussão Histórica e Filosófica na Construção da Luneta.....	121
Mapeando o contexto histórico.....	122
Principais ideias relacionadas e questões científicas que permeavam o contexto:.....	122
Controvérsias marcantes:.....	123
Personagens principais relacionados ao caso histórico:.....	123
Contexto sócio econômico da época:.....	123
MONTAGEM DO CONJUNTO DA OBJETIVA.....	128
MONTAGEM DO CONJUNTO DA OCULAR.....	128
O TRIPÉ.....	130
O CONJUNTO MONTADO – Tripé e Luneta.....	131
AULA 4.....	132
AULA SÍNTESE – FECHAMENTO DA ATIVIDADE.....	132
Atividade 4: Discussões e aplicação do questionário.....	133
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	134
REFERÊNCIAS DAS IMAGENS.....	135
ANEXOS E APÊNDICES.....	136
ANEXO 1.....	137
ANEXO 2.....	140
ANEXO 3.....	142
ANEXO 4.....	147
APÊNDICE 1.....	148
APÊNDICE 2.....	157
APÊNDICE 3.....	161

LISTA DE FIGURAS

Figura 11: Arthur Otto Stinner.....	104
Figura 12: Esquema de encaixes dos tubos.....	127
Figura 13: Corte transvesal - detalhe da folga entre os tubos (fora de escala).....	127
Figura 14: Detalhe do encaixe da objetiva ao tubo.....	128
Figura 15: Lentes da ocular.....	128
Figura 16: Esquema para os cortes no frasco.....	129
Figura 17: Vista lateral da luneta com o encaixe da ocular.....	129
Figura 18: Fotos do tripé - (a): vista em perspectiva; (b): detalhe para o encaixe da luneta.....	130
Figura 19: Foto das cantoneiras e parafusos.....	131
Figura 20: Conjunto Luneta e tripé.....	131
Figura 21: Gravura de Flamarion (século XIX) ilustrando a cosmologia da Terra plana. Essa está centrada na aldeia do observador, o que deriva da experiência cotidiana. À esquerda, vê-se um “curioso” que procura romper a esfera das estrelas fixas com o objetivo de descobrir os mecanismos que produzem o movimento do Sol, da Lua e dos planetas.....	137
Figura 22: Nicolaus Copernicus (1473-1543).....	138
Figura 23: Desenho do manuscrito original de Copérnico colocou o Sol no centro do universo.....	139
Figura 24: Frontispício do Diálogo sobre os dois máximos sistemas de Mundo.....	146
Figura 25: Refração da Luz.....	150
Figura 26: Lente convergente: a) Foco imagem F' ; b) Foco objeto F	151
Figura 27: Lente divergente: a) Foco imagem F' ; b) Foco objeto F	152
Figura 28: Construção da imagem em uma lente convergente.....	152
Figura 29: Construção da imagem em uma lente divergente.....	153
Figura 30: Formação da imagem no telescópio.....	153
Figura 31: Fenômeno de aberração cromática.....	155
Figura 32: Retrato de Galileu Galilei, por Justus Susterman em 1636 (BONECHI, 2008, p.90).....	157
Figura 33: Galileu frente ao tribunal da inquisição romana, pintura de Cristiano Banti.....	159

1. UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM STINNER



Figura 11: Arthur Otto Stinner

1.1. Apresentação

Apresentamos nesse caderno as propostas de aulas-atividades que comporão a sequência didática da presente dissertação de mestrado, resultado do estudo histórico do telescópio de Galileu. Tal proposta poderá ser utilizada, como apoio, nos diversos cursos de graduação, especialmente os de Licenciatura em Ciências Naturais: Física, Química, Biologia e Geologia.

Não temos aqui a pretensão de esgotar as discussões em torno do tema abordado, e sim iniciarmos um relacionamento entre o conteúdo a ser ministrado e o conhecimento histórico no qual, ao longo do tempo, gerou aquele conhecimento científico e o desenvolvimento da ciência, convidando o estudante a tomar conhecimento dos fatos e a interpretar os desdobramentos advindos do desenvolvimento científico, o que lhe proporcionaria um caráter de cidadão crítico, emancipado e participante de decisões em sua comunidade.

1.2. Introdução

Embora haja algumas controvérsias entre pesquisadores da história da ciência, é consenso que a adoção e inclusão da História e Filosofia da Ciência seja uma estratégia pedagógica que contribui para a boa educação científica, independente dos diferentes objetivos atribuídos aos cursos de Ciências (MATTHEWS, 1994). Levando-se em consideração que a apropriação do conhecimento científico envolvido não esteja restrita apenas aos conhecimentos de seus produtos como: leis e teorias, mas também, a apropriação no conhecimento dos processos da Ciência, os seus

métodos e sua estrutura de desenvolvimento. Sendo assim, a inclusão da História e Filosofia da Ciência com abordagem no estudo de caso histórico proposto por Arthur Stinner, pode auxiliar na compreensão deste processo de desenvolvimento, servindo como uma ferramenta no conhecimento dos episódios históricos, no tratamento das hipóteses inesperadas e na compreensão da consolidação e substituição de teorias e modelos.

Vannucchi (1996) sugere que o quanto antes os estudantes forem iniciados aos fatores intelectuais, técnicos, pessoais e sociais da atividade científica, melhor. Ela nos informa que “a cultura do mundo ocidental está intimamente relacionada com o desenvolvimento de grandes episódios da Ciência”. Desta forma, a abordagem textual através do estudo de caso histórico pode vir a contribuir com uma educação que busque minimizar a fragmentação intelectual, situe a atividade científica como parte do desenvolvimento cultural, inserindo-a, na medida do possível, num panorama mais abrangente, relacionando Ciência a Ética, a Religião, a Economia e a Política.

Diante da comprovada ineficácia da educação técnica ortodoxa, não contextual, constatada por estudos realizados nos E.U.A., onde revelou que grande parte dos estudantes não sabe o significado de conceitos científicos básicos, além de apresentar visões distorcidas das ciências amplamente divulgadas e pensamento ilógico (MATTHEWS, 1994), é que apresentamos a proposta deste enfoque para a educação científica. Entendemos que a introdução dos estudantes nas questões especulativas, metafísicas e éticas que a Ciência vem prestigiando ao longo de sua história poderia minimizar posturas ingênuas dos estudantes frente a credices e superstição. Além disso, o pensamento científico pode constituir-se em influência contrária à tendência natural das pessoas de julgarem circunstâncias em termos de seus interesses próprios. Segundo Ernst Mach:

Um indivíduo que tenha lido e compreendido os autores gregos e romanos tem mais consciência e experiência que aquele cujas impressões são restritas ao presente. Ele percebe que homens submetidos a circunstâncias diferentes avaliam de forma diferente à que adotamos nos dias de hoje. Seu próprio julgamento tornar-se-á, portanto, mais independente (apud MATTHEWS, 1994, p.52).

Apesar da limitação imposta pelos diversos fatores envolvidos no processo educacional, a aproximação da História e Filosofia da Ciência apresenta, potencialmente, contribuição significativa para o ensino e aprendizado da Ciência. Alguns aspectos são apontados e analisados por Matthews (1994):

- i. A História e Filosofia da Ciência podem humanizar a Ciência.
- ii. A História e Filosofia da Ciência proporcionam interação entre tópicos e disciplinas, manifestando a natureza interativa e interdependente dos empreendimentos humanos.
- iii. A História e Filosofia da Ciência vinculam o desenvolvimento do pensamento individual ao desenvolvimento das ideias científicas.
- iv. A História e Filosofia da Ciência fornecem base para os debates educacionais contemporâneos - métodos de ensino, currículos - os quais fazem referência à História e Filosofia da Ciência e à natureza do conhecimento, à sua produção e validação.
- v. A História e a Filosofia da Ciência são intrinsecamente importantes se a Ciência for encarada como uma das heranças culturais mais importantes da humanidade.
- vi. A História e Filosofia da Ciência podem contribuir para melhor compreensão do conteúdo específico, ajudando a superar o “mar de sem-sentidos” constituído de fórmulas e equações que os estudantes repetem sem compreender o significado.
- vii. A História e Filosofia da Ciência são necessárias para a compreensão da natureza da atividade científica, explicitando a dinâmica do processo de construção do conhecimento.
- Viii. A História e Filosofia da Ciência, em particular, exercícios lógicos e analíticos básicos, podem tornar as aulas mais desafiadoras, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio e de habilidades de pensamento crítico (MATTHEWS, 1994 apud VANNUCCHI, 1996, p. 19 - 22).

Como mencionamos no início deste trabalho, a proposta metodológica de inclusão da História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências está longe de ser a salvação dos problemas enfrentados por professores no processo ensino-aprendizagem, mas indica uma direção segura em que possa encontrar uma luz no fim do túnel. Estamos cientes dos argumentos desfavoráveis a esta abordagem, tais como: o de Thomas Khun em seu livro *A estrutura das revoluções científicas*, onde defende que o estudante para ser imerso nos paradigmas da “ciência normal”, ele deve estar à parte de conteúdos históricos, do contrário, isso pode desestabilizar sua confiança nos padrões aceitos como válidos (KUHN, 2006, p. 176); o de Stephen Brush, em seu trabalho *Should the History of Science be rated X?*, no qual disfare vários argumentos contra a História da Ciência no ensino, dentre eles, aquele que mais se destaca aponta que a discussão de episódios históricos poderia demolir a aclamada objetividade do conhecimento científico. Sendo assim, segundo ele, “o professor que quer doutrinar seus estudantes no papel tradicional do cientista como um descobridor de fatos não deveria utilizar materiais históricos, como os que estão sendo preparados pelos historiadores da ciência” (BRUSH, 1974, p.1170); além desses, o fator tempo, necessário para o desenvolvimento do Estudo de Caso Histórico, também se torna um poderoso aliado aos argumentos desfavorável ao desenvolvimento dessa abordagem; um outro argumento nessa linha reside no domínio de um corpo de conhecimento científico e técnico por parte dos estudantes. Aí reside parte do nosso desafio, no qual oferecemos este trabalho como subsídio aos professores que por ventura se interessar a desenvolver nesta proposta de atividades.

1.3. Fundamentação Teórica e Metodológica de Ensino

A proposta de aproximação da História da Ciência para a formação de professores que iremos defender ao longo das atividades propostas neste trabalho, está fundamentada no Estudo de Caso Histórico, baseado na proposta de Stinner et al. (2003). Esta proposição vem de encontro ao anseio de professores que almejam atividades em sala de aula que quebrem a rotina das aulas ditas “tradicionais conteudistas”, com foco na resoluções de problemas que envolvam aplicação direta das fórmulas ou de soluções descontextualizadas com a realidade do aluno, tornando assim a atividade mecânica, memorística e desinteressante. A proposta apresentada tem a intensão de introduzir atividades que motive a interação professor/aluno e aluno/conteúdo.

De acordo com Stinner et al. (2003), o Estudo de Caso Histórico configura-se entre as diversas propostas metodológicas de ensino, uma ótima opção para professores de ciências, pois possibilita o resgate do contexto histórico em que se desenvolveu 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 construção da luneta de Galileu para a mudança do paradigma do modelo planetário geocêntrico, defendido na época pela autoridade da igreja católica e divulgado pelos aristotélicos por quase dois mil anos.

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 o tempo (época) em que foram desenvolvidos e, depois modificados ou substituído por outro, suscitando os fatores econômicos e sociais relacionados às novas opções, caso existam. Stinner et al. (2003) evidenciou sete diretrizes para delinear esses contextos e respaldar o professor na abordagem do estudo de caso histórico. Resumidamente seria:

1. A escolha do contexto com uma ideia que seja considerada importante para a ciência e frutífera para a imaginação do aluno.
2. Assuntos que proporcionam experiências do seu dia a dia e fazem sentido para o aluno.
3. Construção uma história linear ou não, mas que destaque a ideia principal e identifique os personagens na história.
4. Certifique-se que as ideias, conceitos e principais problemas do tópico são geradas pelo contexto histórico naturalmente.

5. Detenha-se na precisão dos fatos em vez da generalização para não cair no trivial.
6. Organize-se e planeje o contexto, dê prioridade às contribuições dos alunos, mas você como o professor deve assumir a liderança na investigação em curso.
7. Resolva o conflito que foi gerado pelo contexto e encontre conexões entre as ideias e os conceitos discutidos com os correspondentes de hoje. Confrontando-os (STINNER et al., 2003, p.621, adaptado).

Nesta perspectiva, verifica-se que no estudo de caso histórico, o estudo da história de episódios científicos encontra 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 e os alunos nas compreensões dos eventos históricos, uma vez que eles participam de todas as etapas na escolha do evento a ser abordado.

2. MAPEANDO O CONTEXTO HISTÓRICO

O primeiro passo a seguir, tomando por base as sete diretrizes definidas por Stinner et al. (2003), refere-se a produção da atividade a ser trabalhada com os alunos pautada num contexto histórico que agregue boa parte destas diretrizes. Quanto mais próximas estiverem a relação do material produzido e a interação professor/aluno sincronizadas com essas diretrizes, maiores as chances do sucesso na atividade. Mapeamos a nossa atividade em torno do contexto histórico do surgimento do telescópio. Através deste contexto histórico, pretendemos realizar uma discussão que se inicia com as construções de lentes no século XVII, passando pela invenção holandesa da luneta e consequentemente a sua importante contribuição revelada nas mãos de Galileu Galilei, que contribuiu de forma mais concreta para a mudança do paradigma aristotélico em torno do sistema geocêntrico.

2.1. Principais ideias relacionadas e questões científicas que permeavam o contexto:

- Qual a função das primeiras lentes construídas no século XVII?
- A teoria ótica surgiu antes ou depois dessas lentes?
- Na “briga” para patentear a luneta, quem levou a melhor? Hans Lipperhey ou Galileu?
- Que motivações de cunho teórico-prático levaram Galileu a mirar a sua luneta para o céu e desvendar seus segredos?
- O curso da ciência, após as revelações apresentadas por Galileu, causou mais revoltas ou vislumbre entre os aristotélicos da época?
- Que papel desempenhou a igreja ao receber informações das revelações geradas por Galileu e o seu instrumento de observação?
- Que desdobramentos podemos relacionar com o advento do telescópio? A sociedade se beneficiou desses desdobramentos ou pouca coisa mudou para o cidadão comum?

2.2. Controvérsias marcantes:

O aperfeiçoamento do telescópio beneficiou um dos lados na queda de braço entre os dois sistemas planetários em discussão no século XVII. Esse reforço se refere as várias

revelações apresentadas por Galileu, tais como: a observação de manchas na superfície do Sol e a evidencia de crateras na Lua. Estas constatações provocaram rupturas na concepção de um universo finito, hierarquizado e com os corpos celestes constituído por esferas perfeitas, contrariando o pensamento defendido pela igreja da época. As revelações foram decisivas para a refutação do modelo geocêntrico aristotélico em detrimento à proposta do modelo heliocêntrico de Copérnico?

2.3. Personagens principais relacionados ao caso histórico:

- Aristóteles, Ptolomeu, Copérnico, Hans Lipperhey, Giovanni Battista Della Porta, Galileu e a Igreja Católica.

2.4. Contexto sócio econômico da época:

- Igreja Católica forte e embasada nas ideias de Aristóteles;
- A Itália, como uma das principais potências, tem algumas comunidades de intelectuais;
- Demonstrações experimentais sobre os “efeitos mágicos da ciência” ganhavam terreno;
- Valorização do conhecimento que tem aplicações práticas;

AULA 1

LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA

Atividade 1: Pesquisa Grupo Focal

Público alvo: Professores de ciências que ministram aulas em turmas do 8º e 9º ano do ensino fundamental e ou professores de Física que ministram aulas nas turmas do ensino médio.

Carga horária: 02 horas/aula - sendo que cada hora/aula corresponde a 55 min.

Procedimentos: Reunir-se-á com os professores em uma sala de aula. Para melhor interação entre os participantes e o administrador da pesquisa, a disposição das carteiras devem estar em forma de um grande círculo, proporcionando entre todos, melhor integração. Serão necessários cerca de 15 a 20 min para explicar o objetivo da pesquisa e do curso.

Na sequência, dar o início às questões geradoras que irão levantar as problemáticas vivenciadas pelos professores com relação ao conteúdo a ser abordado, bem como as intervenções que nortearão as discussões e coletas de informações e que irão compor o material a ser disponibilizado durante o curso.

As questões geradoras podem ser pensadas com base no questionário VNOS-C de Porra et al. (s.d.) constante no anexo 2. Estas questões possuem potencial argumentativo para dar início a um debate sobre natureza da ciência, e extraindo dele, as percepções que os professores trazem sobre esse tema.

Mapeando o contexto histórico - Aula 1

Tomando por base as diretrizes definidas por Stinner et al. (2003), referente a atividade a ser trabalhada com os professores, procurando aproximar a relação do material a ser produzido dentro dos níveis de interação entre professor/aluno preconizadas nas diretrizes, para que as chances do sucesso na atividade seja atingida.

Para tanto, mapeamos a nossa atividade em torno da leitura de dois textos. O primeiro referente as concepções de origem do universo, evidenciados no anexo 1 - *A Origem do Universo*, escrito por João Steiner e adaptado para essa atividade. O segundo, referendado aqui por apêndice 2 - *Galileu Galilei: vida e obra*, o qual é um recorte do capítulo 3 da dissertação.

Através deste contexto histórico do surgimento do telescópio, pretendemos realizar uma discussão que se inicia com as construções de lentes no século XVII, passando pela invenção holandesa da luneta e consequentemente a sua importante contribuição revelada nas mãos de Galileu Galilei, que contribuiu de forma mais concreta para a mudança do paradigma aristotélico em torno do sistema geocêntrico.

Principais ideias relacionadas e questões científicas que permeavam o contexto:

- Qual a função das primeiras lentes construídas no século XVII?
- A teoria ótica surgiu antes ou depois dessas lentes?
- Na “briga” para patentear a luneta, quem levou a melhor? Hans Lipperhey ou Galileu?
- Que motivações de cunho teórico-prático levaram Galileu a mirar a sua luneta para o céu e desvendar seus segredos?
- O curso da ciência, após as revelações apresentadas por Galileu, causou mais revoltas ou vislumbre entre os aristotélicos da época?
- Que papel desempenhou a igreja ao receber informações das revelações geradas por Galileu e o seu instrumento de observação?
- Que desdobramentos podemos relacionar com o advento do telescópio? A sociedade se beneficiou desses desdobramentos ou pouca coisa mudou para o cidadão comum?

Controvérsias marcantes:

O aperfeiçoamento do telescópio beneficiou um dos lados na queda de braço entre os dois sistemas planetários em discussão no século XVII. Esse reforço se refere as várias revelações apresentadas por Galileu. Que revelações foram decisivas para a refutação do modelo geocêntrico aristotélico em detrimento à proposta do modelo heliocêntrico de Copérnico?

Personagens principais relacionados ao caso histórico:

- Aristóteles, Ptolomeu, Hans Lipperhey, Giovanni Battista Della Porta Copérnico, Galileu e a Igreja Católica.

Contexto sócio econômico da época:

- Igreja Católica forte e embasada nas ideias de Aristóteles;
- A Itália, como uma das principais potências, tem algumas comunidades de intelectuais;
- Demonstrações experimentais sobre os “efeitos mágicos da ciência” ganhavam terreno;
- Valorização do conhecimento que tem aplicações práticas;

Atenção Especial

Uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa de acordo com Ausubel, é a existência de subsunções na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 1999). Logo, nosso trabalho nesta fase da pesquisa, exige que conheçamos nosso público no que se refere aos seus conhecimentos prévios sobre o conteúdo a ser ministrado. Para isso, utilizaremos o recurso da pesquisa de Grupo Focal (ROSA, 2013, p.81 - 93).

De acordo com Rosa (2013), a pesquisa baseada no Grupo Focal, é desenvolvida a partir do diálogo do pesquisador com o grupo pesquisado, e servirá para discutir o projeto do curso bem como as questões norteadoras do projeto. O envolvimento do pesquisado nas questões a serem abordadas durante a implementação do projeto (curso) trará maior aceitação por parte dos pesquisados e maior segurança ao pesquisador. A essência do Grupo Focal consiste justamente em se apoiar na interação entre seus participantes para colher dados, a partir de tópicos que são fornecidos pelo pesquisador na intenção de obter as informações que precisa para a sua pesquisa.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, o pesquisador pode se valer, para verificar o nível de conhecimento dos seus pesquisados e posteriormente, a interpretação destas discussões, obtidas nas respostas dos professores, irão, além de ajudar a traçar o perfil da turma em relação ao conteúdo proposto, auxiliar na elaboração do material didático a ser disponibilizado aos professores, e que poderá servir como material de aprendizagem do conteúdo propriamente dito ou como organizador prévio, auxiliando o aprendiz na construção dos subsunçores, que servirá como “âncora” ao novo conhecimento a ser aprendido.

AULA 2

DIÁLOGO SOBRE OS DOIS SISTEMAS DE MUNDO

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- *Diálogo sobre os dois máximos sistemas de Mundo.*

OBJETIVOS DE ENSINO

Objetivo Geral:

- Realizar uma discussão histórica e filosófica sobre os dois sistemas planetários em discussão no século XVII.



Objetivos Específicos:

1. Construir um roteiro para ensaio teatral sobre as discussões geradas entre as duas teorias sobre o sistema planetário;
2. Evidenciar as interações externalistas (período renascentista, aliado ao movimento da reforma protestante) frente ao desenvolvimento científico.

Atividade 2: Encenação teatral da Segunda Jornada

Público alvo: Professores de ciências que ministram aulas em turmas do 8º e 9º ano do ensino fundamental e ou professores de Física que ministram aulas nas turmas do ensino médio.

Carga horária: 04 horas/aula - sendo que cada hora/aula corresponde a 55 min.

Procedimentos: Nas primeiras duas aulas, aborda-se o texto *Diálogo*, far-se-á discussões a respeito das intenções de Galileu, representado no personagem de Salviati, sobre as questões apresentadas a Simplicio. Em seguida, realiza-se a escolha dos atores entre os participantes do curso, de preferência de livre indicação.

Na aula seguinte, procederá a encenação teatral envolvendo os personagens principais do *Diálogo* sobre os dois máximos sistemas do Mundo.

A última aula é destinada a discussões a respeito dos argumentos utilizados por Salviati para convencer Simplicio e Sagredo sobre a mobilidade da Terra e o seu alcance para a ocorrência ou não na mudança de paradigma.

Mapeando o contexto histórico - Aula 2

Tomando por base as diretrizes definidas por Stinner et al. (2003), a atividade proposta a ser trabalhada com os alunos, agrega uma passagem da história em que Galileu, durante algum tempo, realizou conversas, aconselhamentos, com seu amigo, Maffeo Barberini, a época Papa Urbano VIII. O Papa aconselhou Galileu que ele poderia escrever sobre as teorias de Copérnico, mas desde que suas suposições não passassem de hipóteses.

Esse aconselhamento despertou em Galileu a ideia de que as teorias de Copérnico pudessem ser discutidas em forma de um diálogo entre três amigos, Salviati, Sagredo e Simplicio. Durante o discurso, o último sempre era ridicularizado pelo primeiro. Aos conselheiros do Papa que analisaram o livro, a personagem Simplicio poderia representar as ideias do próprio Papa.

Urbano VIII, irritou-se com a petulância de Galileu e autorizou a inquisição a investigá-lo sobre suas crenças com respeito a mobilidade da Terra defendida no *Diálogo*. Então, em 22 de junho de 1633 ele foi condenado a prisão perpétua pelo Santo Ofício.

Principais ideias relacionadas e questões científicas que permeavam o contexto:

- Qual a intenção de Galileu ao escrever sobre a mobilidade da Terra, motivadas pela Teoria de Copérnico?
- Que papel desempenhou a igreja ao tomar conhecimento do livro *Diálogo*?
- Quais as consequências da condenação de Galileu pelo Santo Ofício ao impedi-lo de continuar a escrever e a divulgar as suas convicções sobre o movimento da Terra?

Controvérsias marcantes:

O livro *Diálogo*, foi o estopim que provocou o julgamento e a condenação de Galileu pelo Tribunal da Santa Inquisição. Se Galileu não ousasse enfrentar o poder controlador da igreja, arriscando sua vida, expondo suas ideias e conhecimentos sobre a mobilidade da Terra, certamente encontraríamos noutros filósofos e cientistas da época que faria tal empreitada?

O aperfeiçoamento do telescópio, nesse caso, beneficiou a teoria de Copérnico, permitindo a Galileu afirmar e sustentar as suas convicções sobre a mobilidade da Terra em torno do Sol. Estas convicções se referem as várias revelações apresentadas por Galileu no livro *Sidereus nuncius*, e que foram decisivas para a refutação do modelo geocêntrico aristotélico em detrimento à proposta do modelo heliocêntrico de Copérnico.

Se não fosse o telescópio de Galileu, que outros instrumentos tecnológicos da época, dotados de precisão seria capaz de auxiliar nesta investigação da mobilidade da Terra?

Personagens principais relacionados ao caso histórico:

- Aristóteles, Ptolomeu, Copérnico, Galileu e a Igreja Católica.

Contexto sócio econômico da época:

Explicitado na aula 1 e aqui, será evidenciado através do diálogo entre os personagens: Salviati, Simplicio e Sagredo. Mesmo assim reforçamos alguns pontos de maior relevância neste período e que influenciaram no processo histórico de discussões em torno do pensamento filosófico sobre o universo como:

- Igreja Católica forte e embasada nas ideias de Aristóteles;
- A Itália, como uma das principais potências, tem algumas comunidades de intelectuais;
- Demonstrações experimentais sobre os “efeitos mágicos da ciência” ganhavam terreno;
- Valorização do conhecimento que tem aplicações práticas;

SEGUNDA JORNADA

Introdução

O texto apresentado a seguir é uma adaptação da segunda jornada do *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*, de Galileu Galilei, tradução de Pablo R. Mariconda, para a atividade sobre estudo de caso histórico conforme estamos seguindo a proposta por Stinner et al. (2003).

Nesta atividade, os personagens discutem sobre o movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo em 24 h. Os argumentos produzidos por Salviati colocam em dúvida a crença e a convicção sobre a imobilidade da Terra defendida até então por Simplicio. A versão original desse texto foi editada por Discurso Editorial (São Paulo) em 2001, pág. 223 a 226, e pode ser encontrado no endereço eletrônico: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/cederj/relatividade/dialogos-galileu-navio.pdf>>, acesso em 15 de junho de 2015.

De acordo com Stinner et al. (2003), as atividades devem explorar os obstáculos epistemológicos, retratado na visão do senso comum onde geralmente se apoiam algumas teorias, apresentando suas potencialidades e limitações. Nesta proposta, acreditamos explicitar essas dificuldades enfrentadas por Galileu e, aqui representadas pelos seus personagens fictícios na desconstrução de um sistema

planetário insustentável que apresentava diversas falhas e o desenvolvimento de uma nova ideia de um sistema que ia contra a doutrinação da igreja. Ideias essas, fruto da abstração teórica frente aos conhecimentos produzidos por filósofos anteriores a Galileu e agora revelados e interpretados por meio de observações em um aparato tecnológico.

AULA 3

A CONSTRUÇÃO DA LUNETTA DE GALILEU

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- O processo histórico da construção da Luneta de Galileu;
- O processo de construção de uma Luneta semelhante a de Galileu.

OBJETIVOS DE ENSINO

Objetivo Geral:

- Apresentar a história da construção da Luneta de Galileu e discutir o seu alcance científico para o século XVII.

Objetivos Específicos:

1. Discutir do ponto de vista histórico-filosófico, os elementos teórico-práticos que influenciaram o aperfeiçoamento da luneta por Galileu;
2. Elencar as motivações que levaram Galileu a observar o céu;
3. Mostrar, através da construção da luneta de Galileu os diversos componentes necessários para seu funcionamento, bem como as dificuldades e obstáculos enfrentados pelo seu construtor;
4. Iniciar uma prática de observação a vista desarmada do céu, com intuito de identificar entre as estrelas, os planetas;
5. Realizar registros dos relatos dessas observações.

Atividade 3: Discussão Histórica e Filosófica na Construção da Luneta

Público alvo: Professores de ciências que ministram aulas em turmas do 8º e 9º ano do ensino fundamental e ou professores de Física que ministram aulas nas turmas do ensino médio.

Carga horária: 06 horas/aula - sendo que cada hora/aula corresponde a 55 min.

Procedimentos: No primeiro encontro, referente a 2 horas/aula, far-se-á a leitura do texto: *Historia da luneta de Galileu*, apêndice 3. Em seguida, utilizando-se da metodologia do Grupo Focal, iniciar uma discussão sobre a origem da luneta e consequentemente o seu aperfeiçoamento por Galileu Galilei.

No segundo encontro, referente a 2 horas/aulas, enquanto procede a construção da luneta, aborda-se o conteúdo da óptica, que se encontra no texto: *Um pouco de teoria óptica*, apêndice 1, necessário ao conhecimento da obtenção das imagens, reforçando os tópicos sobre as lentes e a refração. Oportunamente, revisar sobre sua origem, desde a sua apresentação pelo holandês Hans Lipperhey em 1608 até o seu aperfeiçoamento e utilidade na astronomia por Galileu Galilei a partir de 1609.

No terceiro encontro, também referente a 2 horas/aula, iniciaremos uma observação do céu através das lunetas construída por cada um dos participantes. Este momento será importante para discutir com os alunos que o que se vê durante a observação está impregnado de teorias e informações as quais o observador possui, ou seja, a teoria precede a observação. E que enxergar objetos por meio do telescópio, requer conhecimentos a respeito do próprio aparelho e também sobre o que se está observando.

Mapeando o contexto histórico

Nesse contexto, aborda-se-a sobre a origem da luneta pelo holandês Hans Lipperhy em 1608 e consequentemente o seu aperfeiçoamento por Galileu em 1609. Neste período, sec. XVII, a igreja vivia diversas crises, dentre elas, a reforma protestante iniciada no sec. XVI e encabeçada por Martinho Lutero. Para não perder seus fieis, a igreja age com mão de ferro e inicia um dos períodos mais sangrentos para a doutrinação da fé.

A instauração de um tribunal para julgar e condenar os infiéis estava em plena atividade. Qualquer pessoa que ousasse ir contra os princípios defendidos pela igreja romana era imediatamente submetido a esse tribunal, se fosse considerado herege, certamente sua punição era a morte. O padre Giordano Bruno foi vítima desse tribunal. Por defender ideias não ortodoxas sobre o universo, foi queimado vivo em praça pública no ano de 1600 em Roma.

Galileu foi outra vítima. Felizmente por sua sagacidade, renunciou às suas convicções sobre a mobilidade da Terra perante o tribunal, escapando-se da condenação por morte mas sendo sentenciado a prisão perpétua em 1633.

A retomada da discussão apresentada no texto: *Galileu Galilei: vida e obra*, apêndice 2 (feito na aula 1), e a leitura do texto: *História da luneta de Galileu*, apêndice 3, trará mais argumentação para o enriquecimento na abordagem do contexto histórico na construção da luneta de Galileu.

Principais ideias relacionadas e questões científicas que permeavam o contexto:

- Qual a função das primeiras lentes construídas no século XVII?
- A teoria ótica surgiu antes ou depois dessas lentes?
- Quais os elementos teórico-práticos que influenciaram Galileu a aperfeiçoar a luneta?
- Que motivações de cunho teórico-práticos levaram Galileu a mirar a sua luneta para o céu e desvendar seus segredos?
- O curso da ciência, após as revelações apresentadas por Galileu, causou mais revoltas ou vislumbre entre os aristotélicos da época?
- Que papel desempenhou a igreja ao receber informações das revelações geradas por Galileu e o seu instrumento de observação?

- Que desdobramentos podemos relacionar com o advento do telescópio? A sociedade se beneficiou desses desdobramentos ou pouca coisa mudou para o cidadão comum?

Controvérsias marcantes:

O aperfeiçoamento do telescópio beneficiou um dos lados na queda de braço entre os dois sistemas planetários em discussão no século XVII. Esse reforço se refere as várias revelações apresentadas por Galileu em seu livro *Sidereus nuncius*. Que revelações foram decisivas para a refutação do modelo geocêntrico aristotélico em detrimento à proposta do modelo heliocêntrico de Copérnico?

Personagens principais relacionados ao caso histórico:

- Aristóteles, Ptolomeu, Copérnico, Galileu e a Igreja Católica.

Contexto sócio econômico da época:

- O Tribunal da Santa Inquisição em plena atividade;
- Igreja Católica forte e embasada nas ideias de Aristóteles;
- A Itália, como uma das principais potências, tem algumas comunidades de intelectuais;
- Demonstrações experimentais sobre os “efeitos mágicos da ciência” ganhavam terreno.

DESCRIÇÃO DA CONSTRUÇÃO DA LUNETAS

Após a aquisição dos materiais listados na Tabela 4, o próximo passo é reunir os professores em um espaço que ofereça condições para proceder alguns ajustes nas peças que irão compor o telescópio. Serão necessários algumas ferramentas e materiais que auxiliarão na construção, tais como: arco de serra para cano; tesoura; estilete; lixa; cola; folha de E.V.A. e uma flanela para limpeza nas peças

Tabela 4: LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DE UMA LUNETAS

ITEM	Q ^{de}	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	FINALIDADE	VALOR APROX.	ONDE ENCONTRAR
a	380 mm	Tubo PVC esgoto 50 mm	Construção do tubo A	R\$ 1,70	Loja de mat. construção
b	420 mm	Tubo PVC esgoto 40 mm	Construção do tubo B	R\$ 1,33	Loja de mat. construção
c	1 Pc	Luva de união esgoto 50 mm	Construção da objetiva	R\$ 3,70	Loja de mat. construção
d	1 un.	Frasco conta gotas – 100 ml	Construção da ocular	R\$ 1,00	Farmácia de manipulação
e	1 un.	Lente plano convexa, 50 mm, 2 ^o +	Lente da Objetiva	R\$ 10,00	Óticas
f	1 un.	Lente plano convexa, 12 mm, monóculo	Lente da Ocular	R\$ 5,00	Óticas
G	1 un.	Folha de E.V.A. 2 mm	Recortar as tiras para completar as folgas entre os tubos	R\$ 2,50	Papelaria
H	1 un.	Tesoura	Realizar cortes em geral	#	#
I	1 un.	Estilete	Realizar cortes em geral	#	#
J	1 Pç	Arco de serra para cano	Realizar cortes em geral	#	#
K	1 un.	Flanela	Limpeza	R\$ 2,30	Supermercado
L	1 un.	Lixa massa nº 200	Lixar	R\$ 0,80	Loja de mat. construção
M	1 un.	Frasco de cola universal	Colar as tiras nos tubos	R\$ 5,70	Papelaria

A primeira ação a ser feita na construção do equipamento é o corte nos tubos de P.V.C. que irá formar o corpo da luneta. A tabela acima trás uma sugestão para os tamanhos dos tubos A e B, sendo de 380 mm e 420 mm respectivamente. Antes de proceder os cortes nos tubos, seria interessante iniciar uma discussão histórica do porquê desses tamanhos, como se chegou a esses valores.

Este é o momento oportuno para abordar a formação de imagens através das lentes, disponível no texto: *Um pouco de teoria óptica*, apêndice 1. Uma discussão a respeito do tamanho da luneta produzida por Galileu seria muito produtivo, esta descrição pode ser encontrada no corpo da dissertação, capítulo 3, páginas 69 e 70.

A luneta construída por Galileu e em exposição no “*Museo Galileo - Istituto e Museo di Storia della Scienza*” possui um pesado tubo de chumbo medindo 127 cm de comprimento. Este era o material disponível na época, tubos de PVC como os que iremos utilizar não eram conhecidos. A luneta que estamos propondo construir medirá cerca de 80 cm, isso porque as lentes utilizadas possuem o grau de vergência maior do que as utilizadas por Galileu.

Então, com os tubos cortados nos devidos tamanhos, a próxima ação a ser desenvolvida é o encaixe entre eles. Para isso, o procedimento pode ser: Recorte, na folha de E.V.A., duas tiras com 2 cm de largura e 25 cm de comprimento. Uma das tiras deve ser colada em forma de anel, dando duas voltas, numa das extremidades externa do tubo de 40 mm (Tubo B - recorte o excesso de tira), a outra deve ser colada da mesma forma, na extremidade interna do tubo de 50 mm (Tubo A - recorte o excesso de tira).

Após a fixação das tiras nos tubos, proceda o encaixe do Tubo B por dentro do Tubo A. Para isso, inicie o encaixe pelas extremidades livres, deixando as que estão recobertas com as tiras em lados opostos, de tal modo que elas irão se encontrar no centro da luneta quando totalmente expandida, observe a imagem na Figura 12, página 127. Verifique se os tubos deslizam livremente um pelo outro como se fossem uma antena telescópica.

O próximo passo é a construção da lente ocular. Para isso, necessitamos da lente do monóculo, referendada no item “f” e do frasco de conta gotas, item “d”, ambos listados na Tabela 4. A retirada do bico da tampa deve ser realizado com cuidado, pois o material é muito duro, necessitando um pouco mais de força. Uma sugestão para esse procedimento, seria: manter a tampa rosqueada no frasco e com uma das mãos, segure firme o frasco, com a outra, utilizando-se do arco de serra para cano, faz-se o corte para a retirada do bico. Depois, com a lixa, retire o excesso de farpas e com a flanela, limpe bem o frasco e a tampa.

A retirada do fundo do frasco, pode ser feito utilizando-se a tesoura ou o estilete. Tomando o devido cuidado para não se machucar, proceda o corte na altura indicada na figura 16, página 129.

Após a realização dos referidos cortes e com as peças limpas, livre de resíduos da serra, o próximo passo é a instalação da lente do monóculo. Retire a tampa e com cuidado, coloque a lente sobre o bico do frasco. Rosqueie novamente a tampa sobre a lente. Verifique se a lente está bem presa, se não estiver, retire a tampa e com o estilete corte na base da tampa uma tira de mais ou menos dois milímetros de espessura, isso ajudará a prender a lente. Feito isso, está pronto a lente ocular, próximo passo é encaixá-la na extremidade livre do Tubo B. Veja detalhes do encaixe na figura 17, página 129.

O passo seguinte é a construção da objetiva. Os materiais estão listados na Tabela 4, são eles: o item “c” - Luva de união esgoto 50 mm e o item “e” - Lente plano convexa, 50 mm, 2° +. Para a montagem da objetiva, basta colocar a lente dentro da luva e fazer o seu encaixe na extremidade livre do Tubo de 50 mm. Para melhor entendimento, observe a figura 14, página 128. Neste momento seria interessante realizar uma discussão histórica e filosófica a respeito da introdução do diafragma por Galileu na intenção de corrigir a aberração cromática. No capítulo 3 é feito uma breve discussão sobre o assunto.

Com as lentes, ocular e objetiva, devidamente encaixadas nos tubos, o telescópio está pronto. Agora, o próximo passo é a familiarização com o aparelho. Para isso, utilizando-se de um tripé¹ para apoiar a luneta, recomenda-se mirá-lo para alguns pontos fixos distantes, como uma árvore ou uma lâmpada num poste, mas atenção, nunca mire a luneta para o Sol, isso poderá causar um acidente, prejudicando sua visão.

Esse manuseio com o aparelho o ajudará a treinar a pontaria, mirando-o na direção certa quando for observar objetos mais distantes, bem como na focalização para obter uma boa imagem, movimentando os tubos um por dentro do outro, contraindo ou expandindo.

Após esta aula inicial de manuseio do telescópio, o objetivo agora é explorar o céu. Lembrando de não mirá-lo para o Sol, inicie a atividade de observação noturna, apontando-o para a Lua. Por estar mais próxima da Terra e ser razoavelmente grande, ela oferece aos iniciantes na astronomia uma excelente experiência. Com o telescópio recém construído, é possível verificar suas irregularidades e aproveitar para uma discussão histórica e filosófica sobre a teoria

¹ A construção do tripé não será feita nesta atividade por necessitar de uma mão de obra mais especializada e maquinários específicos. No entanto a lista do material necessário e uma sugestão para a sua construção está descrita entre as páginas 130 - 131 desta sequência didática.

de Aristóteles a respeito dos astros, que defendia a perfeição esférica dos astros e a imutabilidade do céu.

MONTAGEM DOS TUBOS

O corpo da luneta é constituído por dois tubos de PVC - branco, que após serem cortados nos tamanhos recomendado, foram pintados com tinta acrílica preto fosco, Figura 12. As dimensões dos tubos são: Tubo A - diâmetro de 50 mm e comprimento de 380 mm; Tubo B - diâmetro de 40 mm e comprimento de 420 mm. Juntos, eles formam o conjunto móvel-ajustável do corpo da luneta, com o tubo B deslizando por dentro do tubo A, de modo a ajustar o foco da imagem I_2 . A folga de 5 mm, ver detalhe na Figura 13, entre os tubos é corrigida utilizando-se uma fita de EVA com 2 cm de largura e 3 mm de espessura.

A preferência em utilizar tubos de 40 e 50 mm é em função da facilidade de produzir a lente objetiva. Confeccionar lentes com um diâmetro maior que 50 mm, necessitaria de um equipamentos mais especializado, difícil de encontrar em ópticas convencionais, o que ocasionaria um aumento no custo de produção da lente.

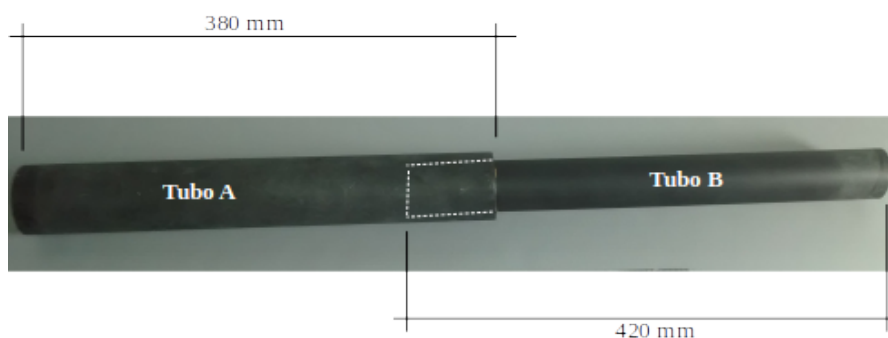


Figura 12: Esquema de encaixes dos tubos.

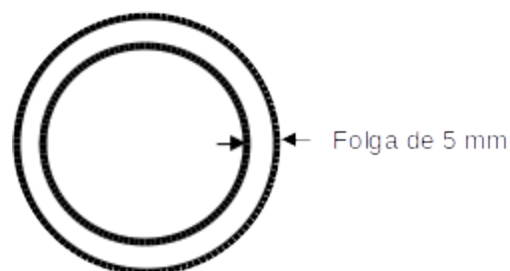


Figura 13: Corte transvesal - detalhe da folga entre os tubos (fora de escala)

MONTAGEM DO CONJUNTO DA OBJETIVA

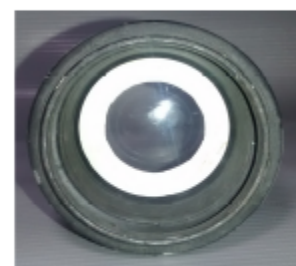
O conjunto da objetiva é constituído de uma lente acrílica de 50 mm de diâmetro e 2° de vergência positiva - convergente, e uma luva de união de PVC - 50 mm e um diafragma feito em papel cartão. A lente e o diafragma são encaixados dentro da luva e o conjunto é acoplado numa das extremidades livre do tubo A. Veja a Figura 14.



LUVA PVC - LENTE -
DIAFRAGMA



VISTA LATERAL DO CONJUNTO ENCAIXADO
NO TUBO A



VISTA FRONTAL DA LUVA
COM A LENTE E O
DIAFRAGMA

Figura 14: Detalhe do encaixe da objetiva ao tubo.

MONTAGEM DO CONJUNTO DA OCULAR

Para a construção da ocular, necessitamos de uma lente acrílica, de 12 mm de diâmetro, altamente convergente. Um exemplo desse tipo de lente, são as encontradas em monóculos em fotos “lambe-lambe”. A Figura 15 é uma fotografia de uma dessas lentes.

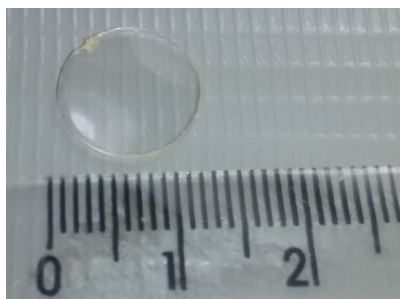


Figura 15: Lentes da ocular

A fixação da lente ocular ao tubo B, é feita utilizando-se de um frasco cilíndrico e vazio de colírio. Para melhor encaixe no tubo de 40 mm, o frasco dever ter capacidade de 100 ml, veja a Figura 16. Com o estilete, faz-se um corte transversal na tampa, retira-se o bico e deixa o corpo com a parte rosqueável. Outro corte transversal é feito no corpo do frasco, a 2 cm do fundo, retirando-o. Agora, com a tampa sem o bico e o frasco sem o fundo, o próximo passo é encaixar a lente dentro da tampa (com cuidado para não arranhar a lente). Basta retirar a tampa sem o bico, colocar a lente sobre o frasco e rosquear a tampa novamente. Está pronta a ocular!



Figura 16: Esquema para os cortes no frasco.



Figura 17: Vista lateral da luneta com o encaixe da ocular.

OBS.: A ocular dever se introduzida totalmente dentro do tubo B, ficando rente a ele.

O TRIPÉ

A observação da Lua, estrelas e planetas terá melhor resultado e conforto, se mantermos a luneta numa posição de repouso, apontada para o astro que se queira observar. Esta estabilidade pode ser alcançada com o uso de um tripé ou monopé. A nossa proposta de atividade, não prevê a construção desse suporte para apoio da luneta.

O que vamos mostrar aqui é uma proposta de construção de um tripé em madeira, ótimo para essa atividade de observação. Não pretendemos construí-la durante o curso, as que iremos usar para fixar as lunetas foram construídas anteriormente, embora sua construção seja simples e de baixo custo. Necessitamos de três ripas de madeiras (hastes) com cerca de 4 cm de largura por 1,5 cm de espessura. O comprimento das hastes deve ser escolhido levando-se em conta a altura do observador, em nosso caso, as observações serão realizadas por adultos, logo, as hastes terão cerca de 1,30 m cada. Com o mesmo material, recortamos um triângulo equilátero de 8 cm de lado, em seguida, cada haste é parafusada em cada uma das faces do triângulo. Veja o resultado na Figura 18.



Figura 18: Fotos do tripé - (a): vista em perspectiva; (b): detalhe para o encaixe da luneta.

Na plataforma triangular do tripé, fixaremos o suporte para receber a luneta. O suporte é constituído de duas cantoneiras metálicas com dimensões 5x5 cm, dois parafusos com 1,5 cm de comprimento e um parafuso com 6,5 cm de comprimento. Veja a foto na Figura 19. O tubo semicircular parafusado na

cantoneira chamaremos de berço, é nele que iremos fixar a luneta. O berço é construído serrando-se ao meio (sentido longitudinal) 15 cm de comprimento do tubo de 50 mm.



Figura 19: Foto das cantoneiras e parafusos.

O CONJUNTO MONTADO - Tripé e Luneta



Figura 20: Conjunto Luneta e tripé.

AULA 4

AULA SÍNTESE - FECHAMENTO DA ATIVIDADE

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Diagnóstico sobre a aprendizagem e a fixação dos conteúdos.

OBJETIVOS DE ENSINO

Objetivo Geral:

- Aplicar questionário diagnóstico (anexo 2) referente às atividades propostas.

Objetivos Específicos:

1. Realizar discussões a respeito da percepção dos participantes quanto as atividades propostas;
2. Levantar e evidenciar os pontos positivos e as problemáticas enfrentadas pelos participantes com relação ao procedimento no uso do estudo de caso histórico utilizado para a inserção do conteúdo de astronomia e física;
3. Buscar, entre os participantes, sugestões de conteúdos de ciências, potencialmente viáveis a aplicação da proposta de ensino baseada no estudo de caso histórico de Stinner et al. (2003);
4. Aplicação do questionário proposto por Porra et al. (s.d.), anexo 2, com a intenção de verificar se houve aprendizado com relação as concepções sobre Natureza da Ciência.

Atividade 4: Discussões e aplicação do questionário.

Público alvo: Professores de ciências que ministram aulas em turmas do 8º e 9º ano do ensino fundamental e ou professores de Física que ministram aulas nas turmas do ensino médio.

Carga horária: 02 horas/aula - sendo que cada hora/aula corresponde a 55 min.

Procedimentos: Na primeira hora/aula, iniciar o “bate-papo” com os participantes, direcionando a discussão para atender as propostas dos objetivos específicos 1, 2 e 3. Fazer o registro das informações. Na sequência, aplicar o questionário proposto no item 4 dos objetivos específicos. Recolher o questionário e proceder o levantamento quanti-qualitativo das respostas obtidas e avaliar o resultado da aplicação da proposta de ensino baseada no estudo de caso histórico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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, 2006:221-226. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/abo/v69n2/29069.pdf>>. Acesso em 10/04/2015.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos**. Resolução nº196, de 10 de outubro de 1996. Brasília: CNS, 1996.

BRUSH, S. Should History of Science be rated X? *Science*, v. 183, pp. 1164-72, 1974.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

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

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.

MARTINHO, M. P. C. **O experimento de Ptolomeu: uma introdução ao estudo da refração luminosa** – 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 10/01/2015.

MATTHEWS, M. R. **Science Teaching - The Role of History and Philosophy of Science**. New York, Routledge, 1994, p.287.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: E.P.U., 1999. 195p.

PORRA, A. C.; SALES, N. L.L.; SILVA, C. C. **Concepções de natureza da ciência: adaptação de um instrumento para aplicação em alunos de licenciatura de universidades públicas brasileiras**. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0206-1.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

SAITO, F. Óptica, magia e ciência no século XVI: o manuscrito De telescopio 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 9/03/2015.

STINNER, A. et all. The Renewal of Case Studies in Science Education. *Science & Education* 12: 617–643, 2003.

VANNUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação da

Universidade de São Paulo, 1996. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-15062005-164939/publico/tese.pdf>>. Acesso em: 27 mar 2015.

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

REFERÊNCIAS DAS IMAGENS

Figura 1: Foto de Arthur Ottho Stinner – Disponível em < <http://www.arthurstinner.com/>>. Acesso em 04/01/2016.

Figura 2: Frontispício do Diálogo Sobre os Dois Maiores Sistemas do Mundo, de 1632. Disponível em: <<http://www.klepsidra.net/klepsidra18/corpuscularismo.htm>>. Acesso em 04/01/2016.

ANEXOS E APENDICES

ANEXO 1

A ORIGEM DO UNIVERSO

JOÃO E. STEINER - Adaptado

A origem das coisas sempre foi uma preocupação central da humanidade; a origem das pedras, dos animais, das plantas, dos planetas, das estrelas e de nós mesmos. Mas a origem mais fundamental de todas parece ser a origem do universo como um todo - tudo o que existe. Sem esse, nenhum dos seres e objetos citados nem nós mesmos poderíamos existir.

Talvez por essa razão, a existência do universo como um todo, sua natureza e origem foram assuntos de explicação em quase todas as civilizações e culturas. De fato, cada civilização conhecida da antropologia teve uma cosmogonia - uma história de como o mundo começou e continua, de como os homens surgiram e do que os deuses esperam de nós. O entendimento do universo foi, para essas civilizações, algo muito distinto do que nos é ensinado hoje pela ciência. Mas a ausência de uma cosmologia para essas sociedades, uma explicação do mundo em que vivemos, seria tão inconcebível quanto a ausência da própria linguagem. Essas explicações, por falta de outras formas de entendimento da questão, sempre tiveram fundamentos religiosos, mitológicos ou filosóficos. Só recentemente a ciência pôde oferecer sua versão para os fatos. A razão principal para isso é que a própria ciência é recente. Podemos nos referir a Galileu Galilei (1564 - 1642, astrônomo, físico e matemático italiano) como um marco importante. Não obstante, já os gregos haviam desenvolvido métodos geométricos sofisticados e precisos para determinar órbitas e tamanhos de corpos celestes, bem como para previsão de eventos astronômicos. Não podemos nos esquecer de que egípcios e chineses, assim como incas, maias e astecas também sabiam interpretar os movimentos dos astros.

É surpreendente que possamos entender o universo físico de forma racional e que ele possa ser pesquisado pelos métodos da física e da astronomia desenvolvidos nos nossos laboratórios e observatórios. A percepção dessa dimensão e da capacidade científica nos foi revelada de forma mais plena nas décadas de 10, 20 e 30 do século XX. Mas a história da cosmologia (a estrutura do universo) e da cosmogonia (a origem do universo) não começou, nem parou aí.

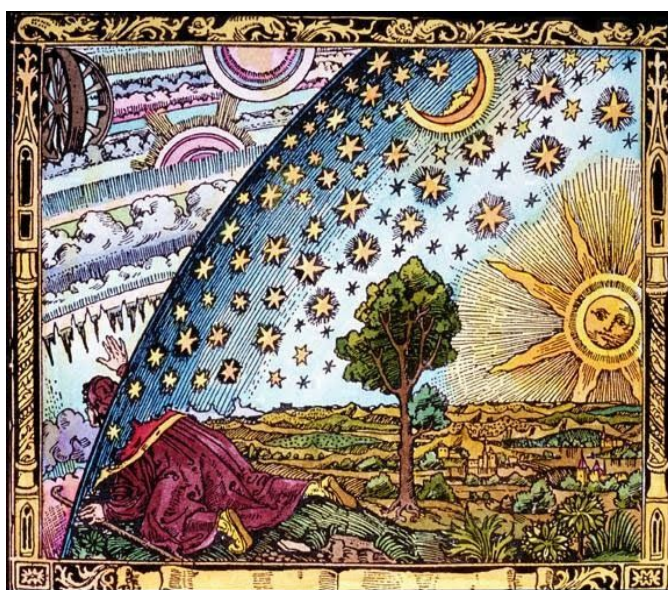


Figura 21: Gravura de Flamarion (século XIX) ilustrando a cosmologia da Terra plana. Essa está centrada na aldeia do observador, o que deriva da experiência cotidiana. À esquerda, vê-se um "curioso" que procura romper a esfera das estrelas fixas com o objetivo de descobrir os mecanismos que produzem o movimento do Sol, da Lua e dos planetas.

COSMOLOGIAS DA TERRA PLANA

Como era a cosmovisão, a forma do universo imaginada pelos antigos egípcios, gregos, chineses, árabes, incas, maias e tupi-guaranis, que não tinham acesso às informações da moderna astronomia? Para quase todas as civilizações, sempre foi necessário acomodar não só a face visível da Terra e do céu, mas também incluir, possivelmente no espaço, o mundo dos mortos, tanto os abençoados como os condenados, além dos reinos dos deuses e dos demônios. A experiência do cotidiano sugere que o mundo em que vivemos é plano; além disso, muitas cosmologias eram interpretações associadas ao ambiente físico ou cultural da civilização em questão. Por exemplo, para os egípcios, o universo era uma ilha plana cortada por um

rio, sobre a qual estava suspensa uma abóbada sustentada por quatro colunas. Na Índia antiga, as várias cosmologias dos hindus, brâmanes, budistas etc. tinham em comum o pressuposto da doutrina da reencarnação e as configurações físicas deveriam acomodá-la, incluindo os diversos níveis de céus e infernos por ela demandada. Para os hindus - por exemplo - o universo era um ovo redondo coberto por sete cascas concêntricas feitas com distintos elementos. Já os babilônios imaginavam um universo em duas camadas conectadas por uma escada cósmica. A civilização maia era fortemente dependente do milho e das chuvas, muitas vezes escassas, que vinham do céu. Para eles, no começo havia apenas o céu, o mar e o criador; esse, após várias tentativas fracassadas, conseguiu construir pessoas a partir de milho e água.

No antigo testamento judaico-cristão, a Terra era relatada em conexão ao misterioso firmamento, às águas acima do firmamento, às fontes do abismo, ao limbo e à casa dos ventos. O livro do Gênesis narra, também, que o universo teve um começo: “No princípio Deus criou os céus e a Terra. A Terra, porém, estava informe e vazia; as trevas cobriam o abismo e o Espírito de Deus pairava sobre as águas. Deus disse: 'Faça-se a luz'. E a luz foi feita. Deus viu que a luz era boa, e separou a luz das trevas. Deus chamou à luz DIA, e às trevas NOITE. Houve uma tarde e uma manhã: foi o primeiro dia”.

MODELOS GEOCÊNTRICOS

Há cerca de 2.400 anos, os gregos já haviam desenvolvido sofisticados métodos geométricos e o pensamento filosófico. Não foi, pois, por acaso que eles propuseram uma cosmologia mais sofisticada do que a ideia do universo plano. Um universo esférico, a Terra, circundado por objetos celestes que descreviam órbitas geométricas e previsíveis e também pelas estrelas fixas. Uma versão do modelo geocêntrico parece ter sido proposta inicialmente por Eudoxus de Cnidos (c.400 - c.350 a.C., matemático e astrônomo grego, nascido na atual Turquia) e sofreu diversos aperfeiçoamentos. Um deles foi proposto por Aristóteles (384 - 322 a.C.), que demonstrou que a Terra é esférica; ele chegou a essa conclusão a partir da observação da sombra projetada durante um eclipse lunar. Ele calculou, também, o seu tamanho - cerca de 50% maior do que o valor correto. O modelo geocêntrico de Aristóteles era composto por 49 esferas concêntricas que procuravam explicar os movimentos de todos os corpos celestes. A esfera mais externa era a das estrelas fixas e que controlava todas as esferas internas. Essa, por sua vez, era controlada por uma agência (entidade) sobrenatural.

Esse modelo geocêntrico grego teve outros aperfeiçoamentos. Eratóstenes (c.276 - c.194 a.C., escritor grego, nascido na atual Líbia) mediu a circunferência da Terra por método experimental, obtendo um valor cerca de 15% maior do que o valor real. Já Ptolomeu (Claudius Ptolomeus, segundo século a.C., astrônomo e geógrafo egípcio) modificou o modelo de Aristóteles, introduzindo os epiciclos, isto é, um modelo no qual os planetas descrevem movimentos de pequenos círculos que se movem sobre círculos maiores, esses centrados na Terra.

A TEORIA HELIOCÊNTRICA

A ideia de que o Sol está no centro do universo e de que a Terra gira em torno dele, conhecida como a teoria heliocêntrica, já havia sido proposta por Aristarco de Samos (c.320 - c.250 a.C., matemático e astrônomo grego); ele propôs essa teoria com base nas estimativas dos tamanhos e distâncias do Sol e da Lua. Concluiu que a Terra gira em torno do Sol e que as estrelas formariam uma esfera fixa, muito distante.

Essa teoria atraiu pouca atenção, principalmente porque contradizia a teoria geocêntrica de Aristóteles, então com muito prestígio e, também, porque a ideia de que a Terra está em movimento não era muito atraente. Cerca de dois mil anos mais tarde, Copérnico, Figura 22, (Nicolaus Copernicus, 1473 - 1543, astrônomo polonês) descreveu o seu modelo

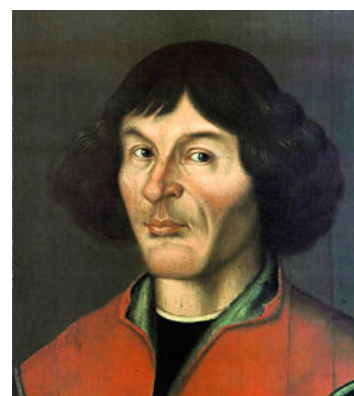


Figura 22: Nicolaus Copernicus (1473-1543)

heliocêntrico, em 1510, na obra *Commentariolus*, que circulou anonimamente; Copérnico parece ter previsto o impacto que sua teoria provocaria, tanto assim que só permitiu que a obra fosse publicada após a sua morte. A teoria foi publicada abertamente em 1543 no livro *De Revolutionibus Orbium Coelestium* e dedicada ao papa Paulo III.

O modelo heliocêntrico provocou uma revolução não somente na astronomia, mas também um impacto cultural com reflexos filosóficos e religiosos. O modelo aristotélico havia sido incorporado de tal forma no pensamento, que tirar o homem do centro do universo acabou se revelando uma experiência traumática.

Por fim, o modelo heliocêntrico de Copérnico afirmou-se como o correto. Mas por que o modelo de Aristarco de Samos não sobreviveu, cerca de 2.000 anos antes, se afinal também estava certo? Basicamente porque, para fins práticos, não fazia muita diferença quando comparado com o modelo geocêntrico. As medidas não eram muito precisas e tanto uma teoria quanto a outra davam respostas satisfatórias. Nesse caso, o modelo geocêntrico parecia mais de acordo com a prática do dia-a-dia; além disso, era um modelo homocêntrico, o que estava em acordo com o demandado por escolas filosóficas e teológicas.

Após a publicação da teoria de Copérnico, no entanto, alguns avanços técnicos e científicos fizeram que ela se tornasse claramente superior ao sistema de Ptolomeu. Tycho Brahe (1546-1601, astrônomo dinamarquês) teve um papel importante ao avançar as técnicas de fazer medidas precisas com instrumentos a olho nu, pois lunetas e telescópios ainda não haviam sido inventados. Essas medidas eram cerca de dez vezes mais precisas do que as medidas anteriores. Em 1597 ele se mudou para Praga, onde contratou, em 1600, Johannes Kepler (1571-1630, matemático e astrônomo alemão) como seu assistente. Mais tarde, Kepler usou as medidas de Tycho para estabelecer suas leis de movimento dos planetas. Essas leis mostravam que as órbitas que os planetas descrevem são elipses, tendo o Sol em um dos focos. Com isso, cálculos teóricos e medidas passaram a ter uma concordância muito maior do que no sistema antigo. Se não por outro motivo, essa precisão e a economia que ela propiciava seriam tão importantes para as grandes navegações que ela se imporia por razões práticas. Galileu, ao desenvolver a luneta, criou um instrumento vital para a pesquisa astronômica, pois amplia, de forma extraordinária, a capacidade do olho humano. Apontando para o Sol, descobriu as manchas solares; apontando para Júpiter, descobriu as quatro primeiras luas; e ao olhar para a Via Láctea, mostrou que ela é composta por miríades de estrelas.



Figura 23: Desenho do manuscrito original de Copérnico colocou o Sol no centro do universo.

Para saber mais, leia:

STEINER, J. E. *A origem do Universo e do Homem*, Estudos Avançados 2006. P. 233 - 237. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v20n58/20.pdf>> - acesso em 15 de agosto de 2016.

ARISTÓTELES. Disponível em <<http://joinville.ifsc.edu.br/~sergio.sell/m%C3%B3dulo%204/Arist%C3%B3teles-Texto%20ensino%20M%C3%A9dio.pdf>> - acesso em 15 de agosto de 2016.

ANEXO 2

Questionário VNOS-C – versão PORRA et al. (s.d.)

Adaptado para a história do telescópio

Instruções: Por favor, responda cada uma das seguintes questões na ordem em que aparecem no questionário. Inclua exemplos relevantes sempre que possível. Não há respostas “certas” ou “erradas” para as seguintes questões. Estamos interessados apenas em sua opinião sobre um conjunto de questões acerca da ciência.

1. Atualmente, podemos dizer que vivemos em uma sociedade que valoriza muito a cultura científica, afinal você já deve ter visto produtos que possuem em seu rótulo a expressão “cientificamente comprovado”. Em sua opinião, é possível definir ciência? Em caso afirmativo, qual seria a sua definição? Em caso negativo, o que impede de chegar a uma definição?
2. Em sua opinião é possível diferenciar ciência de religião ou de filosofia? Justifique sua resposta.
3. Você já deve ter lido sobre os trabalhos experimentais de Galileu Galilei sobre movimento de queda dos corpos, de Kepler sobre as orbitas dos planetas, assim como dos trabalhos teóricos de Albert Einstein sobre a teoria da relatividade. Pense nos exemplos citados e em outros que você conheça e diga se, em sua opinião, o uso de experimentos na ciência é essencial. Justifique sua resposta.
4. Após o desenvolvimento de uma teoria científica por cientistas (por exemplo, a teoria da quântica, a teoria atômica, a teoria da evolução), esta teoria pode ser modificada depois? Se você acredita que as teorias científicas permanecem inalteradas ao longo dos anos, justifique sua resposta com alguns exemplos. Se você acredita que as teorias científicas são modificadas, explique por que isso acontece.
5. É comum a divulgação do método científico composto das seguintes etapas: observação de fenômenos naturais, formulação de hipóteses, teste da hipótese através de experimentos, modificação da hipótese em caso de falha nos testes ou, em caso de

validação desta, a elaboração de uma teoria. Em sua opinião esse é o único método de fazer ciência? Justifique a sua resposta seja ela afirmativa ou não.

6. No final do sec. XVI e início do sec. XVII, a visão difundida entre os estudiosos era de que a Terra era o centro do Universo com os demais planetas e o Sol girando ao seu redor. Galileu, mesmo presenciando todos os dias o movimento natural do Sol cruzando o céu, argumentava que o Sol era o centro do Universo, com a Terra e os outros planetas girando ao redor dele. Hoje sabemos que Galileu tinha razão, embora naquele período, quem defendesse essa ideia era levado ao tribunal da Inquisição e acusado de heresia. Em sua opinião, é possível que cientistas cheguem a conclusões diferentes a partir de um mesmo conjunto de informações? Justifique sua resposta com algum exemplo.
7. Algumas pessoas afirmam que a Ciência é impregnada por valores sociais e culturais, por exemplo, a regimes políticos, a contextos sociais, a tradições religiosas. Isto é, a Ciência não é imune às influências externas. Outras pessoas afirmam que a Ciência é universal e neutra, ou seja, independe das fronteiras nacionais e culturais e não é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos. Se você acredita que a ciência reflete valores sociais e culturais, explique por que e como ocorre essa influência. Se você acredita que a ciência é universal, explique por que e como. Se possível, cite alguns exemplos para justificar sua resposta, em qualquer um dos casos.
8. Galileu em seu trabalho descrito no livro “Sidereus nuncius”, sobre observações dos céus, realizou diversos experimentos e investigações com o auxílio de um telescópio que ele mesmo construiu com a intenção de encontrar respostas para questões que ele próprio se propôs e para as dos seus opositores. Você acha que os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações? Caso você acredite que os cientistas utilizam sua imaginação e criatividade, em qual ou quais dessas fases isso corre: no projeto e planejamento; na coleta de dados; após a coleta de dados? Justifique sua resposta, se possível, dê exemplos. Caso você acredite que cientistas não usam a imaginação e a criatividade, justifique sua resposta, se possível, dê exemplos.

ANEXO 3

O DIÁLOGO

Extrato da Segunda Jornada dos Diálogo
sobre os dois máximos sistemas do
mundo, de Galileu Galilei

*Tradução de Pablo Rubén Mariconda, editado por
Discurso Editorial (São Paulo), 2001, pág. 223 a 226*

ADAPTADO PARA ENCENAÇÃO TEATRAL

Salviati - Olá patrícios! Que prazer encontrá-los aqui. A muito queria poder reunirmos para falar-lhes de coisas grandiosas que estou profundamente envolvido.

Simplício - Olá! Para mim também é um prazer encontrá-los aqui. E vejo que você Sr. Salviati, hoje, está muito disposto em nos contar sobre suas elucubrações a respeito do movimento da Terra.

Sagredo - Oi, como vão? Tudo bem? Também fico feliz em estar aqui com vocês.

Salviati - Sr. Simplício, lembra-te quando conversamos sobre a mobilidade da Terra, em que na ocasião citamos o exemplo da pedra abandonada no alto do mastro do navio e da pedra abandonada no alto da torre?

Simplício - Sim! Claro que me lembro bem dessa conversa “maluca”.

Salviati - Pois bem, existe uma grande diferença entre o caso do navio que se move na água e o da Terra, caso o globo terrestre tivesse o movimento diurno. A conversa é um pouco longa! Se os amigos tiverem tempo ...

Simplício - Claro! Pode nos contar, temos bastante tempo e gostaríamos de ouvir a sua opinião sobre o assunto baseado em suas elucubrações.

Salviati - Pois bem! Sabemos que o movimento do navio não é natural, assim como não é para todas as coisas que estão nele. Certo?

Simplício - Certo!

Salviati - Então não causa espanto uma pedra, que era mantida no alto do mastro, ao ser liberada, caia, sem a obrigação de seguir o movimento do navio.

Simplício - É justo!

Sagredo - Faz sentido!

Salviati - Mas a rotação diurna é posta como um movimento próprio e natural do globo terrestre e, conseqüentemente, de todas as suas partes, e enquanto impresso pela natureza não pode ser eliminado; e, por isso, uma pedra que está no alto da torre tem, como um instinto primário, girar em torno de uma circunferência em torno do seu centro em vinte e quatro horas, este talento natural ela o exercita eternamente, em qualquer lugar em que for colocada. E para convencê-lo disso Sr. Simplício, basta que mude uma ideia posta em sua mente, e dizer: *“Assim como, por ter até aqui considerado que é propriedade do globo terrestre ficar imóvel em torno de seu centro, nunca tive dificuldade alguma em compreender que qualquer de suas partículas fique também ela naturalmente no mesmo repouso; mas quando o globo terrestre tivesse o instinto natural de girar em vinte e quatro horas, cada parte sua seguirá o mesmo curso.”* E assim poder-se-ia concluir que, por não ser natural o movimento conferido ao navio pela força dos remos e, a todas as coisas que estão nele, aquela pedra, quando separada do navio, reduziria a sua natureza e volte a exercer sua pura e simples aptidão natural.

Simplício - uh!

Salviati - Adotemos que não haja interferência do ar sobre a pedra, e que ela se mova junto com o navio, então aquela pedra que vem do topo do mastro entra num meio que não tem o movimento do navio, mas aquela que parte do alto da torre encontra-se num meio que tem o mesmo movimento de todo o globo terrestre, de modo que, sem ser impedida pelo ar, mas sendo antes favorecida pelo seu movimento, pode seguir o curso universal da Terra.

Simplício - Não consigo entender que o ar possa imprimir a uma pedra ou a uma bola de ferro ou de chumbo, o movimento com o qual ele mesmo se move e que, por acaso, ele comunica às penas e a outras coisas levíssimas; ao contrário, vejo que um peso daquele tamanho, ainda que

fosse exposto a qualquer vento mais impetuoso, não seria afastado de seu lugar um só dedo, penso agora que o ar seria capaz de levá-la consigo!

Salviati - Há uma grande diferença entre a experiência de vocês e o nosso caso. Vocês desejam que o vento mova aquela pedra posta em repouso e, nós expomos a pedra ao ar que se move com a mesma velocidade, de modo que o ar não lhe deve conferir um novo movimento, mas somente lhe manter ou, para dizê-lo melhor, não lhe impedir o já concebido. Vocês desejam lançar a pedra com um movimento estranho e fora de sua natureza; e nós, conservá-la no seu movimento natural.

Simplicio - Seria necessário realizar uma experiência e depois julgar de acordo com o acontecido; entretanto, o efeito do navio mostra até aqui que nós temos razão.

Salviati - Ah! Você disse bem, até aqui; porque talvez daqui a pouco possa mudar de opinião. E para não te deixar ansioso, responda-me, Sr. Símplicio: parece que a experiência do navio esteja tão bem ajustada ao nosso propósito, que se deva acreditar que o que se vê acontecer nele, deva acontecer também para o globo terrestre?

Simplicio - Até aqui me pareceu que sim; e embora tenhais acrescentado algumas pequenas diferenças, não me parecem serem suficientes neste momento para fazer-me mudar de opinião.

Salviati - Ao contrário, desejo que continue nela, e sustente firmemente que o efeito da Terra seja correspondente àquele do navio, desde que não pretendesse mudar de ideia. Vocês dizem: quando o navio está parado, a pedra cai ao pé do mastro e, quando ele está em movimento, a pedra cai afastada do pé, portanto, pela conversa, da queda da pedra ao pé infere-se que o navio está parado, e da queda afastada deduz-se que o navio se move; e porque o que acontece com o navio deve igualmente acontecer com a Terra, por isso da queda da pedra ao pé da torre infere-se necessariamente a imobilidade do globo terrestre. Não é este o seu argumento?

Simplicio - É exatamente esse, resumido de modo a torná-lo mais fácil de ser apreendido.

Salviati - Agora dissei-me: se a pedra deixada cair do alto do mastro, quando o navio navega com grande velocidade, caísse precisamente no mesmo lugar do navio no qual cai quando o navio está parado, qual é o serviço prestado por essas quedas quanto a dizer se o navio está parado ou se está navegando?

Simplício - Absolutamente nenhum: do mesmo modo que, por exemplo, da batida de pulso não se pode saber se alguém dorme ou está acordado, porque o pulso bate do mesmo modo para os que dormem como para os que estão acordados.

Salviati - Muito bem! Fizestes alguma vez a experiência do navio?

Simplício - Nunca a fiz; mas acredito que alguém tenha feito, os que a propõem, e tenham diligentemente observado; além do que se conhece tão claramente a causa da desigualdade, que não deixa lugar para dúvida.

Salviati - É possível que os autores a proponham sem ter efetuado, você mesmo é um bom testemunho, porque sem tê-la feito considerou que é certo, se sujeitando de boa fé ao que é dito por eles; do mesmo modo que não somente é possível, mas necessário, que tenham feito eles também, ou seja, de remeter-se a seus antecessores, sem que se chegue jamais a alguém que a tenha feito; porque qualquer um que a fizer, perceberá que a experiência mostra totalmente o contrário do que está escrito, ou seja, mostrará que a pedra cai sempre no mesmo lugar do navio, esteja ele parado ou movendo-se com qualquer velocidade. Onde, por ser a mesma razão válida para a Terra e para o navio, da queda da pedra sempre perpendicularmente ao pé da torre nada se pode inferir sobre o movimento ou o repouso da Terra.

Simplício - Se você me remetesse a outro meio que à experiência, creio que nossas disputas jamais terminariam, porque esta me parece uma coisa tão distante de todo discurso humano, que não deixa o mínimo lugar para a credulidade ou para a probabilidade.

Salviati - E ainda assim deixa lugar em mim.

Simplicio - Então, você não fez cem testes e nem mesmo um, e já afirma tão francamente que ela é certa? Retorno à minha incredulidade e à mesma certeza de que a experiência tenha sido feita pelos principais autores que dela se servem, e que ela mostra o que eles afirmam.

Salviati - Eu, sem experiência, estou certo de que o efeito seguiu como te digo, porque assim é necessário que se siga; e acrescento que você mesmo sabe muito bem que não pode acontecer diferentemente, ainda que finja, ou simule fingir não saber. Mas eu farei que confesse a acreditar no que digo. Mas o Sr. Sagredo está muito quieto, o que tens a dizer a respeito.

Sagredo - Pretendia dizer algo, mas ao escutar a ameaça feita ao Sr. Simplicio para que revele a ciência que nos quer ocultar me fez abandonar qualquer outro desejo, peço portanto, para levar adiante esse desafio.

Salviati - Não faltarei ao compromisso, se o Sr. Simplicio responder às minhas perguntas.

Simplicio - Responderei o que souber e estou certo de que não terei dificuldade, porque das coisas falsas não acredito que preciso saber algo, sendo que a ciência é das coisas verdadeiras e não, das falsas.

Salviati - Não desejo que diga ou responda nada a não ser aquelas coisas que seguramente sabe. Mas deixaremos para um próximo encontro as questões que tenho divagado sobre elas e estou para comunicar aos amigos. Por ora me contento com o que discutimos, já me sinto menos preocupado em guardar só para mim essa ideia de que a Terra também se move como os demais planetas.

Simplicio - Cuidado meu amigo! Se manter fiel a essas ideias, elas poderão te trazer problemas sérios. Sigam em paz! Até breve!

Sagredo - Até breve!



Figura 24: Frontispício do Diálogo sobre os dois máximos sistemas de Mundo.

ANEXO 4

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Concordo em participar, como voluntário(a), de uma pesquisa que será realizada pelo *(nesse espaço informar: nome do(a) pesquisador(a), RG, titulação pretendida pelo pesquisador(a), nome do programa de Pós a qual o(a) pesquisador(a) está cursando, nome da instituição ofertante).*

Esta pesquisa tem a finalidade de investigar a percepção que os *(nesse espaço informar: se são estudantes de graduação, o nome do curso e a Instituição, ou se são professores de Ciências em formação continuada)* possuem sobre a Natureza da Ciência.

Para isso, será feita uma pesquisa com o uso de questionários padronizados onde os participantes irão responder às questões de acordo com seus conhecimentos. A duração aproximada desta sessão será de 40 minutos, tomando o cuidado de agendar um horário que não prejudique as atividades acadêmicas do(a) *(nesse espaço informar se é: aluno(a) ou professor(a)).*

Esta atividade não é obrigatória e, caso não queira participar, isso em nada afetará o tratamento que você recebe nesta instituição.

Ao decidir aceitar participar deste estudo, tomei conhecimento de que:

Caso não me sinta à vontade com alguma questão da sessão, estou ciente de que posso deixar de respondê-la, sem que isso implique em qualquer prejuízo.

Estou livre para desistir da participação em qualquer momento desta pesquisa.

Sei que as informações que eu fornecerei poderão, mais tarde, serem utilizadas para trabalhos científicos e, que fui informado que a minha identificação será mantida sob sigilo.

Não há nenhum risco significativo para mim em participar deste estudo.

A minha participação neste estudo é inteiramente voluntária, não tendo sofrido nenhuma forma de pressão para isso.

Não haverá despesas por minha parte.

Considerando as observações acima: Eu, *(nesse espaço informar o nome do voluntário pesquisado)*, estou ciente que a minha participação neste trabalho poderá abrir um espaço para que eu expresse minhas opiniões e percepções sobre o assunto pesquisado, que poderão ser úteis para um maior conhecimento sobre o tema e para a expansão de estudos nesta área.

E caso tiver que contatar o pesquisador *(nesse espaço informar: nome do(a) pesquisador(a), nome do(a) orientador(a))*, para qualquer tipo de explicação, sei o endereço que devo recorrer, sendo este: *(nesse espaço informar o endereço completo da instituição promotora da pesquisa e os e-mails do(a) pesquisador(a) e do(a) orientador(a)).*

Eu recebi uma cópia deste termo e após lê-lo.

Cidade, dia de mês de ano

Assinatura do(a) voluntário(a)

Assinatura do(a) Pesquisador(a) Responsável

APÊNDICE 1

UM POUCO DE TEORIA ÓPTICA

MARCELO DE SOUSA COELHO

1. As Lentes:

Dentre todas as peças que compõem o conjunto do aparelho construído por Galileu, as lentes são as mais importantes. 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 do 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)

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.

De acordo com Leitão (2010), 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 os inícios do século XIV, sendo a mais antiga representação conhecida de uns óculos de 1350.

Ao longo da Idade Média, a qualidade dos vidros e as técnicas de polimento foram sucessivamente melhoradas, 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, 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, na qual Kepler expõe a teoria completa do telescópio (MARICONDA, 2006). No texto abaixo Della Porta apresenta a combinação de uma lente côncava com uma 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 apud SAITO, 2013, s.d.)

Certamente estas informações já faziam parte do conhecimento de Galileu e no Verão de 1609, ele sabia que precisava polir uma lente objetiva plano-convexa e uma ocular plano-côncava e alinhá-las convenientemente² para obter a melhor imagem possível em suas observações. Com habilidade, paciência, dedicação, persistência e muitas tentativas e erro, aprimorando suas técnicas de polimento, Galileu chega à configuração usada no efeito telescópico. Onde a objetiva deve ser fracamente convergente e a ocular fortemente divergente.

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 apresentando-os de forma mais nítida. Essas 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).

² O funcionamento das lentes já estava presente num tratado de óptica publicado em 1593 e o acoplamento das lentes côncava e convexa já tinha sido tratado por Della Porta em 1589.

1.1. Refração da Luz:

É um fenômeno que ocorre quando a luz passa através da interface que separa dois meios, ocasionando uma mudança na direção de propagação (Figura 25). A refração é decorrente de uma diferença na velocidade de propagação da luz nos meios.

i representa o ângulo de incidência da luz, e é medido entre a linha imaginária perpendicular a superfície, chamada de normal (N) e o Raio incidente.

r representa o ângulo de refração da luz, e é medido entre a linha imaginária perpendicular a superfície, chamada de normal (N) e o Raio refratado.

n_1 representa o índice de refração do Meio 1, ou também chamado de refringência do Meio 1.

n_2 representa o índice de refração do Meio 2, ou também chamado de refringência do Meio 2.

A Lei de Snell-Descartes auxilia na obtenção de uma dessas variáveis, caso seja conhecido as outras três variáveis:

$$n_1 \text{ sen } i = n_2 \text{ sen } r \quad [1]$$

1.2. Comportamento Ótico das Lentes

Quanto ao comportamento ótico, as lentes podem ser convergentes ou divergentes.

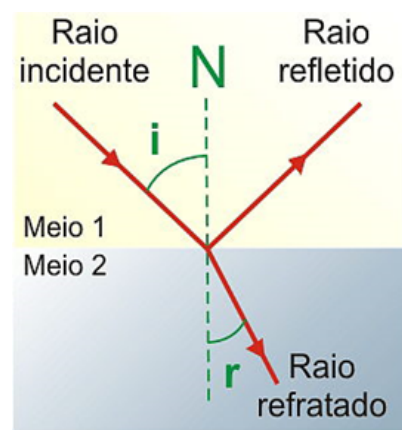


Figura 25: Refração da Luz

a) Lente convergente:

Quando um feixe de raios paralelos ao eixo principal, incide sobre uma lente convergente, emerge convergindo os raios de luz para um ponto denominado *foco imagem* F' (Figura 26 - a).

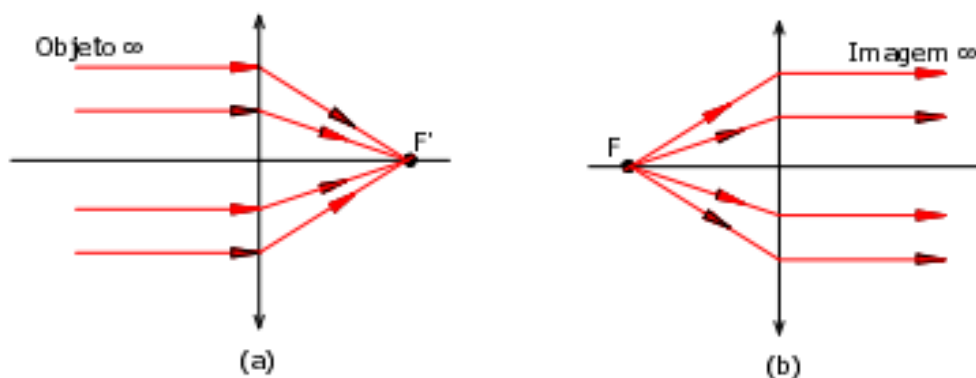


Figura 26: Lente convergente: a) Foco imagem F' ; b) Foco objeto F .

A distância do foco F à lente é a distância focal objeto f . Fisicamente o foco imagem F' significa o ponto onde está localizada a imagem de um objeto situado no infinito. Como a lente é constituída de dois dioptrios, há um segundo foco que é denominado *foco objeto* F (Figura 26 - b). A distância do foco objeto F à lente é a distância focal objeto f . Esta distância f é simétrica à distância focal f' . Fisicamente o foco objeto F significa o ponto onde está localizado o objeto de uma imagem no infinito. Como os focos são reais, as distâncias focais objeto f e imagem f' serão consideradas positivas para lentes convergentes.

b) Lente divergente:

Quando um feixe de raios de luz, paralelos ao eixo principal, incide em uma lente divergente, ele emerge divergindo os raios de luz. Prolongando os raios divergentes, estes se interceptam no ponto F' denominado foco imagem da lente (Figura 27 - a). O foco objeto F da lente divergente é obtido pelo prolongamento

dos raios incidentes (Figura 27 - b). O significado físico desses focos são os mesmos para lentes convergentes.

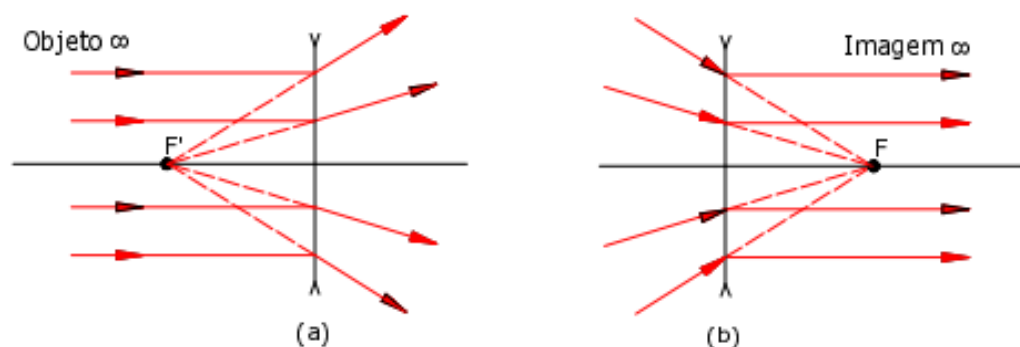


Figura 27: Lente divergente: a) Foco imagem F' ; b) Foco objeto F .

1.3. Construção de imagens em lentes esféricas

Para o nosso esquema de construção da imagem em lentes esféricas, utilizaremos três raios para a construção da imagem. O Raio 1: Raio que incide paralelo ao eixo principal refrata passando pelo foco imagem F' . O Raio 2: Raio que incide passando pelo centro ótico da lente C , não sofre desvio. O Raio 3: Raio que incide passando pelo foco objeto F , refrata paralelo ao eixo principal.

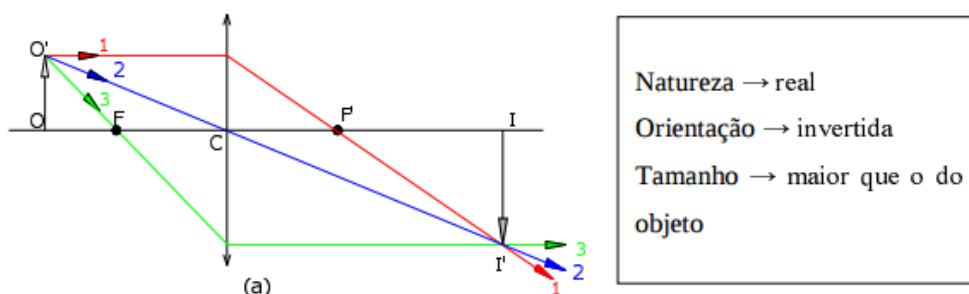


Figura 28: Construção da imagem em uma lente convergente

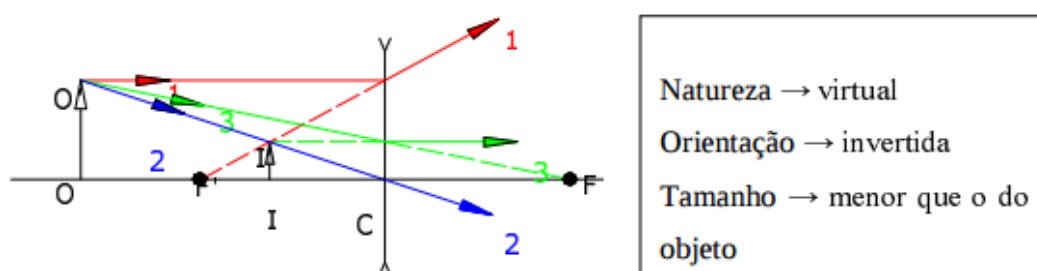


Figura 29: Construção da imagem em uma lente divergente.

1.4. Lunetas

As lunetas são instrumentos destinados à observação de objetos distantes. A Figura 30, mostra o esquema de formação da imagem em uma luneta astronômica. As lunetas utilizadas para observar os astros, constam essencialmente de duas lentes convergentes, simples ou composta: a objetiva e a ocular. A objetiva apresenta grande distância focal, ou “*fracamente convergente*” como sugeriu Della Porta em Mariconda (2006). A imagem (I_1) é real e invertida fornecida pela objetiva, e está no seu plano focal imagem F_1' , pois o objeto está muito afastado. A imagem I_1 , passa a ser objeto para a ocular, que forma a imagem final (I_2) do sistema. Essa nova imagem é virtual, invertida e maior que a imagem I_1 .

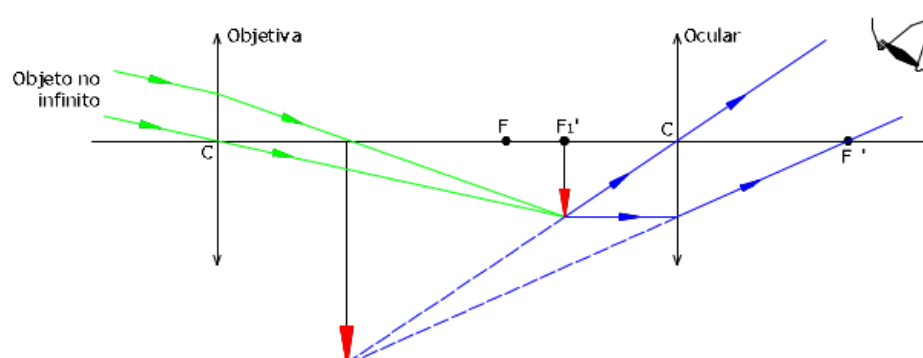


Figura 30: Formação da imagem no telescópio.

Para lunetas, não se define o aumento linear transversal, e sim aumento visual D . Esse aumento é mensurado pela razão entre o ângulo visual sob o qual é vista a imagem final dada pelo instrumento (θ') e o ângulo visual segundo o qual o astro é observado a olho nu (θ). Esse valor do aumento visual D de uma luneta depende das condições de observação da imagem. Para as condições usuais, o aumento visual é expresso pela relação entre as distâncias focais da objetiva (f_1) e da ocular (f_2):

$$D = f_1/f_2 \quad [2]$$

2. ABERRAÇÕES CROMÁTICAS

As aberrações ocorridas nas imagens não são defeitos do sistema óptico, elas ocorrem devido a não convergência dos raios para um único ponto imagem. Nas superfícies esféricas, elas só formam imagem na aproximação paraxial e quando saímos desta condição de validade de aproximação dizemos que nosso sistema apresenta aberração esférica.

Define-se como aberração de um sistema óptico, todos os efeitos que atrapalham a formação de imagem (convergência perfeita dos raios). Assim, vamos dividir as aberrações em dois tipos: cromáticas e geométricas.

2.1. Aberração cromática

Em função do comprimento de onda, referente a cada cor em especial, a lente, na qual esses raios luminosos atravessam, vai desviando-os de forma diferente. A diferença no desvio dos raios luminosos dá-se porque os materiais, cuja luz pode passar, têm um índice de refração, onde valor é maior para comprimentos de onda menores, o que aumenta do vermelho para o azul e faz desviar mais os raios luminosos. Ao focá-los mais perto da lente, faz-se com que a imagem apresente manchas coloridas. A Figura 31 ilustra o fenômeno da aberração cromática em uma lente convergente simples:

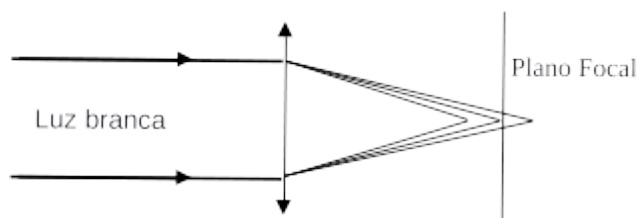


Figura 31: Fenômeno de aberração cromática.

Observa-se que com esse comportamento para cada cor, fica difícil focalizar a imagem de um objeto no mesmo plano. Proporcionando distorções coloridas na imagem formada. O problema pode ser corrigido, utilizando-se a combinação de duas lentes, uma convergente e a outra divergente, com diferentes índices de refração.

2.2. Aberrações Geométricas

Com exceção da aberração cromática, todos os outros tipos de aberrações são chamados de aberrações geométricas. Existem várias formas de se tratar matematicamente o problema das aberrações, que vão desde o traçado real de raios até o uso de teoria de perturbações.

A forma de corrigir as aberrações, entretanto, é sempre a mesma: aumentando o número de graus de liberdade através do uso de diversas lentes ao invés de uma só. Assim, balanceando-se as curvaturas das superfícies de cada lente e utilizando-se de diferentes tipos de vidros ópticos podemos eliminar ou reduzir significativamente as aberrações geométricas. Entretanto, estas são muito mais difíceis de se corrigir que as aberrações cromáticas, pois se utiliza para isto sistemas com até dezenas de lentes.

2.3. Aberração esférica:

A imagem obtida de um objeto pontual, fica desfocada em função dos raios luminosos serem desviados de maneira diferente por uma lente ou espelho, pois estes raios não convergem para o ponto focal, como mencionado anteriormente. Nos espelhos a aberração pode ser eliminada se a superfície for uma superfície parabólica. Nas lentes a aberração pode ser minimizada se ambas as superfícies (dióptros) da lente refratarem de igual forma os raios luminosos. Uma estratégia para diminuir a aberração esférica foi utilizada por Galileu quando na construção de suas lunetas. Ele percebeu que se os raios luminosos atravessassem a lente passando apenas pela zona paraxial da mesma, esses raios teriam praticamente o mesmo desvio, sendo então convergidos no plano focal, formando ali uma imagem nítida do objeto. Então, para resolver o problema, Galileu utilizou o diafragma, que é um anel opaco feito em cartão e colocado na frente da objetiva, com o objetivo de reduzir a abertura da lente, permitindo que apenas os raios centrais o atravessem.

APÊNDICE 2

GALILEU GALILEI: Vida e Obra

MARCELO DE SOUSA COELHO
WELLINGTON PEREIRA DE QUEIRÓS

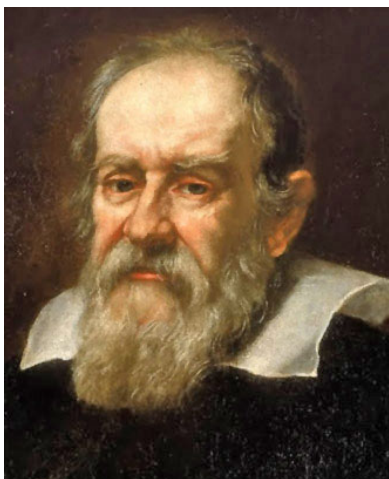


Figura 32: Retrato de Galileu Galilei, por Justus Susterman em 1636 (BONECHI, 2008, p.90).

Galileu di Vincenzo Bonaiuti' Galilei (Figura 32), nasceu, em Pisa, aos 15 dias do mês de fevereiro de 1564. Primogênito, numa prole de sete filhos do músico e musicista Vincenzo Galilei e Giulia Ammannati di Pescia. Seu pai pertencia à alta sociedade de Pisa e sua mãe, muito severa, educou Galileu numa atmosfera familiar religiosa, obediente aos princípios católicos e devoto aos dogmas da igreja.

Em 1578, com apenas quatorze anos, Galileu ingressa no mosteiro de Santa Maria de Vallombrosa, onde entra para a ordem como novato para se tornar padre. Mas seu pai, vislumbrando outros atributos ao filho, não permite esta vocação e matricula-o na Universidade de Pisa para estudar medicina.

O estudo na medicina nunca fora do seu interesse. Sua concentração e talento estavam na matemática e na física³, além de possuir uma mente fértil para criar instrumentos e exímia habilidade para construí-los⁴. 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, sem obter o título de médico, abandona a universidade em 1585. Com vinte e um anos de idade, Galileu vira professor em Pisa, e vai ensinar Geometria, Astronomia e Engenharia Militar.

Nunca se casou. Porém, teve um relacionamento com Marina Gamba, com quem teve três crianças. Duas filhas, Virgínia e Lúvia, que foram para o convento tornando-se, respectivamente, irmã Maria Celeste e irmã Arcângela. O filho, Vincenzo, permaneceu com a mãe até 1613, depois, após o casamento dela com Giovanni Bartoluzzi, foi viver com o pai em Florença.

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 finito, 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.

³ 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”.

⁴ 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.

Mas em 1609, uma notícia que circulava em Veneza 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.

Galileu não é o inventor do telescópio, mas 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.

Para algumas pessoas, a novidade do aparelho 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, a qual Galileu possuía e vinha desenvolvendo a anos, desde a sua convivência com Ostilio Ricci na Universidade de Pisa.

Porquê Galileu quis observar o seu?

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. 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.

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 deste instrumento holandês, o telescópio serviu para dar início na 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.

Então, com o novo instrumento, 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: além de por fim a discussão sobre a luz celestial, verificou que Vênus apresentava fases como a Lua, impossível de ser vista sem o auxílio do



telescópio. O conhecimento prévio sobre estas fases, lhe proporcionou planejar e realizar várias outras observações, dia após dia, na certificação dessa ocorrência.

Enquanto planejava as próximas observações, realizava cálculos e conjecturas sobre as causas dessas fases de Vênus. Uma justificativa para explicar essa ocorrência, defendida por Galileu, estava na aceitação do sistema de Copérnico. Instigado por essa revelação, propôs a mirar seu instrumento em direção a Júpiter, na intenção de verificar se tal fenômeno ocorria com esse também. Para sua surpresa, percebeu que Júpiter era orbitado por quatro estrelas, nunca antes vistas

Fascinado com o poder de enxergar cada vez mais e mais longe com o seu instrumento, Galileu quis conhecer melhor a superfície do Sol e certificar-se do que já haviam visto. Foi então que ele verificou e registrou com riquezas de detalhes as manchas solares. Dentre todas as revelações obtidas através do telescópio, essa, sem dúvida foi a mais extraordinária.

Estas 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.

Através da observação detalhada e registros precisos das fases de Vênus e a confirmação dos satélites de Júpiter, aliados a interrogação metódica da natureza, Galileu passou a enxergar embasamento na visão de Copérnico⁵ 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 foi acusado de herege e chamado a Roma em 1611, para se explicar perante o Tribunal da Inquisição (Figura 33).



Figura 33: Galileu frente ao tribunal da inquisição romana, pintura de Cristiano Banti.

Neste tribunal, Galileu é julgado e para não ser condenado foi obrigado a assinar um decreto, onde declarava que o sistema heliocêntrico era apenas uma hipótese. Mas, em 1632, agora bem mais seguro de suas ideias, ele volta a defender o sistema heliocêntrico e a dar continuidade aos seus estudos. Novamente, em 1633 é chamado a Roma para se explicar sobre suas ideias heréticas. Desta vez o Tribunal o condena a prisão.

Para escapar da fogueira, Galileu Galilei é obrigado a renegar suas ideias através de uma confissão, lida em voz alta perante o Santo Conselho da Igreja. Em sua confissão Galileu diz:

“Eu, Galileu, filho do falecido Vincenzo Galilei, florentino, de setenta anos de idade, intimado pessoalmente à presença deste tribunal e ajoelhado diante de vós, Eminentíssimos e Reverendíssimos Senhores Cardeais Inquisidores-Gerais contra a gravidade herética em toda a comunidade cristã, tendo diante dos olhos e tocando com as mãos os Santos Evangelhos, juro que sempre acreditei que acredito, e, mercê de Deus, acreditarei no futuro, em tudo quanto é defendido, pregado e ensinado pela Santa Igreja Católica e Apostólica. Mas,

⁵ 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.

considerando que (...) escrevi e imprimi um livro no qual discuto a nova doutrina (o heliocentrismo) já condenada e aduzo argumentos de grande força em seu favor, sem apresentar nenhuma solução para eles, fui pelo Santo Ofício acusado de veementemente suspeito de heresia, isto é, de haver sustentado e acreditado que o Sol está no centro do mundo e imóvel, e que a Terra não está no centro, mas se move; desejando eliminar do espírito de Vossas Eminências e de todos os cristãos fiéis essa veemente suspeita concebida mui justamente contra mim, com sinceridade e fé verdadeira, abjuro, amaldiçoo e detesto os citados erros e heresias, e em geral qualquer outro erro, heresia e seita contrários à Santa Igreja, e juro que no futuro nunca mais direi nem afirmarei, verbalmente nem por escrito, nada que proporcione motivo para tal suspeita a meu respeito."

Em 8 de janeiro de 1642, ele morre cego⁶ e condenado pela Igreja Católica por suas convicções científicas.

Para saber mais, leia:

CAVALCANTE, Kleber G. **Galileu: Da Ciência à Santa Inquisição**; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/galileu-ciencia-santa-inquisicao.htm>>. Acesso em 19 de agosto de 2016.

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

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.

⁶ A perda da visão em Galileu provavelmente tenha sido em função das diversas observações que realizou sobre as manchas solares.

APÊNDICE 3

HISTÓRIA DA LUNETTA DE GALILEU

MARCELO DE SOUSA COELHO
WELLINGTON PEREIRA DE QUEIRÓS

O período da chamada revolução científica, compreendido no século XVII, foi marcado por fortes influências da igreja nas decisões científicas e por grandes dificuldades enfrentadas por Galileu para superá-las e transpô-las. Neste período, Galileu esteve intensamente envolvido com discussões em torno da luz celestial⁷, do movimento de quedas dos corpos e das concepções teóricas de Aristóteles sobre a organização e funcionamento do universo⁸.

Para acurar as discussões e colocar mais lenha na fogueira, o uso e o aprimoramento de instrumentos tecnológicos, como o telescópio, desempenharam um papel de primeiríssima importância no pensamento e nos estudos de Galileu, que o levaram a profundas mudanças em suas convicções filosóficas e científicas, levando-o a defender e divulgar o sistema heliocêntrico de Copérnico e consequentemente a uma relação conflitante com Igreja romana. A propagação desse pensamento por Galileu, publicado no livro *Diálogo* em 1632, levou-o a condenação em junho de 1633 por heresia através do tribunal da Santa Inquisição.

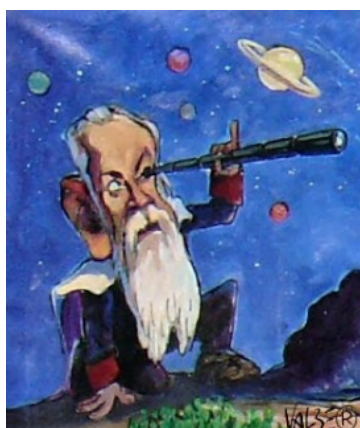
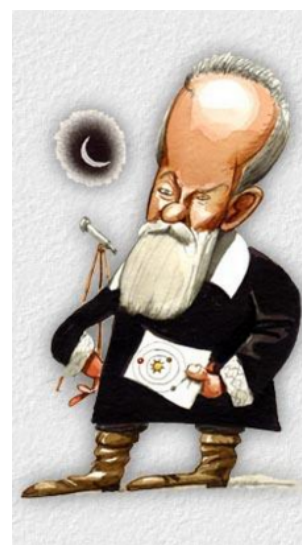
A pré-história do telescópio está ligada à confecção medieval de lentes e, aos progressos artesanais na arte de polir o vidro e fabricar óculos durante a Idade Média. As lentes apareceram na Europa medieval em finais do século XIII e, os óculos adaptados para a leitura existem desde o início do século XIV.

A teoria e os conhecimentos práticos, capazes de levar à construção da

primeira luneta, já estavam reunidos no início do século XVI, 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 mais completo, nas obras de Johannes Kepler, *Ad Vitelionem paralipomena*, de 1604. No entanto, passaram-se cerca de vinte anos, até que um vidreiro oculista de Middelburg aparecesse, em 1608, com um instrumento portando essa propriedade, sem ao menos conhecer o conteúdo publicado por Della Porta.

Mas, o conhecimento teórico, alinhado a medida, ao cálculo, a exatidão e a precisão, a seleção dos dados, a organização do pensamento e do planejamento das ações e o embasamento filosófico reunidos até então por Galileu, associado ao seu poder de síntese, lhe permitiu planejar e construir o seu primeiro telescópio entre os meses de julho e agosto de 1609.

Era uma luneta com um aumento de três vezes, bem parecida com as lunetas holandesas, vendidas em muitos mercados da Europa. Mas, numa árdua tarefa de tentativas e erros e



⁷ 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. Nenhuma distinção era feita sobre a luz observável entre planetas e estrelas fixas, se ambas, estrelas fixas e planetas, brilhavam devido a sua própria luz.

⁸ Aristóteles acreditava na existência de quatro elementos: terra, água, fogo e ar, e esses elementos possuíam o seu lugar natural. O universo era infinito e hierarquizado, sendo o cosmo perfeito, incorruptível e eterno.

replanejamento no tamanho do tubo e na posição das lentes, em novembro de 1609 constrói uma nova luneta, com ampliação da ordem de vinte vezes e, esmerando-se ainda mais na qualidade e posicionamento de suas lentes, no início de 1610, obtém outra, com ampliação de trinta vezes, a melhor construída até então, a qual, Galileu realizou as observações contidas no *Sidereus nuncius*, seu primeiro livro publicado com as revelações de sua luneta

Verificamos que o planejamento de experimentos, busca por exatidão e precisão⁹, estudos da combinação de lentes e o contato com a primeira luneta, produzida pelo holandês Hans Lipperhey, serviram de base inicial para que Galileu aperfeiçoasse o telescópio, e isso contribui no 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, contestando a visão empirista-indutivista de ciência, buscando visões mais próximas da epistemologia contemporânea, onde alguns pontos consensuais são enumerados por McComas et al. (1998), como:

- 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.

Para saber mais, leia:

COELHO, M. S. 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 de Mestrado apresentada pela Universidade Estadual de Goiás, 2016. Capítulo 3, p. 46 - 74.

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

⁹ De acordo com Koyré (1992), esses são elementos teóricos que associados a outros como: planejamento, realização de cálculos, organização de pensamento constituem a estrutura de pensamento de Galileu responsável por quebrar paradigmas no conhecimento filosófico científico, instituídos desde a época de Aristóteles.