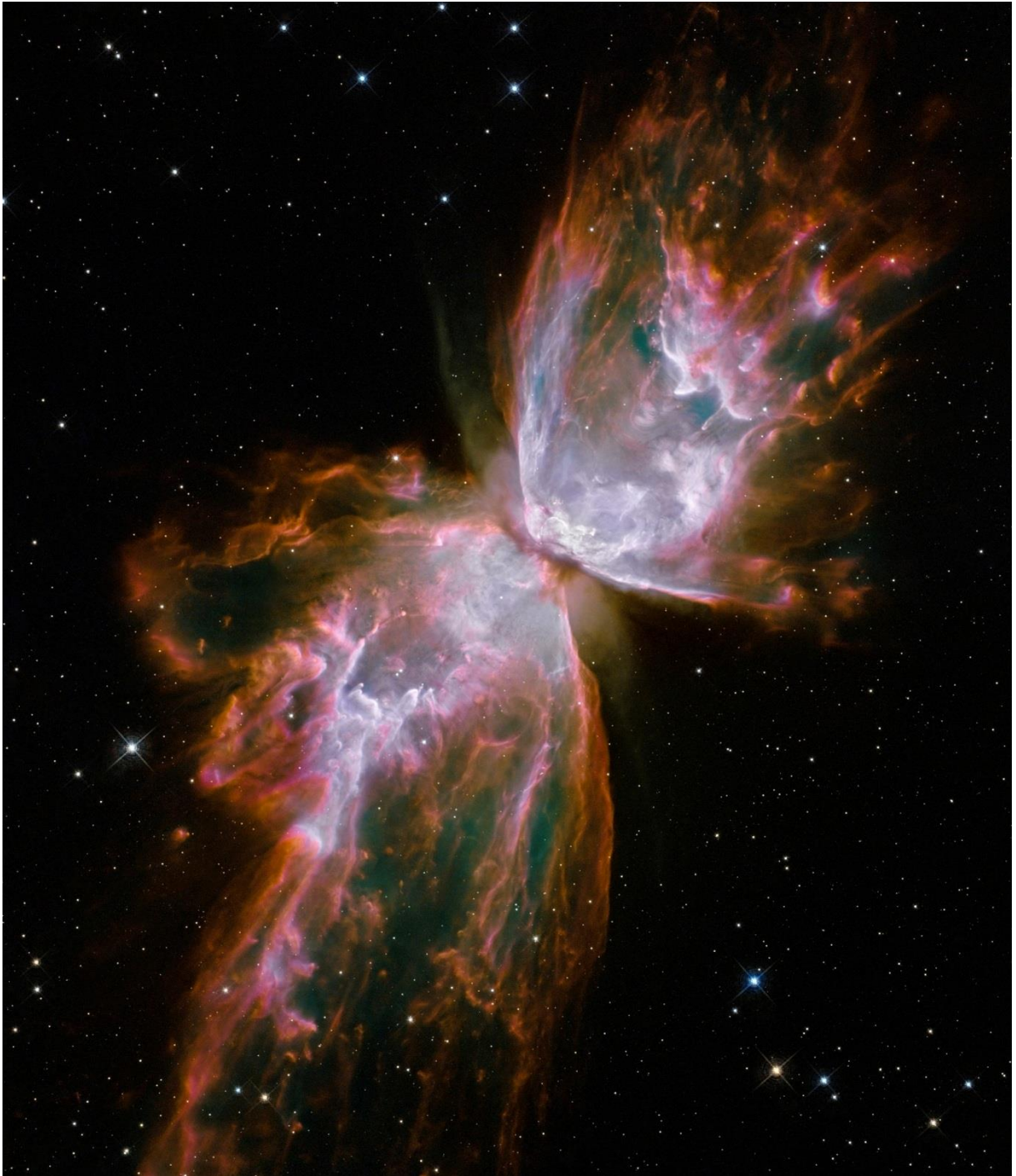


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE
IFRN *CAMPUS* SANTA CRUZ
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

JANDSON WENDEL DA SILVA BERNARDINO

**UM ESTUDO SOBRE ECLIPSES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO
MÉDIO: UM DIÁLOGO ENTRE O CONCEITUAL E O USO DAS TECNOLOGIAS**

SANTA CRUZ - RN
2016



Nebulosa Borboleta (M2-9)

Crédito de imagem: NASA, ESA - Colaboração Hubble/ESA.

JANDSON WENDEL DA SILVA BERNARDINO

**UM ESTUDO SOBRE ECLIPSES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO
MÉDIO: UM DIÁLOGO ENTRE O CONCEITUAL E O USO DAS TECNOLOGIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Santa Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Linha de Pesquisa: Formação de Professores e Currículo Integrado

Orientadora: Prof^a. Dr^a Lenina Lopes Soares Silva

SANTA CRUZ - RN
2016

JANDSON WENDEL DA SILVA BERNARDINO

UM ESTUDO SOBRE ECLIPSES PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: UM DIÁLOGO ENTRE O CONCEITUAL E O USO DAS TECNOLOGIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Santa Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Trabalho de Conclusão apresentado e aprovado em ___/___/___, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a Lenina Lopes Soares Silva – Orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof^a. M.^a Maria Emília Barreto Bezerra – 1^a Examinadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Me. Roney Roberto de Melo Sousa – 2^o Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Me. Ubaldo Fernandes de Almeida – Suplente
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho à minha família, amigos, professores e àqueles que de alguma forma contribuíram para essa importante etapa da minha vida. E foram essenciais nos momentos que mais precisei. A vocês meu amor e respeito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

Agradeço aos meus familiares, especialmente aos meus pais, Marlene e José, pelos ensinamentos, cuidados e atenção, aos meus irmãos, aos meus avós, aos meus tios, e aos meus primos por estarem ao meu lado, sempre me incentivando e dando suporte necessário para eu buscar meus sonhos.

Aos meus colegas de turma, pela convivência, aprendizados e por tudo que vivenciamos juntos.

A todos os meus Professores que contribuíram significativamente para a minha e o meu crescimento intelectual, e pessoal.

A todos os colegas, alunos, coordenadores e supervisores, que fizeram parte do PIBID (Física e Interdisciplinar), pela convivência produtiva e por me propiciarem experiências profissionais magníficas.

A todos da Escola Estadual Prefeito João Ataíde de Melo, onde estudei por 13 anos, e foi o local onde eu apliquei essa pesquisa. Agradeço imensamente pela sua hospitalidade e cooperação.

A todos que fizeram e que ainda fazem parte do Grupo de Astronomia do Trairi, pelo companheirismo (por que não dizer fraternidade?), pelos aprendizados ímpares e por me propiciarem os momentos mais felizes durante todo esse curso. A vocês minha admiração e respeito.

À minha Orientadora, Lenina Lopes Soares Silva, pela sua enorme ajuda, motivação, dedicação e comprometimento prestados não só durante o planejamento e execução desse trabalho, mas durante todo o curso.

Aos membros da banca examinadora, aos professores Maria Emília Barreto Bezerra, Roney Roberto de Melo Sousa e Ubaldo Fernandes de Almeida, por aceitarem o convite para a avaliação dessa monografia.

Enfim, a todos os alunos de outros cursos, os docentes, a direção, os técnicos administrativos e aos terceirizados, que me ajudaram durante minha estadia nessa instituição, da qual sentirei saudades.

A todos vocês, muito obrigado!

Agora que a terra é redonda
E o centro do universo é outro lugar
É hora de rever os planos
O mundo não é plano, não pára de girar
Agora que o tempo é relativo
Não há tempo perdido, não há tempo a
perder...

Humberto Gessinger (compositor)

RESUMO

Trata-se de uma monografia de conclusão do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, *Campus* Santa Cruz. O tema se desenvolve em torno dos eclipses como conteúdo de ensino de Física no Ensino Médio, última etapa da Educação Básica na organização da educação brasileira conforme a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9.394/1996. Problematisa-se o uso de tecnologias no ensino dos Eclipses no Ensino Médio e a partir disso objetiva-se fazer um levantamento bibliográfico acerca do conceito de eclipse com vistas a reconstituir sua formação ao longo do processo histórico de desenvolvimento da Física. Assim, com foco nos estudos desse fenômeno, organiza-se uma revisão bibliográfica sobre esses conteúdos em bases científicas para o Ensino Médio. Para sedimentar essa proposição nos apoiamos em uma pesquisa empírica com alunos do ensino médio utilizando estratégias de ensino tradicional e com uso de tecnologias. A metodologia adotada parte da pesquisa bibliográfica para a pesquisa aplicada ao ensino acerca dos eclipses. Os resultados desse estudo se constituem em conhecimentos sobre os eclipses e podem contribuir com o ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio.

Palavras-chaves: Eclipses; Instrumentos Astronômicos; Ensino de Física; Ensino Médio.

ABSTRACT

This is a monograph for the conclusion of the course in Physics degree from the Institute of Education, Science and Technology of do Rio Grande do Norte, Campus Santa Cruz. The research develops around the eclipses as contents of physics teaching in high school, the last stage of basic education in the organization of the Brazilian educational curriculum according to the Law of Guidelines and Bases for national education no. 9,394/1996. Discusses the use of technologies in teaching of Eclipses in high school and, thereafter, the goal is to do a bibliographic survey about the concept of eclipse in order to reconstitute its formation along the historical process of development of physics. So, with a focus on studies of this phenomenon, organizes a bibliographical review about such content in scientific bases for high school. To consolidate that proposition an empirical research was used with middle school students using traditional teaching strategies and use of technologies. The methodology that was adopted stem from the literature search for applied research to teaching about eclipses. The results of this study are knowledge about eclipses and can contribute to the teaching and learning of Physics in middle school.

Keywords: Eclipses; Astronomical Instruments; Physics teaching; High School.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Escultura de Órion em pedra encontrada em uma caverna perto de Blaubeuren.....	19
Figura 02 – Dragão engolindo Sol.....	21
Figura 03 – Eclipse Nupcial.....	22
Figura 04 – Sombra projetada pela Terra na Lua.....	25
Figura 05 – Esquema de Eclipse de acordo com Ptolomeu.....	26
Figura 06 – Eclipse lunar total.....	29
Figura 07 – Modelo geocêntrico de Aristóteles.....	30
Figura 08 – Modelo geocêntrico de Ptolomeu.....	31
Figura 09 – Modelo heliocêntrico de Copérnico.....	33
Figura 10 – Primeira Lei de Kepler.....	34
Figura 11 – Segunda Lei de Kepler.....	35
Figura 12 – Gnômon.....	39
Figura 13 – Clepsidra.....	40
Figura 14 – Pólo astronômico.....	40
Figura 15 – Relógio solar.....	41
Figura 16 – Astrolábio.....	42
Figura 17 – Quadrante.....	43
Figura 18 – Desenho feito por Galileu, publicado na obra <i>O Experimentador</i> , em 1623.....	45
Figura 19 – Modelo dos telescópios refratores.....	46
Figura 20 – Modelo esquemático do telescópio newtoniano.....	48
Figura 21 – Modelo esquemático do telescópio de Cassegrain.....	48
Figura 22 – Espectro eletromagnético da Luz Solar.....	50
Figura 23 – O radiotelescópio de Jansky.....	52
Figura 24 – Galáxia de Andrômeda.....	54
Figura 25 – Perguntas presentes no questionário pré-prova.....	59
Figura 26 – Plano de aula da turma “A”.....	68
Figura 27 – Plano de aula da turma “B”.....	69
Figura 28 – Questionário pós-aula.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	–	Resultado do Questionário/pré-aula para a questão sobre a vivência dos alunos.....	60
Tabela 02	–	Resultado do Questionário/pré-aula para a segunda questão.....	61
Tabela 03	–	Resultado do Questionário/pré-aula para a terceira questão.....	62
Tabela 04	–	Resultado do Questionário/pré-aula para a quarta questão.....	63
Tabela 05	–	Resultado do Questionário/pré-aula para a quinta questão.....	63
Tabela 06	–	Resultado do Questionário/pré-aula para a sexta questão.....	64
Tabela 07	–	Comparação do desempenho dos sujeitos participantes do Questionário/pré-aula.....	65
Tabela 08	–	Resultado do Questionário/pós-aula para a primeira questão.....	73
Tabela 09	–	Resultado do Questionário/pós-aula para a segunda questão.....	73
Tabela 10	–	Resultado do Questionário/pós-aula para a terceira questão.....	74
Tabela 11	–	Resultado do Questionário/pós-aula para a quarta questão.....	75
Tabela 12	–	Resultado do Questionário/pós-aula para a quinta questão.....	76
Tabela 13	–	Resultado do Questionário/pós-aula para a sexta questão.....	77
Tabela 14	–	Resultado da pesquisa de satisfação.....	78

LISTA DE SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i>
GAT	Grupo de Astronomia do Trairi
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	ECLIPSES: DESVELANDO SEUS CONCEITOS AO LONGO DOS SÉCULOS	18
2.1	EXPLICAÇÕES SOBRE OS ECLIPSES: PRIMEIROS REGISTROS	18
2.2	A CONSTRUÇÃO DE NOVAS FORMAS DE COMPREENSÃO CONCEITUAL SOBRE OS ECLIPSES	23
2.3	COMO O ESTUDO DOS ECLIPSES AJUDOU NO AVANÇO DA CIÊNCIA	24
2.4	DINÂMICA DE FUNCIONAMENTO DOS ECLIPSES	29
3	INSTRUMENTOS ASTRONÔMICOS	37
3.1	PRIMEIROS INSTRUMENTOS	37
3.2	INSTRUMENTOS ÓPTICOS	43
3.2.1	Telescópio Refrator	46
3.2.2	Telescópio Refletor	47
3.3	A ESPECTROSCOPIA	49
3.4	A RADIOASTRONOMIA	51
4	APLICANDO O CONHECIMENTO PRODUZIDO SOBRE ECLIPSES	57
4.1	APLICAÇÃO DA PESQUISA	57
4.1.1	Primeira atividade: Questionário pré-aula	58
4.1.1.1	Questionário pré-aula: Aplicação	58
4.1.1.2	Análise do questionário pré-aula	60
4.1.2	Segunda atividade: Aula sobre os Eclipses	66
4.1.3	Terceira atividade: Questionário pós-aula	70
4.1.3.1	Questionário pós-aula: Aplicação	72
4.1.3.2	Análise do questionário pós-aula	72
4.1.4	Avaliação das atividades pelos sujeitos participantes	78

4.1.5	Discussão dos resultados	79
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
	REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

Essa monografia de conclusão do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, *Campus Santa Cruz* é um estudo sobre os eclipses como conteúdo de ensino para o Ensino Médio. Essa é a última etapa da Educação Básica na organização da educação brasileira conforme a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9.394/1996.

O tema se desenvolve em torno dos eclipses por meio de um diálogo entre o histórico, o conceitual, o instrumental e o uso das tecnologias no Ensino de Física.

Tem-se como objetivo fazer um levantamento bibliográfico acerca do desenvolvimento do conceito de eclipse com vistas a reconstituir sua formação ao longo do processo histórico de desenvolvimento da Física com foco nos estudos desse fenômeno, bem como organizar conteúdos em bases científicas para o ensino desse conteúdo no Ensino Médio. Assim, especificamente nos propomos a fazer a reconstituição histórica desse conceito e o mapeamento dos instrumentos utilizados para observação dos eclipses e para sedimentar essa proposição nos apoiamos em uma pesquisa empírica com alunos do Ensino Médio utilizando recursos didáticos diferentes no intuito de realizar um estudo comparativo entre estes.

A metodologia adotada parte da pesquisa bibliográfica para a pesquisa aplicada ao ensino de Física acerca dos eclipses.

Desse modo, espera-se que os resultados desse estudo possam contribuir com o ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio.

A ideia de realizar um trabalho na área de Astronomia surgiu desde que nos tornamos membro do Grupo de Astronomia do Trairi (GAT), que teve como algumas de suas finalidades no IFRN *Campus Santa Cruz*, estimular a pesquisa e a divulgação científica, pelos graduandos em Física, na área de Astronomia. A escolha pelo tema eclipses como objeto de estudos se deu pela contemplação da beleza do eclipse lunar total ocorrido em 15 de abril de 2014 e pelo fascínio despertado desde iniciamos pesquisas sobre o tema. Esta escolha também foi motivada pela necessidade da construção de uma visão de Física voltada para a formação do cidadão contemporâneo, permitindo que o indivíduo saiba lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos. Esses fenômenos estão presentes tanto no cotidiano mais

imediatamente quanto na compreensão do universo distante, sendo esta reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade.

Essa compreensão está presente também nos temas estruturadores do ensino de Física nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), na abordagem de temas referentes ao Universo, a Terra e a vida, mais especificamente na unidade temática: Terra e o Sistema Solar, as relações entre os movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos (duração do dia e da noite, estações do ano, fases da lua, eclipses etc.). Sendo indispensável a “compreensão de natureza cosmológica, permitindo ao jovem refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do Universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência”. (BRASIL, 2002, p.70).

Como fundamentação teórica consideramos ser pertinente pesquisar em explicar o que compreendemos por eclipses, instrumentos astronômicos e pesquisa em ensino de Física.

Eclipses são fenômenos naturais provocados pela interposição entre corpos celestes. Isso ocorre quando pelo menos três corpos celestes estão alinhados e um corpo celeste passa pela sombra projetada por outro corpo celeste (como durante um eclipse lunar). Eclipses são fenômenos que mexem diretamente com as características visuais momentânea dos principais astros celestes. Na nossa perspectiva, seu acontecimento é geralmente referido em importantes livros e fatos históricos ao longo da história da humanidade. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012).

Definimos instrumento astronômico, como um objeto construído com o propósito de auxiliar a observação/medição de fenômenos e corpos celestes, entre os quais os Eclipses. Os vários tipos de instrumentos podem ser classificados de diversas formas, sendo comum a divisão de acordo com a forma pela qual a observação/medição é realizada.

Já pesquisa em Ensino de Física no Brasil, é aquela que se dedica ao processo de ensino e aprendizagem em Física em suas mais diversas dimensões. Ela teve início na década de 1960, por intermédio de instituições que visavam implementar o uso de novos recursos didáticos desenvolvidos no exterior para o ensino básico de ciências do país. Foram assim criados centros de treinamento de professores de ciências.

Na década de 1970 com o fim das atividades de alguns desses órgãos, parte desses profissionais migraram para as universidades e deram origem a grupos de pesquisa em ensino e formação de professores de Física. Esses grupos se preocupavam com a formação dos professores de Física, pois viam nessa formação maior produtividade em seus trabalhos. Esses esforços deram origem aos primeiros programas de pós-graduação, visando à introdução de inovações curriculares e metodológicas. Nessa mesma década surgiram os primeiros periódicos nacionais sobre o Ensino de Física e sobre a pesquisa em Ensino de Física. Na década de 1980 foram instaurados programas que visavam à melhoria do ensino de Ciências na escola básica, estes apoiavam institucional e financeiramente vários eventos e grupos de pesquisa e desenvolvimento.

Com o crescimento da área na década de 1990 outros periódicos dirigidos exclusivamente para a publicação de artigos referentes à pesquisa no Ensino de Ciências foram publicados no Brasil (CARVALHO, 2011).

Os estudos recentes discutidos nos encontros Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) de 2002, 2004, 2006, 2008 e 2010, indicam que a pesquisa em Ensino de Física apresenta um crescimento linear neste período: as subáreas com maior número de trabalhos são “Ensino e Aprendizagem” e “Formação de Professores”, intensificando a relação entre a pesquisa em Ensino de Física e os problemas do ensino e formação de professores na Educação Básica e Superior. (CARVALHO, 2011).

O Ensino de Física atualmente tem se voltado para diferentes subáreas entre as principais: ensino e aprendizagem, formação de professores, natureza da ciência, linguagem e letramento científico, divulgação e comunicação em ciências, questões metodológicas ou políticas públicas.

Neste trabalho a metodologia de pesquisa empregada é de caráter bibliográfico, pois ao buscar reconstituir como se formou o conceito de eclipses tivemos que ir às fontes na literatura da área em trabalhos nos quais os autores se debruçaram sobre esse conceito. A pesquisa bibliográfica foi feita em artigos e livros já publicados em meios impressos e eletrônicos.

Para Marconi e Lakatos (2010, p. 166), uma “pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras” acerca do objeto de estudos pesquisado.

Minayo (2004) também corrobora essa perspectiva e nos informa que a pesquisa bibliográfica nos possibilita construir o conhecimento científico estruturando-o em bases e princípios filosóficos e epistemológicos da produção do conhecimento que convergem em torno de um determinado tema, inserido na história desse conhecimento.

Sendo assim, a reconstituição que fizemos acerca do conteúdo sobre eclipses atende à produção de conhecimentos sobre esse e ao mesmo tempo guiou nossa pesquisa empírica.

Metodologicamente isso significa compreender as conexões existentes entre a realidade e o conhecimento já produzido, ou seja, das instâncias da realidade para o processo de constituição da totalidade parcial que é o conhecimento a ser produzido por nós com vistas à pesquisa aplicada no ensino de Física no Ensino Médio.

Como forma de ilustração, dada a singularidade do objeto pesquisado, também faremos uma pesquisa que pode ser considerada de imagens, por constituirmos uma busca sobre os instrumentos utilizados para observar o fenômeno em estudo, os eclipses, na história de construção da ciência e como conhecimento específico de Física.

Por fim, realizamos uma pesquisa de campo no sentido de atrelar o conhecimento produzido na primeira parte ao ensino de Física no Ensino Médio com vistas a diagnosticarmos e ao mesmo tempo promovermos reflexões sobre o ensino acerca de eclipses. Para isso, nos utilizamos de questionários e de aulas ministradas de forma tradicional e com uso de tecnologias para verificarmos a diferença de percepção dos alunos acerca dos eclipses.

Essa monografia intitulada: **Um estudo sobre eclipses para o ensino de física no ensino médio: um diálogo entre o conceitual e o uso das tecnologias**, além de trazer os elementos pré e pós-textuais e esta introdução está estruturada em três capítulos.

No primeiro, **Eclipses: desvelando seus conceitos ao longo dos séculos** discorreremos acerca da formação dos conceitos sobre eclipses ao longo dos séculos. Partimos da compreensão de que os conceitos servem para explicar os fenômenos e fatos de forma racional e lógica e apresentamos um levantamento de estudos que tratam sobre os eclipses para desvelar a formação de seu conceito ao longo dos séculos até o século XXI.

No segundo, **Instrumentos astronômicos** mostramos o surgimento das ferramentas e dos instrumentos astronômicos. Apoiamo-nos na compreensão de que a criação destes instrumentos se tornou necessária para se obter medições e registros mais precisos acerca dos fenômenos celestes, e como no capítulo anterior mostramos um levantamento de estudos acerca dos instrumentos astronômicos e sua evolução ao longo dos séculos, respaldando a compreensão dos fenômenos astronômicos, sobretudo – os eclipses.

No terceiro, **Aplicando o conhecimento produzido sobre eclipses** apresentamos a aplicação desta pesquisa empírica com alunos do Ensino Médio utilizando estratégias de ensino tradicional e com uso de tecnologias. Assim, mostramos como colocamos em prática os conhecimentos produzidos nos capítulos anteriores, aplicando-os na elaboração das aulas dos questionários sobre o tema “os eclipses” como metodologia de avaliação de táticas de ensino, utilizando estratégias de ensino já citadas. Em seguida, discutimos os resultados da pesquisa a partir dos dados colhidos por meio dos questionários.

Por fim, trazemos as **Considerações finais** nas quais nos reportamos aos objetivos, as questões do estudo e as contribuições em relação ao estudo ora concluído.



Eclipse Solar no Pacífico Sul (11 de Julho de 2010)
Crédito de imagem e direitos autorais: Williams College Eclipse
Expedition - Jay M. Pasachoff, Muzhou Lu, e Craig Malamut

2 ECLIPSES: DESVELANDO SEUS CONCEITOS AO LONGO DOS SÉCULOS

Neste primeiro capítulo discorreremos acerca da formação de conceitos sobre eclipses ao longo dos séculos. Partimos da compreensão de que os conceitos servem para explicar os fenômenos e fatos de forma racional e lógica.

Este capítulo estrutura-se em 4 tópicos, no primeiro construímos uma abordagem em torno dos primeiros registros humanos explicativos sobre eclipses, como explicação de um fenômeno celeste que enviava mensagem aos homens; no segundo discorreremos acerca da construção de novas formas de compreensão conceitual sobre os eclipses; no terceiro fazemos uma reflexão em torno dos estudos sobre os eclipses que ajudaram no avanço da ciência; por fim, no quarto tópico damos continuidade à abordagem sobre os estudos informando a partir desses o mecanismo de funcionamento dos eclipses.

O objetivo desse capítulo foi fazer um levantamento de estudos que tratam sobre os eclipses para desvelar a formação de seus conceitos ao longo dos séculos até o século XXI. Essa foi a forma encontrada para sedimentar com base na literatura consultada a pesquisa de campo que trata de ensino de Física tendo como referente de conteúdo – os eclipses, e será alvo de análise no último capítulo desta monografia.

2.1 EXPLICAÇÕES SOBRE OS ECLIPSES: PRIMEIROS REGISTROS

O Sol e a Lua estão diretamente relacionados às questões cotidianas como o ciclo dia/noite, ciclo das marés e as estações do ano. Essas influenciam atividades econômicas vitais, como pesca e agricultura. Por isso, esses astros tem despertado o interesse humano ao longo dos séculos como afirma, Reis (2008),

o Sol e a Lua são os corpos celestes mais próximos da realidade humana na Terra. Apesar de os povos, desde os primórdios da História, serem curiosos a respeito das estrelas e do Universo como um todo, o Sol e a Lua tem sido os principais atores em nosso magnífico teatro celestial. (REIS, 2008, p. 1)

Acreditamos que o interesse do homem pela Astronomia é tão antigo quanto a sua própria origem. Há alguns registros antigos que indicam isso, como a escultura de Órion em pedra, de apenas 3,8 cm de comprimento, descoberta em 1974, em uma caverna perto de Blaubeuren, na Alemanha, e estudada pelo pesquisador Michael Rappenglück (Figura 1). Essa pequena peça de pedra tem uma idade de 32 mil anos e está esculpida em baixo relevo. Ainda, não se sabe desde quando a humanidade tem observado eclipses. Sequências de marcas gravadas em ossos de animais datando de aproximadamente 30 mil anos sugerem as fases da Lua, de um ciclo a outro. (HOFFMAN, 1979).

Figura 1 – Escultura de Órion em pedra encontrada em uma caverna perto de Blaubeuren, em 1974.



Foto: Don Hitchcock 2015, Original, Württemberg Landesmuseum, Stuttgart.

Um fato que não pode ser ignorado é que a partir do momento em que o homem (*homo sapiens*) passou a reconhecer padrões na natureza para sua sobrevivência, o céu passou a ser um calendário. Por meio de sua observação passou-se a compreender que sua sobrevivência dependia de ler as estrelas. As mensagens no céu diziam aos nossos antepassados quando acampar e quando se mover; quando os rebanhos selvagens migravam, e quando chegariam o frio e a

chuva; e ainda, quando cessariam por um tempo. Quando perceberam a direta conexão entre o movimento das estrelas e os ciclos sazonais da vida na Terra concluíram naturalmente que: o que acontecia lá em cima devia afetá-los aqui embaixo. Como afirma Faria (1982, p. 13), “o desconhecimento da verdadeira natureza dos astros deve ter produzido no homem primitivo um sentimento misto de curiosidade, admiração e temor, levando-o a acreditar na natureza divina dos corpos celestes”.

Em muitas das sociedades primitivas os costumes eram determinados tendo fundamento nos astros, conforme afirma Faria (1982):

Aqueles que melhor conheciam os fenômenos celestes foram considerados seus intérpretes, formando elites sacerdotais que dominavam e determinavam os costumes daqueles povos, dando origem a seitas religiosas politeístas e ainda à Astrologia, desenvolvendo a crença na influência dos astros sobre a determinação dos destinos humanos. (FARIA, 1982, p.13).

Quando a ordem celestial era de alguma forma violada de repente, por algum fenômeno os povos antigos levavam para o lado pessoal. Observa-se que, um tipo de fenômeno em especial mexia com a ordem dos dois principais astros no nosso céu, os eclipses. Quase todos os povos antigos interpretam que: um eclipse deve ser uma mensagem enviada pelos Deuses ou por algum Deus em particular, e quase da mesma forma nossos ancestrais concluíam que as notícias não eram boas.

Os Eclipses são notáveis espetáculos celestes observáveis a olho nu, e ao longo de séculos a humanidade tem se encantado em ver eclipses solares e lunares. Nos tempos antigos os eclipses causavam medo e apreensão, principalmente os eclipses solares, em vista de que as sociedades agrícolas dependiam da luz e do calor do Sol para produzirem sua existência. O temor sobre os eclipses lunares, por sua vez, advinha da sua coloração avermelhada, que, por vezes, remete à cor de sangue, e por isso, eram interpretados como prenúncios de guerra. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012).

Algumas civilizações antigas tinham uma forma peculiar de explicar os eclipses:

a) os chineses acreditavam que os eclipses solares eram causados quando um dragão invisível engolia o Sol (Figura 2), uma antiga tradição

chinesa consistia em bater tambores e potes, fazendo barulho para espantar o dragão.

Figura 2 – Dragão engolindo Sol - Povos na China antiga e em culturas do Sudeste Asiático acreditavam que um dragão engolia o Sol durante eclipses solares.

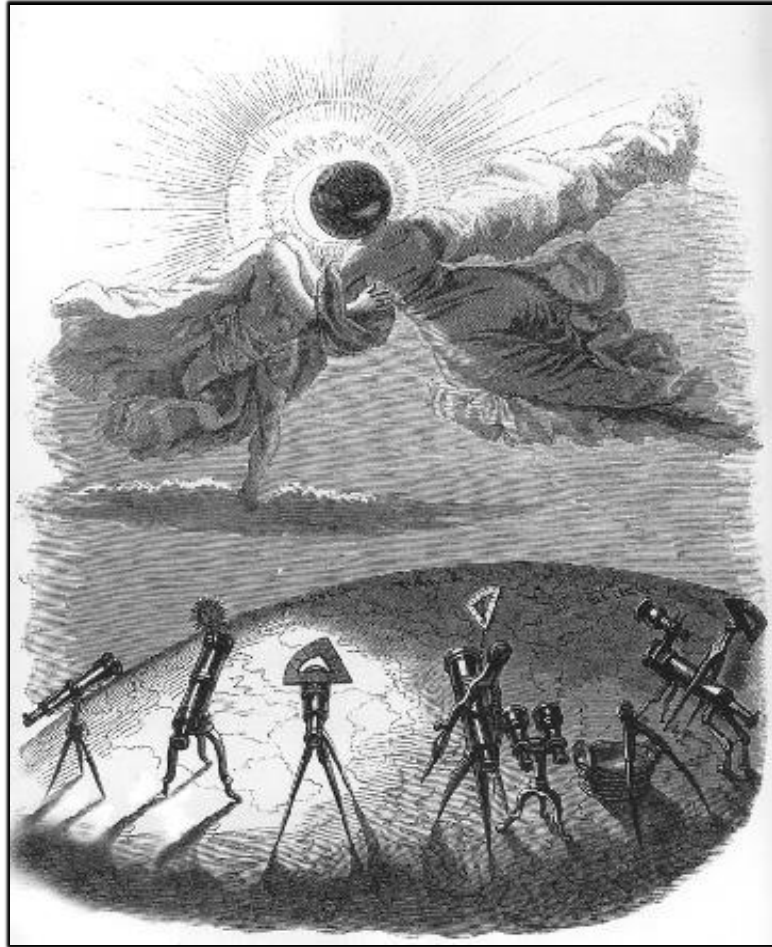


Fonte: <http://guardianlv.com/2014/04/solar-eclipse-and-superstitions/>.
Acesso em: 12 mar. 2016

- b) Os atenienses, na Grécia antiga, acreditavam que os eclipses (solares ou lunares) eram causados por deuses furiosos; logo, eram considerados mau presságio.
- c) Os maias, na América Central, acreditavam que, durante os eclipses lunares, um jaguar gigante devorava a Lua. Ele se movia pela escuridão e sua pele se assemelhava a um céu estrelado.
- d) No Japão, poços eram fechados para evitar que a água fosse contaminada pelo suposto veneno que vinha dos céus, proveniente do eclipse.
- e) Na Escandinávia, acreditava-se que dois lobos chamados Skoll e Hat aterrorizavam o Sol e a Lua.
- f) Na Índia, um monstro chamado Rahu teria a cabeça de um dragão e a cauda de um cometa. Ele dirigiria uma carruagem puxada por oito cavalos pretos que representavam o céu.
- g) Os astecas acreditavam que as Tzitzimine, estrelas-demônio, causavam eclipses quando combatiam o Sol.
- h) Na Bolívia, acreditava-se que cachorros corriam atrás do Sol e da Lua e mordiam-nos. Era o suposto sangue da Lua que a deixava avermelhada. A população gritava e gemia para espantar os cães. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012, p. 86).

Pertence aos esquimós à interpretação mais curiosa e original para os eclipses, de acordo com os mesmos os eclipses ocorriam quando os seus dois deuses mais importantes, Padli (o Sol) e Amarok (a Lua) faziam amor (Figura 3).

Figura 3 – Eclipse Nupcial - Para alguns o Sol e a Lua são amantes que, quando se abraçam, apagam as luzes do céu para assegurar sua intimidade.



Fonte: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/24281>.
Acesso em: 12 mar. 2016

O que se percebe é que a humanidade ao longo da sua história nunca foi indiferente aos eclipses, sempre citados em escrituras antigas, e por muitas vezes apontados e explicados envoltos em misticismo, ou como fator determinante de queda e ascensão de impérios, reis coroados ou destronados, vitórias ou derrotas de tropas em batalhas.

2.2 A CONSTRUÇÃO DE NOVAS FORMAS DE COMPREENSÃO CONCEITUAL SOBRE OS ECLIPSES

Com o passar dos séculos, as sociedades antigas foram acumulando conhecimento sobre os astros por meio de observações realizadas ao longo de várias gerações o que possibilitou um acúmulo de conhecimento. Isso permitiu o desenvolvimento de novas formas de observações e de compreensão para o que sejam os eclipses. Contudo, a mudança da forma de observar os astros já pode ser percebida na idade da pedra, em um momento em que nossos ancestrais construíram sítios megalíticos, formações rochosas devidamente arrumadas na natureza por nossos antepassados. Como afirma Rodrigues (2006):

Pode-se afirmar que já na Idade da Pedra o Homem se interessava pela astronomia conforme provam os sítios megalíticos, grandes construções em pedra (cromeleques e alinhamentos), que podem ser observados, por exemplo, em Portugal (Cromeleque dos Almendres), na Escócia (em Callanish), em Inglaterra (círculo de Stonehenge) e na Bretanha (alinhamentos de Carnac). Muitos consideram que estes sítios eram verdadeiros observatórios astronômicos que já na Idade da Pedra permitiriam a previsão de eclipses. (RODRIGUES, 2006, p. 8).

Sendo assim, estudos sobre esses megalíticos indicam que a colocação das pedras em alinhamentos e círculos funcionava como marcador de posições extremas do nascer e do pôr do Sol e da Lua.

Além de monumentos Megalíticos como *Stonehenge* fornecerem evidências da mudança de forma com que os povos antigos realizavam suas observações, permitindo por meio deles prever o acontecimento de Eclipses, existem registros astronômicos que confirmam essa ideia, Rodrigues (2006) corrobora essa ideia ao afirmar que:

Data de 2136 ou 2128 a.C. o registo mais antigo de um eclipse solar e é no clássico chinês TchuKing que ele se encontra. Na Mesopotâmia um registo que data de 1375 a.C. tem a particularidade de ser mais específico porque não se limita a fazer referência a um eclipse solar, precisando que se trata de um eclipse total.

No período babilônio antigo (compreendido entre a queda de Ur e a tomada da Babilônia pelos hititas), que abrange quase a primeira metade do milênio II a.C., também existem registos de eclipses do Sol. (RODRIGUES, 2006, p. 9).

Esses povos antigos já dispunham de alguns instrumentos astronômicos antigos, como *Gnômon* e *Pólo*, que permitiam uma coleta de dados mais precisa e uma observação mais qualitativa do movimento dos astros.

No "*Enuma Anu Enlil*" uma coleção de documentos mesopotâmicos de interpretação e observações das estrelas, planetas, tempo e ocorrências naturais, no período cassita (que durou aproximadamente cinco séculos estendendo-se até ao final do milênio II a.C.), segundo Rodrigues (2006, p. 9), "existe uma compilação desses textos que contém séries de dados astronômicos incluindo mais de 7000 observações de fenômenos celestes de vários tipos, com particular incidência nos eclipses da Lua".

Podemos, assim, compreender que o homem na Mesopotâmia dois séculos antes de Cristo, não apenas tentava explicar o que eram os eclipses, mas se preocupava em registrar tais fenômenos para a posteridade.

2.3 COMO O ESTUDO DOS ECLIPSES AJUDOU NO AVANÇO DA CIÊNCIA

Não há dúvidas que as observações realizadas pelos chineses e mesopotâmicos tenham um importante valor histórico. Essas observações serviram como base de estudos posteriores. Todavia, foi através de egípcios e gregos que adquiriram conhecimento acerca da mecânica do fenômeno, por meio dos babilônios, que a capacidade de prever eclipses chegou até aos nossos dias.

Mesmo sem o conhecimento que temos hoje sobre os movimentos do Sol, da Terra e da Lua esses povos antigos já conseguiam prever de forma bastante precisa o acontecimento de eclipses solares e lunares, de acordo com Rodrigues (2006).

Desde a antiguidade que se verificou que ao fim de um determinado intervalo de tempo, denominado Saros (palavra egípcia que significa repetição), a sequência dos eclipses se tornava a repetir. Verificou-se que durante um Saros ocorriam 70 eclipses, 41 dos quais eram solares e 29 lunares. (RODRIGUES, 2006, p.54).

O ciclo de Saros tem duração aproximada de 18 anos e 11,3 dias. Esse é o período necessário para repetição periódica dos eclipses seguindo uma certa ordem

de sucessão. Assim, para que se repita um eclipse do mesmo tipo é necessário que se observem duas condições: “que a Lua realize um número inteiro de revoluções em relação ao mesmo nodo da órbita e no término desse período a Lua tem de se encontrar na mesma fase.” (RODRIGUES, 2000, p. 112).

Desde a Antiguidade os Eclipses têm aberto portas a importantes conhecimentos, na Grécia antiga os Eclipses lunares foram uma prova da esfericidade da Terra. Esses conhecimentos por permitirem ser observados ao longo da vida foram protagonistas de debates entre Pitágoras, Aristóteles e outros filósofos gregos. Segundo Rodrigues (2006) Tales de Mileto (625 a.C. – 556 a.C.) foi o primeiro astrónomo grego a prever um eclipse do Sol em 28 de Maio de 585 a.C.. Ao verificarem que a sombra projetada pela Terra na Lua tinha um formato esférico (Figura 4). Compreendeu-se que, a forma daquela sombra representava, portanto, o formato do planeta, assim Pitágoras e, posteriormente, Aristóteles (séc. IV a.C.), puderam apontar a esfericidade da Terra.

Figura 4 – Sombra projetada pela Terra na Lua.



Fonte: <http://www.mreclipse.com/LEphoto/TLE2014Apr/TLE2014Apr-1084.html>
Acesso em: 26 mar. 2016

Mais tarde os estudos feitos por Aristarco (310 a.C. – 220 a.C.) sobre os eclipses permitiram estimar a dimensão dos astros, e também a distância a que estes se encontram da Terra. Reis (2008) reforça nossas reflexões ao concluir que:

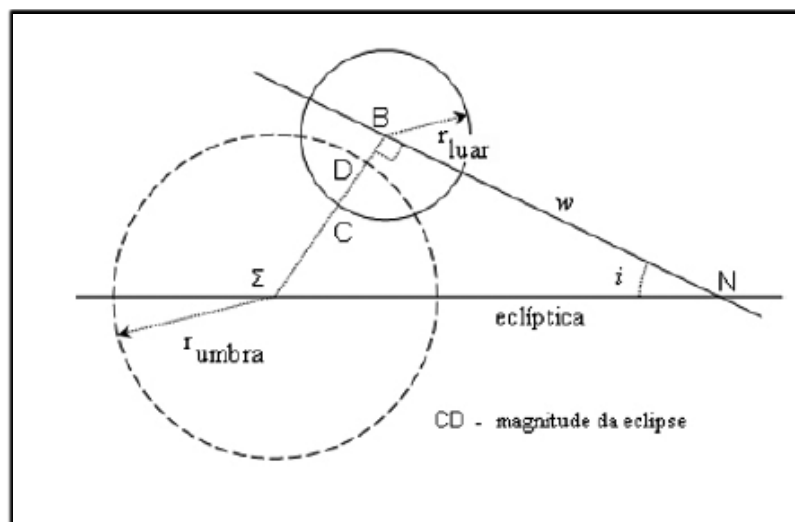
Aristarco (310–230 BCE) utilizou eclipses para estimar os tamanhos relativos da Terra e da Lua pela curvatura do disco lunar e pela curvatura da sombra da Terra nele projetada, estando o Sol, a Terra e a Lua alinhados nessa sequência. Ele também estimou a distância da Terra a Lua e ao Sol, bem como o tamanho do último. Ele demonstrou ainda que o Sol se encontrava mais distante que a Lua e era maior que a Terra. (REIS, 2008, p. 6).

Outro grego que realizou relevantes estudos baseando-se na formação dos eclipses foi Hiparco (190 a.C. – 120 a.C.), que descobriu a precessão dos equinócios. O mesmo comparou as suas observações (128 a.C.) e as realizadas por Timocárides (295 a.C.), concluiu que os equinócios se deslocavam sobre a eclíptica, em sentido anti-horário, a uma velocidade de 1/71 de grau por ano, dessa forma descobrindo a precessão dos equinócios. Com base nesta descoberta, Hiparco corrigiu o cálculo da duração do ano terrestre e, com esta medida de tempo corrigida, efetuou previsões de eclipses do Sol e da Lua. (RODRIGUES, 2006).

O astrónomo grego Ptolomeu formulou por volta de 157 a.C. um complexo esquema de cálculos que permitiam prever a ocorrência de eclipses do Sol e da Lua.

Para esses cálculos Ptolomeu fazia uso do sistema numérico de base sexagesimal. Já era de conhecimento que a órbita lunar possuía uma inclinação aproximada de $i = 5^\circ$ em relação a “órbita solar”. Para prever eclipses lunares Ptolomeu utilizava cálculos que envolviam o diâmetro aparente da Lua, assumindo ser 1/650 da órbita lunar, e o raio da sombra terrestre (umbra) para a distância média da Lua estimado em 2,30 raios da Lua, obtendo as características do referido Eclipse Lunar (Figura 5). (BARROS-PEREIRA, 2011).

Figura 5 – Esquema de Eclipse de acordo com Ptolomeu.



Fonte: <http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/7046>.
Acesso em: 3 abr. 2016

Diógenes, escritor grego do séc. III, relatou que os astrónomos egípcios dos faraós já haviam registado 373 eclipses do Sol e 832 eclipses da Lua. (RODRIGUES, 2006).

Uma fascinante história acerca dos Eclipses aconteceu na era das grandes navegações, quando o célebre navegador Cristóvão Colombo (1451-1506) se viu em uma situação atípica, em 1506, na Jamaica, quando estava na eminência de enfrentar uma rebelião provocada pela falta de mantimentos para a viagem de regresso. Sendo assim, fez uso de uma informação privilegiada de que no dia 10 de Março ocorreria um eclipse solar total e a usou como meio de pressionar as populações indígenas a cederem às provisões necessárias ao reabastecimento de mantimentos do navio. Ameaçando-os de que os privaria da luz do Sol, caso eles não aceitassem reabastecê-los. A falta de conhecimento sobre os eclipses (ou ingenuidade) levou-os a acreditar na ameaça imediatamente após o astro começar a perder seu brilho. (RODRIGUES, 2006).

O eclipse mais importante dos tempos modernos ocorreu em 29 de maio de 1919, de acordo com Reis (2008, p. 7) “quando Arthur Eddington utilizou um eclipse solar para testar a Teoria da Relatividade Geral de Einstein, demonstrando que campos gravitacionais fortes, como o do Sol, são capazes de curvar a luz de estrelas, conforme previsto”. Em Rodrigues, (2006), encontra-se o complemento dessa informação quando diz:

De acordo com a teoria da relatividade geral de Einstein, de 1915, a luz sofre uma deflexão na presença de um campo gravitacional. Por outras palavras, as trajectórias dos fótons encurvam-se ao passarem por grandes concentrações de massa. Einstein calculou, usando a sua teoria, que um raio de luz emitido por uma estrela e que rasasse a superfície do Sol sofreria uma deflexão de $1",75$. Assim, um observador veria essa estrela desviada $1",75$ da sua posição normal. Por outro lado, a teoria da gravitação de Newton, estabelecida no séc. XVII, previa uma deflexão de apenas $0",875$. Recorde-se que a teoria de Newton, considerando a natureza corpuscular da luz, sustentava que as partículas de luz estariam sujeitas à lei da atracção universal. (RODRIGUES, 2006, p. 13).

A comprovação da teoria da Relatividade Geral por meio da observação do Eclipse Solar ocorreu quando o conceituado astrofísico britânico, Eddington, propôs realizar, durante o eclipse solar de 1919 (observado no Atlântico Sul, desde o Brasil até a África), observações que permitiam coletar dados do posicionamento das estrelas visualmente próximas do Sol. Essas observações foram realizadas por meio de fotografias para que os resultados fossem comparados com os resultados esperados na teoria da Relatividade Geral de Einstein. Para Rodrigues (2006):

Eddington organizou duas expedições, uma a Sobral, no Brasil, e outra à Ilha do Príncipe, em África, para proceder às necessárias observações. A primeira teve mais sucesso, pois condições meteorológicas favoráveis tornaram possível realizar sete fotografias das estrelas. Na expedição à Ilha do Príncipe, o céu nublado não permitiu obter mais do que duas fotografias com imagens das estrelas. (RODRIGUES, 2006, p. 16).

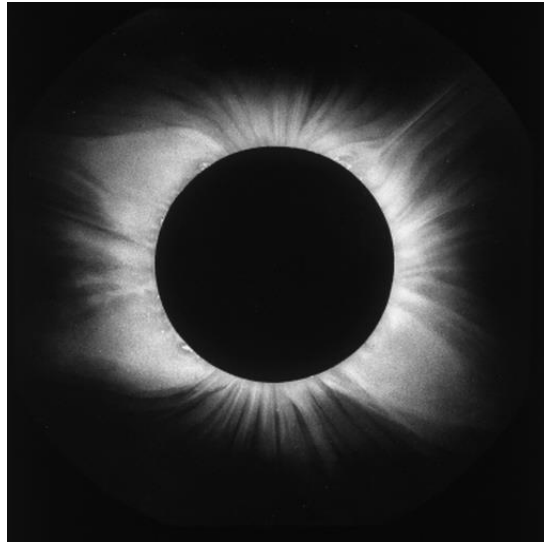
O método utilizado por Eddington consistiu na captação de sucessivas imagens no decorrer do Eclipse. A captação foi feita por meio de câmeras acopladas a telescópios. Desse modo, elas captariam de forma mais precisa imagens das posições das estrelas próximas ao Sol. Posteriormente, foi feita a comparação dessas fotografias com outras que haviam sido realizadas seis meses antes, durante a noite. Por meio dessa comparação Eddington pôde constatar e informar a *Royal Astronomical Society* que os dados obtidos estavam de acordo com a confirmação da teoria de Einstein. (RODRIGUES, 2006).

É preciso informar que, isso foi possível porque por volta do final do século XIX, os astrônomos perceberam que a corona solar era essencial para a compreensão de diversos fenômenos solares, como também fenômenos na atmosfera terrestre. Reis (2008) nos explica que:

Os eclipses bloqueiam a fotosfera e revelam a presença de uma atmosfera acima do Sol e além de um raio solar. Esse meio se tornou assunto de extensivo estudo no século dezenove e a observação de eclipses revelou uma porção interior brilhante, a cromosfera, e um halo muito extenso, a corona. (REIS, 2008, p.6).

No momento atual, qual seja - no início do século XXI, os eclipses solares são observados pelos cientistas para estudar a superfície solar através de fotografias, e dados espectrográficos da corona solar (Figura 6), somente visível quando o disco brilhante do Sol ou fotosfera é completamente encoberta. A corona solar é constituída por gases ionizados a altas temperaturas. Nela ocorrem explosões térmicas e magnéticas que expõem matéria solar a milhares de quilômetros, pelo espaço. Os eclipses totais do Sol são o momento ideal para estudar o tamanho e a composição da corona solar, além de servir para se estimar as suas diferentes temperaturas e diferentes densidades. (RODRIGUES, 2006).

Figura 6 – Eclipse lunar total – Fotografia de um desenho original, que mostra a corona ao redor do Sol durante um eclipse solar em 22 de Janeiro de 1898, visto em Sahdol na Índia.



Fonte: www.sciencemuseum.org.uk/.
Acesso em: 6 abr. 2016

Entendemos por essas reflexões que os eclipses tem ao longo dos séculos permitido aos estudiosos e cientistas fazerem observações, que por sua vez contribuíram no passado para comprovar desde a forma geométrica da Terra à Teoria da Relatividade Geral. Atualmente, início do século XXI, as observações desses fenômenos contribuem para o avanço da ciência em relação à explicação da composição e dinâmica da Corona Solar (somente visível quando o disco brilhante do Sol ou fotosfera é completamente encoberta). Cientistas também se aproveitam da ocorrência dos Eclipses para estudar fenômenos relacionados ao clima espacial como as “flares” solares (gigantescas explosões) e a ejeção de matéria coronal, responsáveis por afetar sistemas espaciais e atividades como: telecomunicações, navegação, e o trabalho dos astronautas no espaço.

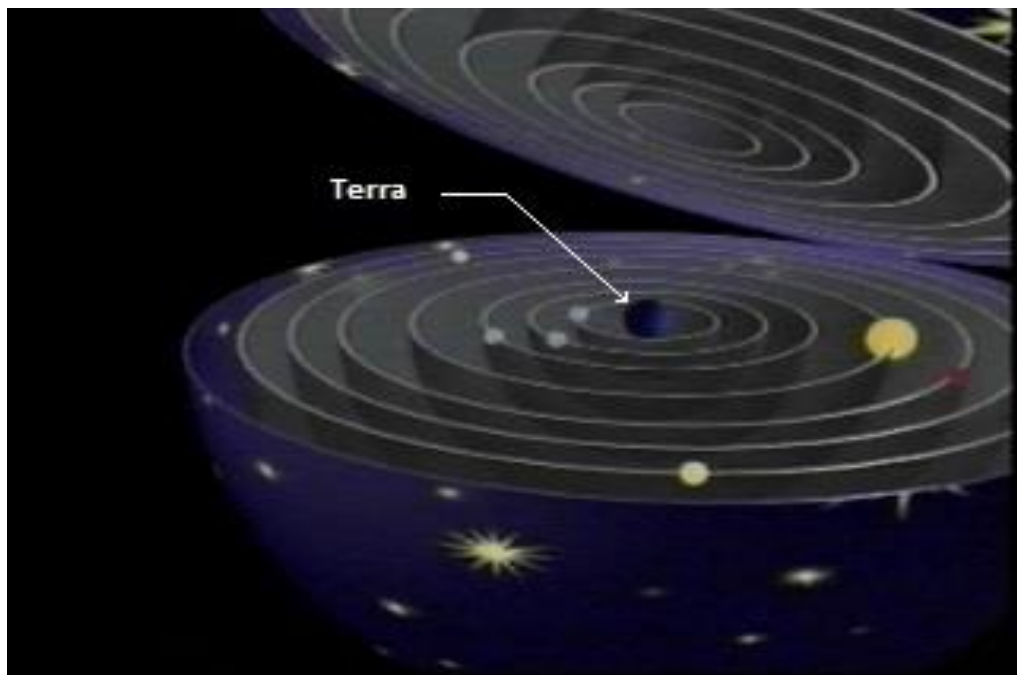
2.4 DINÂMICA DE FUNCIONAMENTO DOS ECLIPSES

Os eclipses solares e lunares são fenômenos celestes que chamaram desde cedo à atenção das pessoas, por serem um dos mais notáveis espetáculos celeste.

Esses como já apresentados vêm sendo objeto de estudos regulares ao longo das eras. A explicação para os movimentos dos astros do nosso sistema solar evoluiu, como se sabe, do modelo geocêntrico para o modelo heliocêntrico. Esta evolução surgiu da necessidade do homem de explicar os movimentos realizados pelos corpos celestes.

O modelo geocêntrico colocava a Terra no centro do universo com todos os astros realizando revoluções ao seu redor. O primeiro a propor esse modelo foi Aristóteles (séc. IV a.C.). Era à época uma tentativa de explicar os movimentos dos planetas e dos outros corpos celestes, de acordo com esse modelo de universo era esférico, finito, eterno e imutável. O Sol, a Lua e os planetas giravam em torno de uma Terra estática, descrevendo circunferências centradas na Terra, com velocidade constante. E cada planeta, assim como também o Sol e Lua estavam presos a uma esfera cristalina, transparente e suficientemente resistente para conseguir suportar o planeta. Presas à esfera exterior encontravam-se as estrelas (Figura 7). (RODRIGUES, 2006).

Figura 7 – Modelo geocêntrico de Aristóteles – O Sol, a Lua, os planetas e as estrelas giram em torno da Terra no centro do universo, presos a esferas cristalinas.



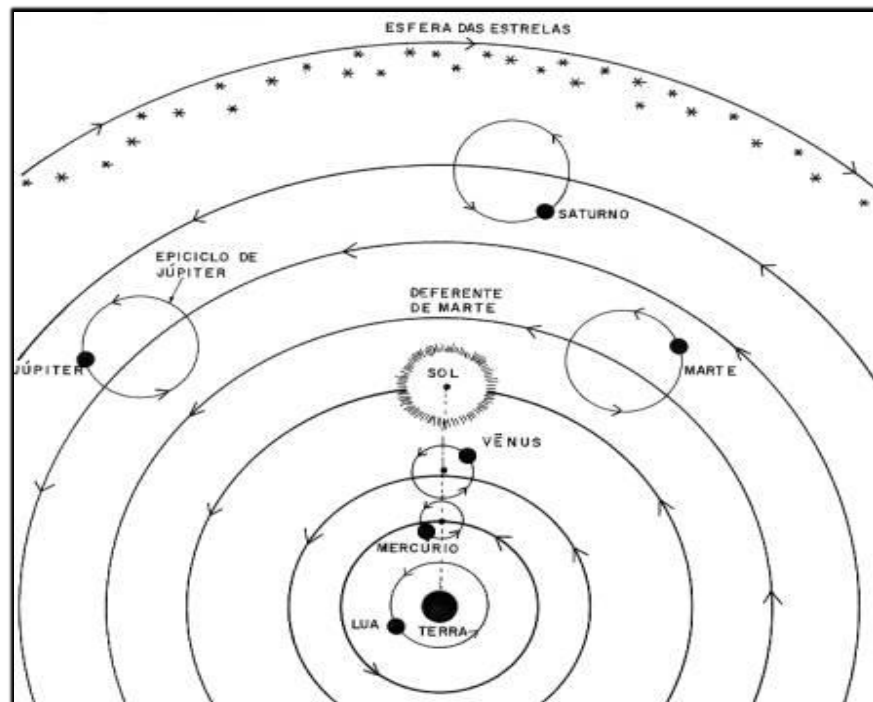
Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/p1/geocent.jpg> (imagem modificada pelo autor)
Acesso em: 8 jun. 2016

Essa explicação foi bem aceita até que se observou que o brilho dos planetas variava com o decorrer de tempo. Ptolomeu, em 150 d.C., explicou que esta variação no brilho dos planetas podia ser explicada se as distâncias dos planetas à Terra não fossem fixas, numa tentativa de adequar o modelo Aristotélico às observações, Ptolomeu propôs quatro suposições, segundo Rodrigues (2006):

As concepções de Ptolomeu relativamente à estrutura do Universo assentavam em quatro suposições: i) a Terra encontra-se no centro do Universo; ii) a Terra está imóvel; iii) todos os corpos celestes se movem em torno da Terra; iv) os corpos celestes movimentam-se com velocidade constante ao longo de pequenas circunferências (epiciclos), cujos centros se movem em circunferências maiores (deferentes), centradas na Terra. Repare-se que apesar do modelo ter mudado, continuava-se a assumir que as órbitas eram circulares. (RODRIGUES, 2006, p. 21).

Dessa forma, o sistema solar sugerido por Ptolomeu se apresentava de forma mais complexa que o proposto por Aristóteles, mas resolvia os problemas das irregularidades observadas no movimento dos planetas (Figura 8).

Figura 8 – Modelo geocêntrico de Ptolomeu – os planetas movem-se em pequenas circunferências (epiciclos), cujos centros se movem, por sua vez, em circunferências maiores (deferentes), centradas na Terra.



Fonte: <http://www.oba.org.br/cursos/astronomia/fundamentoshistastro.htm>. Acesso em: 18 abr. 2016

Como os movimentos do Sol e da Lua pareciam regulares, mesmo se observados por longos períodos de tempo, no sistema ptolomaico estes astros descreviam uma trajetória circular ao longo de sua deferente, porém sem epiciclos.

O sistema ptolomaico teve bastante êxito na época, pois explicava de forma satisfatória o que era observado. Segundo Rodrigues (2006, p. 22): “O problema surgiu quando a precisão das observações aumentou e se verificou que certas irregularidades observadas nos movimentos aparentes dos planetas não encontravam explicação no modelo ptolomaico”.

Tempos depois foram sendo introduzidos cada vez mais epiciclos ao movimento dos planetas, até que no início do século XVI o sistema ptolomaico tinha se tornado extremamente complicado, e mesmo assim, não explicava algumas observações, como por exemplo, a variação do tamanho aparente da Lua. (RODRIGUES, 2006).

No fim da primeira década do século XVI, Nicolau Copérnico apresenta em seu *Commentariolus* (Pequeno Comentário sobre as Hipóteses acerca dos Movimentos Celestes), o seu sistema astronômico e suas insatisfações com o sistema ptolomaico (MEDEIROS, 2002). Rodrigues (2006) esclarece a questão afirmando que:

Copérnico não aceitava o sistema ptolomaico porque além de o considerar extremamente deselegante, não tinha definido o centro do Universo, uma vez que cada planeta tinha um ponto equante diferente. Mas Copérnico não rejeitou todos os elementos do modelo ptolomaico. Manteve, por exemplo, a ideia de que as órbitas dos planetas eram circulares. Copérnico desenvolveu um modelo em que tudo se movia ao redor de um único centro, o centro do Universo, colocando aí o Sol. (RODRIGUES, 2006, p.23).

Segundo o modelo proposto por Copérnico, o Sol ocuparia o centro do universo com a Terra e os demais planetas girariam ao seu redor (Figura 9). De acordo com Porto (2008, p. 4): “Copérnico, no entanto, manteve, ainda sob influência do antigo modelo cosmológico, a ideia de um Universo finito, fechado por esferas, onde os planetas descreviam órbitas circulares perfeitas”.

Figura 9 – Modelo heliocêntrico de Copérnico – O Sol ocupa o centro do universo com a Terra e os demais planetas girando ao seu redor.



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfQnkAK/copernico-kepler-galileu>. Acesso em: 18 abr. 2016

A ideia de um universo infinito só surgiu mais tarde com Giordano Bruno, um fervoroso adepto da teoria heliocêntrica. Inspirado no atomismo grego de Demócrito e Leucipo, ele declarava a realidade de um universo que era infinito, homogêneo, conseqüentemente sem centro, limites ou quaisquer posições diferenciadas ou privilegiadas, conforme Porto (2008).

Embora a teoria de Copérnico simplificasse e descrevesse de forma fiel o movimento dos astros observados da Terra. Ela não foi unanimemente aceita pela comunidade científica, e principalmente pela Igreja Católica, que manteve o livro intitulado *De Revolutionibus orbium celestium* entre 1616 e 1835 no Índice dos livros banidos, livro publicado em 1543, ano da morte de Copérnico. (RODRIGUES, 2006).

Tycho Brahe (1546-1601) não aceitava inteiramente as ideias propostas por Copérnico e criou um modelo que se mantinha entre o modelo ptolomaico e o modelo copernicano, pois o mesmo não aceitava que a Terra se movesse. No modelo proposto por Tycho, a Lua, as estrelas e o Sol giravam em torno da Terra, e

os demais planetas por sua vez giravam em torno do Sol. Rodrigues (2006) ressalta que:

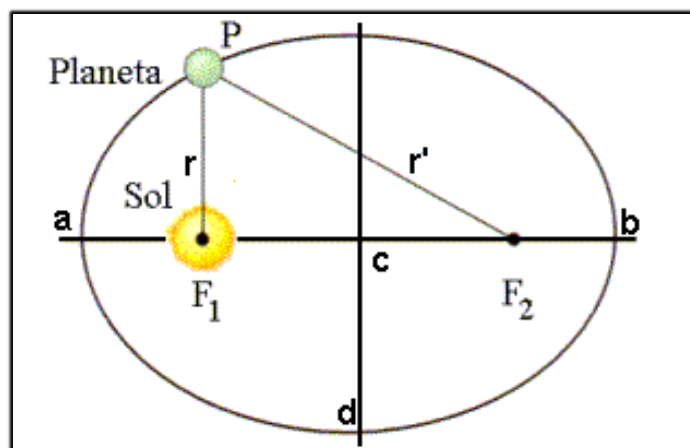
Tycho foi o primeiro astrônomo a imaginar os planetas suspensos, sem apoio, no espaço vazio, abdicando assim da ideia das esferas de cristal. Ao longo de 20 anos, Tycho realizou observações precisas de planetas e de estrelas visíveis a olho nu, sem auxílio do telescópio que ainda não tinha sido inventado. (RODRIGUES, 2006, p.24).

Kepler (1571 - 1630) ao analisar dados recolhidos por Tycho Brahe sobre a órbita do planeta Marte, constatou em 1605 que a órbita descrita pelo planeta se tratava de uma elipse e não de uma circunferência como acreditavam Copérnico e Tycho. (PORTO, 2008).

As contribuições de Kepler vão muito além desta descoberta, o mesmo formulou três leis que permitem descrever o movimento dos planetas em torno do Sol, das luas em torno dos planetas ou de qualquer outro corpo em órbita no Sistema Solar.

A primeira, **Lei das órbitas** - diz que os planetas se movimentam ao redor do Sol descrevendo órbitas elípticas (Figura 10), o mesmo ocorre com o movimento das luas em torno dos planetas, e até mesmo com o movimento dos cometas ao redor do Sol. No caso dos planetas, ele descreve sua órbita em torno do Sol, ocupando este um dos focos da elipse.

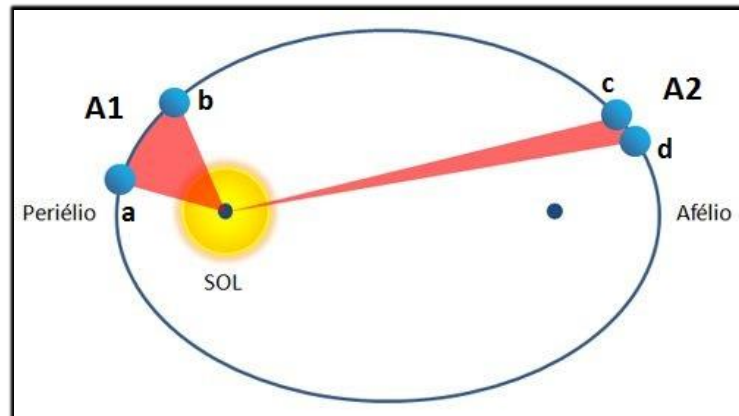
Figura 10 – Primeira lei de Kepler – De acordo com a primeira lei de Kepler, os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, o qual ocupa um dos focos (F_1 ou F_2).



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20041/Diomar/kepler.html>
Acesso em: 18 abr. 2016

A segunda lei, **Lei das áreas** - enuncia que à medida que o planeta descreve a sua órbita, o seu vetor posição em relação ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais (Figura 11).

Figura 11 – Segunda lei de Kepler – De acordo com a segunda lei de Kepler, se as áreas A1 e A2 forem iguais, o tempo que o planeta leva a ir de “a” a “b” é igual ao que leva a ir de “c” a “d”.



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=26818>
Acesso em: 28 abr. 2016

A terceira lei, **Lei harmônica** - expressa que o quadrado do período de translação de um planeta T , ou seja, intervalo de tempo necessário para que o planeta dê uma volta completa em torno do Sol é proporcional ao cubo do seu semieixo principal maior R , teremos, portanto:

$$T^2 / R^3 = k,$$

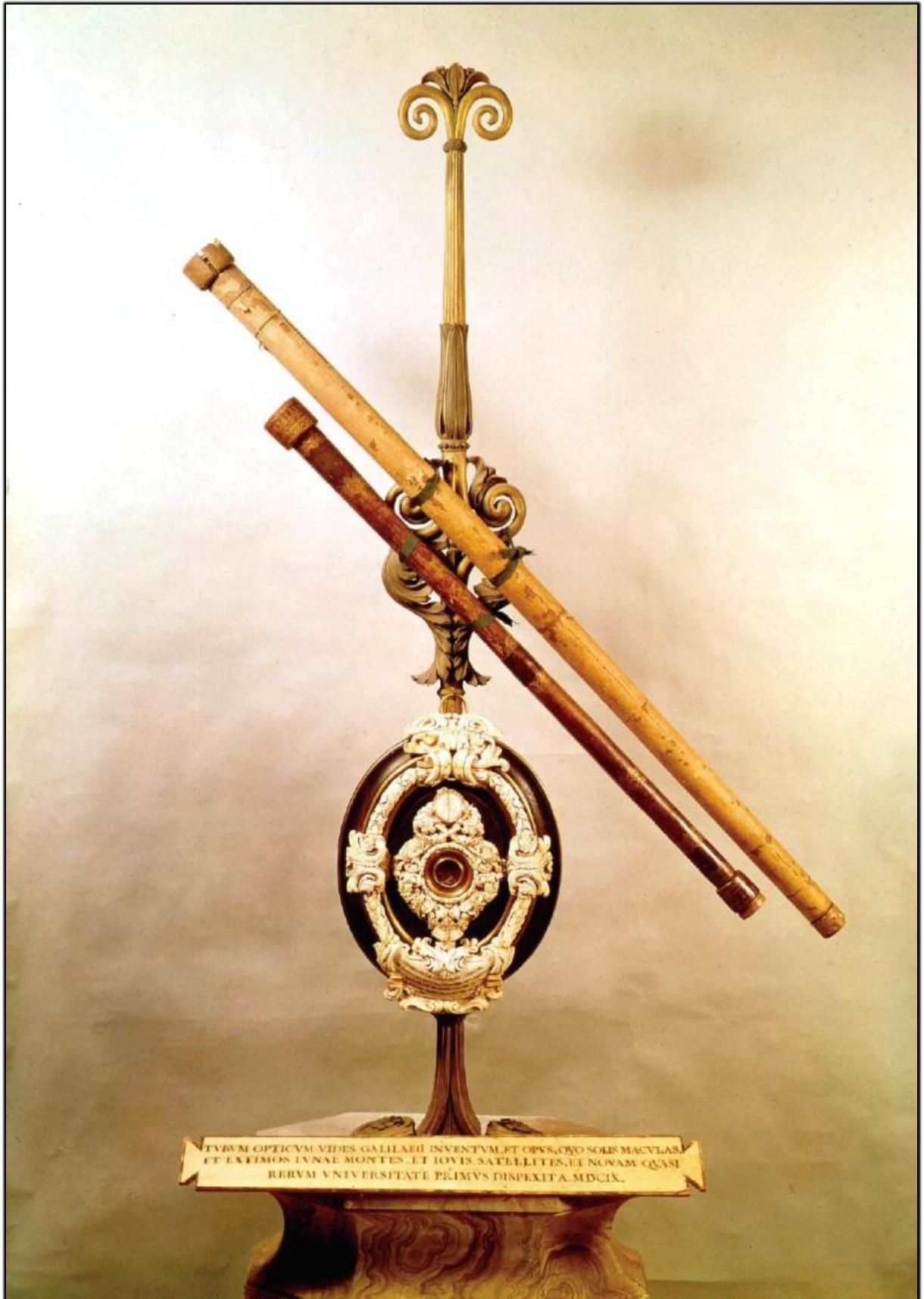
Onde k é uma constante que depende apenas da massa do corpo central em torno do qual o planeta gira.

O resultado disso é que: quanto mais afastado do Sol o planeta estiver - maior será o período que este levará para completar uma volta em torno do Sol.

A formulação das leis de Kepler abriu caminho para que mais tarde Isaac Newton (1643 – 1723) formulasse leis que mostram a natureza descrita por fórmulas matemáticas e que descrevem o movimento dos corpos. Mas, só a partir desse momento foi que se pôde ter a ideia que se sustenta até hoje acerca da formação mecânica dos eclipses. Isso porque, nesse momento, já se entendia todo o processo de formação dos eclipses e se tinha o domínio de uma estrutura lógico-

dedutiva por meio dos trabalhos de Kepler e Newton. Esses trabalhos são capazes de prever em bases científicas com exatidão a formação dos eclipses.

No próximo capítulo discorreremos sobre os instrumentos astronômicos. Partimos da compreensão de que a construção destes foi se tornando necessária à medida que os sentidos humanos não foram capazes de oferecer uma medição/visão mais acurada dos fenômenos da natureza. Em seguida, mostramos como a invenção de alguns instrumentos e como suas construções revolucionaram a ciência, tornando-se protagonista de incríveis descobertas, revolucionando o entendimento dos corpos celestes, sobretudo, dos mecanismos de formação dos eclipses. Por fim, apresentamos as descobertas mais recentes nas quais só foram possíveis com a utilização de instrumentos astronômicos de alta tecnologia demonstrando que ainda se busca descobrir algo sobre os eclipses com o uso desses.



Telescópio construído por Galileu
Fonte: <http://www.galileotelescope.org/>

3 INSTRUMENTOS ASTRONÔMICOS

Neste segundo capítulo discorreremos sobre o surgimento das ferramentas e instrumentos astronômicos. Partimos da compreensão de que a criação destes instrumentos se tornou necessária para se obter medições e registros mais precisos acerca dos fenômenos celestes, superando os limites dos sentidos humanos, sobretudo, o sentido da visão.

Este capítulo estrutura-se em 4 tópicos, no primeiro construímos uma abordagem em torno dos primeiros instrumentos astronômicos. Instrumentos esses rudimentares, mas que tiveram um importante papel nas medições e explicações dos fenômenos, como observado na seção 2.1, deste trabalho, tinham sua natureza desconhecida e a explicação de sua ocorrência era geralmente associada ao misticismo; no segundo tratamos dos instrumentos ópticos, de como o surgimento desses instrumentos revolucionou a astronomia e se tornaram os instrumentos mais populares da Astronomia; no terceiro fazemos um estudo acerca da Espectroscopia, de como essa ferramenta se tornou um dos mais valiosos instrumentos à disposição dos cientistas na investigação da natureza dos astros; por fim, no quarto tópico fazemos uma reflexão sobre a ferramenta astronômica que mais contribuiu, recentemente, para a descoberta de novos corpos celestes, estrutura das galáxias e por sinais de vida fora da Terra, a Radioastronomia.

O objetivo desse capítulo foi fazer um levantamento de estudos acerca dos instrumentos astronômicos e sua evolução ao longo dos séculos, respaldando a compreensão dos fenômenos astronômicos, sobretudo – os eclipses, que será alvo de análise no último capítulo desta monografia. Essa foi a forma encontrada para sedimentar este estudo com base na literatura que trata desses instrumentos.

3.1 PRIMEIROS INSTRUMENTOS

Para as primeiras civilizações da Ásia Oriental, Mesopotâmia, sul europeu e nordeste da África, não havia uma explicação lógica para o acontecimento dos eclipses. Esses povos não dispunham de nenhum instrumento óptico para observar

o céu, a não ser os próprios olhos, mesmo assim, obtiveram avanços fantásticos. Eles perceberam que podiam utilizar as estrelas e os demais astros para sua orientação sobre a terra e sobre os mares. Notaram também a regularidade da ocorrência de alguns fenômenos celestes, artifício usado para marcar ou medir a passagem do tempo. Essa observação deu origem aos primeiros calendários, e unidades de medida temporal (tais como dia, semana, mês e ano), essenciais para suas atividades, sobretudo as atividades agrícolas.

Com o desenvolvimento da escrita estas civilizações antigas tiveram um avanço mais significativo. Isso porque o conhecimento de uma geração era passado para outra de forma muito mais eficaz. Com isso as civilizações antigas conseguiram por meio da observação analisar o que as gerações anteriores desenvolveram, chegando a reconhecer padrões nos movimentos celestes de períodos mais longos.

Algumas dessas descobertas são citadas por Faria, *et al.*, (1982):

Determinam o período da luação (mês das fases ou mês sinódico), o período do movimento anual do Sol (ano trópico ou das estações), a inclinação (obliquidade) da trajetória anual do Sol por entre as estrelas (Eclíptica) em relação a sua trajetória diurna, e conheciam o fato de que a velocidade da Lua em seu movimento ao redor da Terra era variável. Desde a época de Sargão, o velho, os babilônicos podiam prever os elipses, particularmente os da Lua, através do conhecimento do período de Saros (período de aproximadamente 18 ano e 10/11 dias depois do qual um eclipse volta a ocorrer com as mesmas características). (FARIA, *et al.*, 1982, p. 20).

Tais descobertas mostram conhecimentos astronômicos somente possíveis de serem adquiridos através de observações efetuadas ao longo de várias gerações. Mas, mesmo assim, não deixam de ser significativas e surpreendentes, pois os povos antigos dispunham apenas dos próprios sentidos e de alguns instrumentos rudimentares, como o Gnômon, a Clepsidra e o Pólo. Segundo Faria *et al.*, (1982) o instrumento astronômico mais antigo de que se tem notícia é o Gnômon (Figura 12), ou Gnômon Vertical, de acordo com Afonso (1996):

Ele consiste de uma haste cravada verticalmente no solo, da qual se observa a sombra, projetada pelo Sol, sobre um terreno horizontal. O Gnômon foi utilizado, também, nas civilizações maiores: Egito (obeliscos), século XV a.C.; China, século XI a.C.; Grécia, século VII a.C.. (Afonso, 1996, p. 149).

Este simples bastão vertical teve no período supracitado um papel importante no desenvolvimento da Astronomia e serviu para registrar vários fenômenos celestes, principalmente os movimentos aparentes do Sol. Os primeiros relógios solares derivaram deste instrumento. Os egípcios desenvolveram o Merkheth, que era uma espécie de Gnômon feito de nervura de folha de palmeira com um talhe pequeno na parte mais larga.

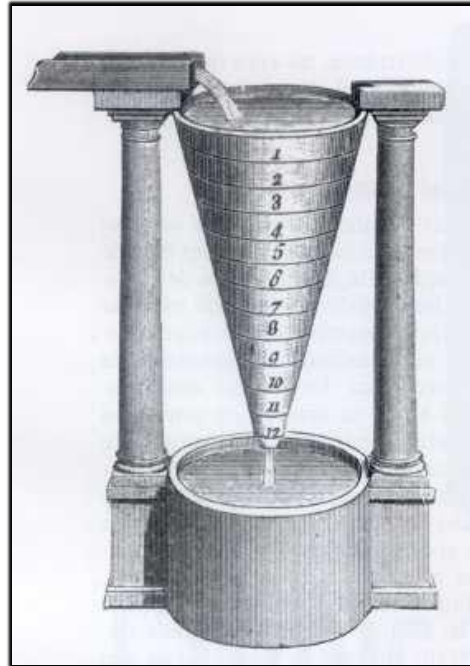
Figura 12 – Gnômon – Segundo alguns o instrumento astronômico mais antigo de que se tem notícia.



Fonte: http://www.isthmus.com.br/lojaflex/imagem/imagem_produtos/1_Gnomon-a-Moto-Continuo.jpg. Acesso em: 1 mai. 2016

A Clepsidra (Figura 13) é instrumento que foi utilizado para medir o tempo. Trata-se de um recipiente cheio de água, com um pequeno orifício no fundo por onde a água lentamente se escoava, e vai baixando seu nível gradualmente através de uma escala feita na parede do recipiente, usado para marcar o tempo. Foi utilizada na Mesopotâmia e Egito onde sofreu modificações e foi se tornando mais sofisticada ao longo do tempo, (FARIA *et al.*, 1982).

Figura 13 – Clepsidra



Fonte: <http://historiaparadormiranhell.blogspot.com.br/2012/09/maneras-de-vivir-roma-medidas-y.html>. Acesso em: 1 mai. 2016

O Pólo (Figura 14) é um instrumento que foi usado na Mesopotâmia. Trata-se de uma semiesfera cavada numa rocha, com sua concavidade voltada para cima. Em seu centro, por meio de uma haste, era fixada uma pequena esfera, cuja sombra, projetada na concavidade, permitia medidas de posição dos astros, e foi o precursor da esfera armilar, (FARIA *et al.*, 1982).

Figura 14 – Pólo astronômico



Fonte: <http://historiaparadormiranhell.blogspot.com.br/2012/09/maneras-de-vivir-roma-medidas-y.html>. Acesso em: 2 mai. 2016

Apesar de rudimentares esses instrumentos tinham um grande valor prático e foram extremamente importantes para descobertas como: as estações do ano; valores do máximo afastamento angular para o sul ou para o norte do Sol e da Lua; inclinação do movimento solar em relação ao movimento diurno das estrelas; mudanças na posição da Lua no decorrer de meses e anos (hoje se sabe, causadas pela precessão do eixo de rotação terrestre); período que os Planetas (errantes), vistos a olho nu, demoravam para retornar ao mesmo ponto no céu. (FARIA *et al.*, 1982). É importante ressaltar que esses instrumentos serviram de base e foram percussores de instrumentos mais sofisticados (relógio solar, astrolábio, quadrante).

O Relógio Solar (Figura 15) mede a passagem do tempo pela observação da posição do Sol. Na antiguidade era construído basicamente por uma haste colocada numa superfície plana, na qual a sombra da haste indicava as horas em marcações feitas na periferia dessa superfície por meio do ângulo horário do Sol. (FARIA *et al.*, 1982).

Com o desenvolvimento da trigonometria pelos matemáticos gregos as marcações que indicavam as horas passaram a ser determinadas, não mais somente através da geometria, mas também aritmeticamente. Isto permitiu, ao longo dos séculos, o desenvolvimento dos mais sofisticados relógios de Sol. (SOUZA, PESSANHA e MACHADO, 2003, p. 2403-3).

Figura 15 - Relógio solar - Dispositivo simples que serve para medir o ângulo horário do Sol por meio da sua projeção.



Fonte: <https://www.pinterest.com/mariatorres/sun-clock/>
Acesso em: 4 mai. 2016

O Astrolábio (Figura 16) é instrumento utilizado para medir a altura dos astros acima do horizonte e consiste de dois discos planos, um deles representa a Terra,

com linhas que marcam a latitude e longitude, e outro disco sendo o mapa do céu. (GURGEL, 2014).

O astrolábio se constituía de uma escala de madeira com uma escala em graus, um pino central (a alidade) com orifícios nas duas extremidades (as pínulas). Ao se fazer a alidade girar até que os raios-do-sol atravessassem os orifícios das pínulas, o número então iluminado na roda indicava a altura do sol acima do horizonte. (MARTINS, 2005, p. 56).

Figura 16 – Astrolábio



Fonte: <http://www.estudopratico.com.br/astrolabio/>
Acesso em: 6 mai. 2016

Os Quadrantes (Figura 17) eram instrumentos feitos geralmente em madeira ou latão, com escalas que davam tangentes de ângulos e linhas horárias. Um dos primeiros desses instrumentos de que se tem registro é de 3100 a.C., construído em *Newgrave* na Grã-Bretanha. Segundo Ramos (2011):

Eram instrumentos muito aproximados nos quais se lia o tempo de acordo com o movimento de uma estela no espaço ou pela longitude de uma sombra suspensa. Através dessas medidas se construíam os primeiros monumentos, no interior e no exterior dos templos, conquistadas com milênios de observações astronômicas e cronométricas. (RAMOS, 2011, p. 21).

O quadrante servia para determinar a altura dos astros, utilizado também nas navegações para se determinar a latitude onde a embarcação se encontrava.

Figura 17 – Quadrante



Fonte: <http://www.mat.uc.pt/~helios/Mestre/H21merid.htm>
Acesso em: 10 mai. 2016

3. 2 INSTRUMENTOS ÓPTICOS

A observação do céu a olho nu, sem o auxílio de instrumentos ópticos, foi sem dúvida importante para o progresso da Astronomia como ciência, e ainda hoje se constitui como um dos primeiros passos a ser dado por aqueles que têm interesse pela Astronomia. Entretanto, utilizar apenas essa maneira de observar os astros torna a observação bastante limitada, devido à limitação de nossos sentidos, particularmente do sentido da visão. Por esse motivo, em todo seu desenvolvimento, nossos antepassados sempre procuraram meios de superar as limitações impostas pelos seus sentidos. Foi assim que eles foram construindo ao longo da história instrumentos que proporcionassem uma observação mais qualitativa dos astros. (FARIA *et al.*, 1982).

Foi na busca de corrigir alguns problemas de visão e melhorá-la para enxergar a imagem de objetos distantes de forma mais eficaz que surgiram as primeiras invenções que faziam uso de combinação de lentes. Não se sabe ao certo quem construiu o primeiro instrumento óptico, mas sabemos que Galileu Galilei, foi o primeiro a utilizá-lo para observar os corpos celestes para assim começar a superar as limitações da nossa visão.

Ao tomar conhecimento em 1608, de que um holandês chamado Hans Lippershey, havia desenvolvido um instrumento que utilizava uma combinação de lentes para conseguir aproximar a imagem de objetos. Galileu pôs-se a estudar sobre o assunto, e não demorou muito a colher resultados. Foi assim que ele conseguiu chegar ao objeto que revolucionaria tanto o conhecimento. Caniato (2013) corrobora:

Logo depois que a luneta de Galileu começou a funcionar ele a apontou para o céu. Esse apontar para o céu da luneta de Galileu, naquele 1609, além da revolução, seria uma das razões para a celebrações do Ano Internacional da astronomia, quatrocentos anos depois (2009). (CANIATO, 2013, p. 46).

Fazendo uso desse instrumento Galileu fez observações da Lua, do Sol, dos planetas Vênus, Marte, Saturno, Mercúrio, Júpiter e de algumas estrelas.

Suas primeiras observações foram da Lua e através das lentes da luneta Galileu enxergou uma Lua diferente da proposta por Aristóteles. Ele via com as lentes uma Lua acidentada, cheia de crateras, montes e vales e com o decorrer dos dias a Lua foi revelando muitos outros acidentes nunca antes imaginados. Esta visão de Galileu era definitivamente diferente da Lua sendo uma esfera perfeita, incorruptível e perfeitamente lisa.

Galileu também realizou observações do Sol. Ele as fez de forma indireta por meio de projeção, ao visualizar o astro dessa forma ele se deparou com um paradigma. O Sol que segundo as convicções de Ptolomeu e adotadas pela Igreja Católica “era a imagem da pureza e do poder do Criador e deveria ser imaculado, isto é, sem manchas” (CANIATO, 2013, p. 47), apresentava manchas que se deslocavam pelo disco solar mostrando sua rotação em torno do próprio eixo em um período de aproximadamente um mês lunar.

Contemporâneos a Galileu; Thomas Harriot, Johann Fabricius e Christoph Scheiner também realizaram observações do Sol. Schreiner sustentava a ideia de que as manchas se tratavam de “satélites” do Sol e Galileu já naquela época concluiu corretamente que eram fenômenos que ocorriam na superfície do Sol.

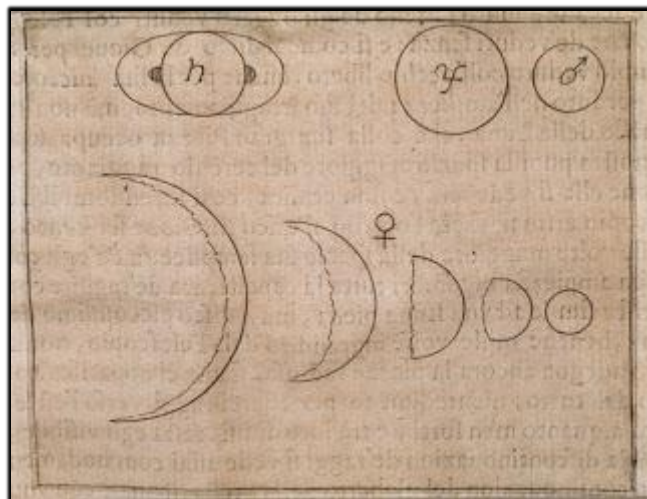
Nas observações do planeta Júpiter, Galileu percebeu que aquele ponto brilhante que se apresentava no céu visto a olho nu, mostrava-se como uma superfície, com discos e algumas raias paralelas. Descobriu também o que a

princípio pareciam ser quatro “estrelas” alinhadas ao planeta, mas ao longo de semanas de observações percebeu que elas mudavam de posição, mas, mantinham-se alinhadas a Júpiter. A essas “estrelas” chamou de astros Medíceos, em homenagem aos Médicis, família tradicional de Florença composta por nobres e líderes políticos que deram proteção a Galileu. Essas estrelas mais tarde ficaram conhecidas como luas galileanas; são os quatro maiores satélites de Júpiter.

Ao ver Saturno, Galileu não identificou os seus anéis, pensando que possuía dois corpos muito próximos, grandes e imóveis, que pareciam luas, apresentando o formato de uma azeitona (Figura 18).

O planeta Vênus, que sempre estava próximo ao Sol, às vezes, quando perto do seu ponto máximo de afastamento apresentava-se mais radiante. Mesmo assim, visto a olho nu não passava de um ponto brilhante. Ao observá-lo Galileu constatou Vênus na forma de parte de um disco luminoso, depois de algumas semanas verificou que além do brilho tinha modificado a sua forma, revelando que o planeta passa por um ciclo de fases (Figura 18), tal como a nossa Lua, caracterizando seu movimento de rotação ao redor do Sol. (CANIATO, 2013).

Figura 18 – Desenho feito por Galileu, publicado na obra *O Experimentador*, em 1623. Saturno (parte superior) e as fases de Vênus (parte inferior).



Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/publicacoes/artigos/466-galileu>. Acesso em: 3 jun. 2016

Quanto ao céu e as “estrelas fixas”, propostas pelos modelos planetários até então, Galileu ao apontar sua Luneta para constelações que já eram conhecidas por sua configuração há milênios, notou que as mesmas ainda continuavam como

pontos no céu. Mas, havia dezenas e até mesmo centenas de estrelas a mais do que as já conhecidas na configuração da constelação e que não podiam ser vistas sem o uso de instrumentos ópticos. Segundo Caniato (2013):

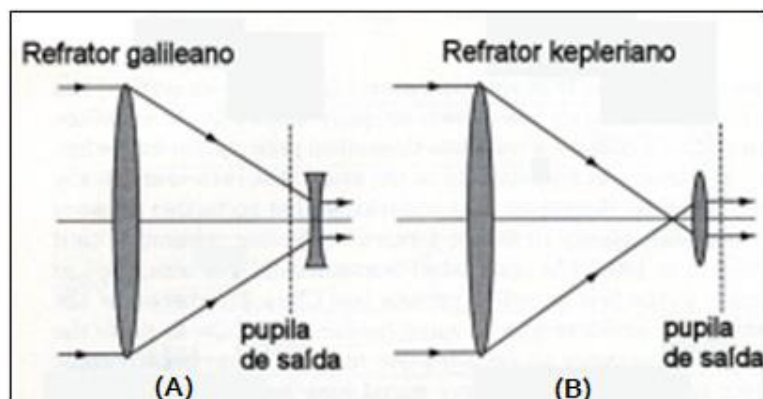
A luneta de Galileu revelou um Mundo impensável na época, para a maioria dos homens de ciência e, principalmente, para as autoridades da igreja. A reação da igreja logo se manifestou apesar dos cuidados de Galileu e o exemplo de Giordano Bruno. (CANIATO, 2013, p. 48).

3.2.1 Telescópio Refrator

Os primeiros telescópios construídos eram do tipo refrator. Esses instrumentos ópticos são compostos basicamente por lentes e também são denominados de luneta. O telescópio de Galileu era um típico refrator constituído por uma lente objetiva convergente, captando a luz dos objetos e formando a imagem no foco, em conjunto com essa primeira lente encontrava-se na ocular uma lente divergente direcionando os raios de luz ao olho do observador, essa associação de lentes amplia as dimensões da imagem de objetos distantes (Figura 19 A).

Em 1611, Johannes Kepler em seu livro *Dioptrice* sugeriu que seria melhor construir um telescópio com duas lentes convergentes, como ainda são feitos atualmente. Kepler explicou que uma lente convergente na ocular, colocada após o foco, produzia um campo maior e com maior magnificação do que uma lente divergente, porém, com uma imagem invertida (Figura 19 B). (UFRGS, 2013).

Figura 19 – Modelo dos telescópios refratores – À esquerda o modelo esquemático do telescópio refrator de Galileu, e a direita o modelo esquemático do telescópio refrator de Kepler.



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/telesc/node2.htm>.
Acesso em: 4 jun. 2016

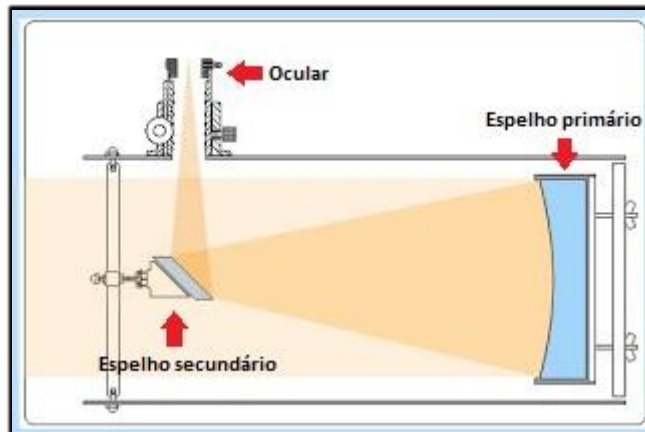
3.2.2 Telescópio Refletor

Desde a primeira vez que Galileu usou seu telescópio refrator para observar o céu, em 1609, e nas décadas que se seguiram, astrônomos de todo mundo utilizam telescópios refratores em suas observações. Assim, de acordo com Caniato, (2013, p. 59) “a primeira luneta de Galileu foi a “arma” de uma grande revolução em 1609, [...]. Logo depois, os telescópios se tornaram e são ainda as principais ferramentas da astronomia.” No entanto, os telescópios refratores apresentavam alguns problemas, sendo eles constituídos basicamente por lentes e essas mesmas apresentarem alguns inconvenientes, como: as deformações das imagens que elas produzem - esse fenômeno pode ser observado com qualquer lente de grau de óculos comuns, basta olhar através da lente e movê-la transversalmente para um lado e para o outro, para notar essas deformações. Mas, o principal problema com as lentes são as aberrações cromáticas. Essas são provocadas porque as lentes se comportam como um prisma, decompondo a luz branca em várias cores, produzindo o efeito indesejável das aberrações cromáticas.

O astrônomo escocês James Gregory (1638-1675), propôs outro tipo de telescópio em 1663, no seu livro *Optica Promota*. Teve origem assim, o telescópio refletor indicando que seria melhor substituir a lente convexa situada na objetiva do telescópio por um espelho côncavo, mas não foi o primeiro a construí-lo. (UFRGS, 2013).

Em 1668 Isaac Newton (1643-1727) construiu um telescópio refletor, que apresentava algumas modificações do projeto proposto por James Gregory. Newton desenvolveu um modelo de instrumento óptico que ficaria conhecido como telescópio newtoniano. Esse novo modelo de telescópio possui um espelho côncavo como superfície coletora da luz proveniente dos astros. Os raios luminosos provenientes dos astros penetram em um tubo no qual em seu interior está colocado um espelho côncavo (espelho primário), funcionando como a objetiva do instrumento. Os raios que chegam paralelos ao tubo refletem-se na objetiva e convergem para seu foco, mas um pouco antes do foco, são refletidos novamente por um espelho plano (espelho secundário) inclinado 45° em relação ao tubo, direcionando os raios luminosos à lente (ou conjunto de lentes), que formam a ocular (Figura 20). (FARIA *et al.*, 1982).

Figura 20 – Modelo esquemático do telescópio newtoniano.

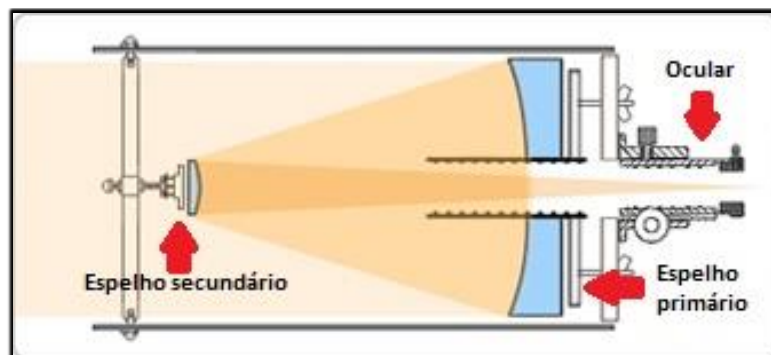


Fonte: <http://www.turminha.com/telescopia/preliminares.shtml>
(Imagem modificada pelo autor) Acesso em: 9 jun. 2016

Até hoje esse é o tipo de telescópio mais utilizado por astrônomos amadores. Esses que normalmente possuem pequenos instrumentos e também devido ao seu baixo custo e por não ser difícil sua construção.

Outro tipo de telescópio refletor muito utilizado é o Telescópio de Cassegrain, idealizado por Laurent Cassegrain (1629-1693) em 1672. Esse que propôs usar um espelho convexo secundário para convergir a luz para um buraco no centro do espelho primário. Nesse tipo de telescópio, o espelho primário que forma a objetiva, é perfurado no centro. Assim, a luz nele refletida dirige-se para um espelho secundário curvo colocado próximo ao final do tubo, sendo novamente refletida. Esta nova reflexão faz com que a luz passe a voltar em direção à objetiva só que agora convergindo para a abertura existente no centro, nesse orifício é colocada a ocular onde se faz a observação (Figura 21). (FARIA *et al.*, 1982).

Figura 21 – Modelo esquemático do telescópio de Cassegrain.



Fonte: <http://www.telescopiosastronomicos.com.br/manutencao.html>
(Imagem modificada pelo autor) Acesso em: 9 jun. 2016

Geralmente, esse tipo de montagem de telescópio é utilizado em grandes instrumentos e por astrônomos profissionais.

Depois da invenção e construção desses telescópios no século XVII o estudo da Astronomia deu um salto significativo e novos corpos celestes foram sendo descobertos à medida que os telescópios eram aperfeiçoados e notáveis físicos e construtores se destacaram na construção desses telescópios e observatórios. Mas, ainda tinham alguns pontos que não eram respondidos, e só com as observações dos astros por meio de telescópios não era possível respondê-las; de que são compostos esses astros? Qual a origem deles?

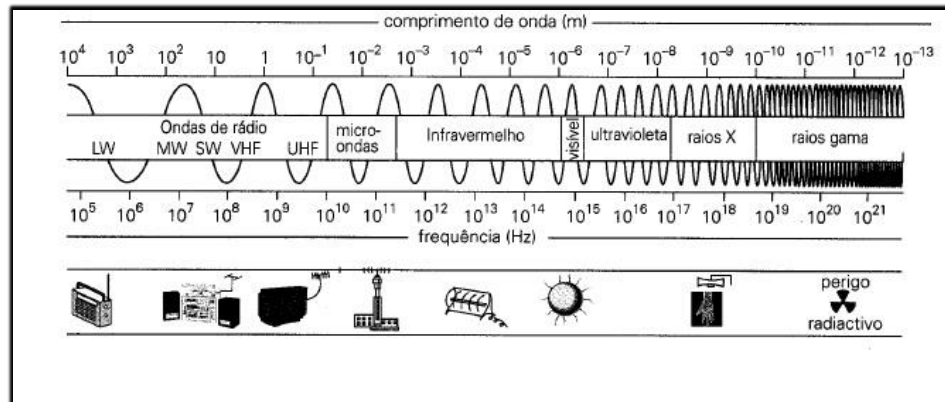
Todas essas perguntas começam a ser respondidas com a constituição de um novo ramo da ciência: a Espectroscopia.

3.3 A ESPECTROSCOPIA

O primeiro passo para a constituição desse novo ramo da Física foi dado por Isaac Newton em 1666, quando realizou um importante experimento e tornou evidente a decomposição da luz solar. Ele fez passar a luz branca por um prisma de vidro e observou que ocorria a separação em faixas ou bandas coloridas. Dessa forma, mostrou ao mundo que a luz branca do Sol era composta por uma grande mistura de cores, as cores do Arco-íris.

Em 1800, ao realizar esse mesmo experimento, o físico alemão William Herschel (1738 – 1822) teve a ideia de colocar termômetros situados nas diversas cores do espectro solar produzido por um prisma. Ele também colocou um termômetro depois do vermelho onde o espectro solar “acabava”. O resultado foi que o mesmo aquecimento produzido pelas outras cores também era registrado além do vermelho. Estava descoberta a continuação do espectro, além do vermelho, o infravermelho (Figura 22). (CANIATO, 2013).

Figura 22 – Espectro eletromagnético da Luz Solar – A faixa da Luz Visível representa apenas uma pequena parte situada ente a faixas do Infravermelho e Ultravioleta.



Fonte: <http://www.scielo.br/img/revistas/rbef/v34n2/a15fig01.jpg>
Acesso em: 20 jun. 2016

No ano seguinte após a descoberta de Herschel, o também alemão Johann Wilhelm Ritter (1776 – 1810), descobriu que do outro lado do espectro, após o violeta, numa região indiferente ao olho humano alguma coisa fazia modificações em sais de prata. Estava descoberta a continuação do espectro também do lado violeta, que posteriormente ficaria conhecida como radiação ultravioleta.

Em 1802, o físico inglês James. H. Wallaston (1766 – 1828) observou sete raias escuras ao examinar a luz do Sol sem, no entanto, conseguir explicá-las. Essa explicação só veio em 1862, com os experimentos dos alemães Gustav R. Kirchhoff e Robert Bunsen sobre a identidade entre o processo de emissão e o de absorção. “Um gás ionizado emite um espectro bem definido e que o caracteriza. Se atravessado por uma luz branca (todo o espectro) ele absorve exatamente as raias que ele é capaz de emitir”. (CANIATO, 2013, p. 93). Dessa forma, cada substância pura apresenta um seu, próprio e característico, espectro de emissão. Esse resultado é a base da análise espectral.

As raias escuras, mais tarde conhecidas como linhas de Fraunhofer identificavam os elementos presentes na camada externa do Sol: a camada inversora. Os então recentes experimentos de Young, à luz da teoria ondulatória, permitiam a medida do comprimento de onda de cada uma das cores do espectro. Nascia a análise espectral, um dos mais importantes acessórios acoplados ao foco dos telescópios. É pela análise espectral que são feitos os estudos sobre a constituição, deslocamento e temperatura das estrelas. (CANIATO, 2013, p. 94).

A espectroscopia se tornou um dos mais valiosos instrumentos à disposição dos cientistas na investigação da estrutura interna dos átomos e moléculas. O fato de se encontrar um grande número de diferentes comprimentos de onda nos espectros das substâncias permite a identificação detalhada de suas estruturas internas, incluindo a configuração eletrônica do estado fundamental, e ainda de vários estados excitados dos átomos. Foi por meio dessa ferramenta que se fez o exame espectral da luz emitida por estrelas e galáxias distantes. O resultado desse exame tornou-se o principal indício da validade da teoria de um universo em expansão proposta pelo astrônomo estadunidense Edwin Hubble (1889 – 1953). Este descobriu um relacionamento aproximadamente linear entre as distâncias (com relação à Terra) das galáxias e os deslocamentos Doppler observados nos seus espectros. (NEGRI, 2015).

3.4 A RADIOASTRONOMIA

No início dos anos 1930 a radiodifusão estava se expandindo rapidamente, o principal criador dessa tecnologia foi o italiano Guglielmo Marconi (1874 – 1937), agraciado com o prêmio Nobel de Física em 1909. Ainda que todos os fenômenos fundamentais do eletromagnetismo já fossem conhecidos e explicados por cientistas como Faraday, Maxwell, Hertz, Tesla, Romkorf, e outros, Marconi foi o primeiro a usar esses conhecimentos e criar a comunicação sem fio e à distância, o rádio.

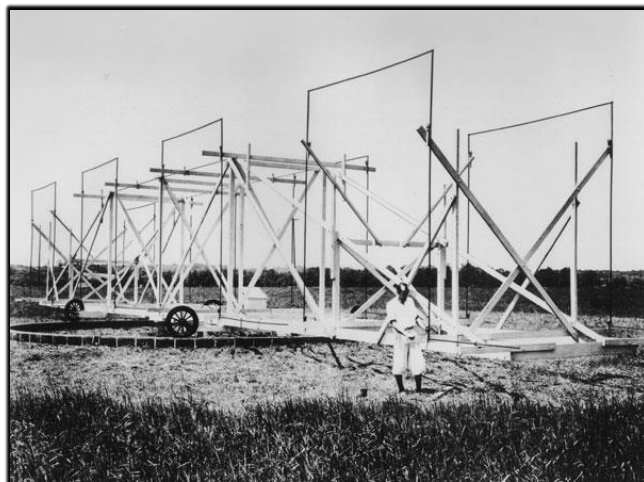
Um fato curioso sobre a criação do rádio é de que apesar da invenção desse instrumento ser atribuída a Marconi, alguns pesquisadores entre eles, Silva (2014), contestam essa afirmação e atribuem a invenção desse instrumento ao cientista e inventor brasileiro, Padre Roberto Landell de Moura. Que realizou no dia 3 de junho de 1900, no alto de Santa, cidade de São Paulo, uma experiência com aparelhos de sua invenção, na qual pessoas e jornais da época afirmam que ele conseguia falar com outra pessoa a quilômetros de distância. (FORNARI, 1984). Silva (2014, p.11) afirma, “baseado em registros históricos, podemos afirmar que a primeira transmissão da voz humana por ondas de rádio foi desenvolvida e realizada pelo Padre Roberto Landell de Moura”.

De acordo com Caniato (2013, p.104), “Marconi realizou a proeza de acender a iluminação do Cristo Redentor do Rio de Janeiro, na inauguração da estátua, em 1931, a partir de um sinal de rádio transmitido desde a Itália”.

Em dezembro de 1931, foi dado o primeiro passo para o que mais tarde ficaria conhecida como radioastronomia, com uma descoberta feita casualmente de radioemissão cósmica, por um engenheiro da *Bell Company* chamado Karl Jansky (1905 – 1950).

Na época Jansky foi incumbido de descobrir a razão de certas interferências que vinham sendo observadas nas transmissões de radiocomunicação. Para isso ele estava utilizando uma antena direcional, que possibilitava determinar a direção da fonte emissora da radiação eletromagnética, com um receptor sensível e estável, operando na frequência de 20,5 MHz (Figura 23). Jansky detectou a direção de uma forte radioemissão que coincidia com a região celeste de Sagitário (centro da via láctea). (FERNANDES, 2007).

Figura 23 – O radiotelescópio de Jansky.



Fonte: <http://lief.if.ufrgs.br/~gentil/astro1.html>
Acesso em: 22 jun. 2016

Fazendo os mesmos tipos de observações que Jansky, em 1938, o engenheiro e radioamador Grote Reber (1911 – 2002), construiu um receptor mais sofisticado que funcionava em outra frequência, ou seja, em 160 MHz. Reber descobriu que a região que continha o plano da galáxia, a Via Láctea, estava permeada por uma radiação menos intensa, distribuída por toda sua extensão. Conforme Fernandes (2007):

Reber realizou medidas da temperatura de brilho do céu em 160 MHz, apresentando os dados com os mapas de contorno que mostram as áreas mais brilhantes correspondentes à via Láctea. A parte mais brilhante encontra-se no centro da nossa galáxia. Outras fontes de rádio brilhantes, tais como Cygnus e Cassiopeia, foram reconhecidas pela primeira vez. (FERNANDES, 2007, p. 4).

Em 1942, Reber publica seus feitos em rádio dos céus em jornais de Engenharia e Astronomia. Ele revoluciona a maneira de observar os astros e torna a Astronomia de rádio o principal campo de pesquisas astronômicas depois da segunda guerra mundial. Desde então grupos de pesquisa de vários países começaram a construir antenas e receptores cada vez maiores e melhores. Para Aquino, “após os trabalhos de Reber, nascia a radioastronomia, forma de estudar os astros através da captação das ondas de rádio. A partir daí, assim como ocorre com o segmento óptico, grandes radiotelescópios foram instalados em todo o globo.” (AQUINO, 2014, p. 44).

Em 1944, Jan Oort e Van De Hulst elaboraram a teoria sobre a possibilidade de observar rádio emissões em uma faixa estreita de frequência diferente das faixas mais amplas pesquisadas por Reber. A frequência referida seria a produzida por átomos de Hidrogênio Neutro liberando um com 21 cm de comprimento de onda λ . A comprovação dessa teoria só veio a ocorrer em 1951 quando Edward M. Purcell e Harold I. Ewen detectaram o Hidrogênio Neutro ao direcionarem sua antena para o centro da Via Láctea, mais tarde outros confirmaram essa descoberta. Após isso, ficou claro que, além da luz, outras formas de energia chegavam à Terra vindas do espaço. (FERNANDES, 2007).

Com a previsão e posterior confirmação da emissão no comprimento de onda de 21 cm pelo hidrogênio neutro, [...] foi possível o primeiro mapeamento da estrutura espiral da nossa Galáxia, realizado por um grupo de observadores na Austrália (W. N. Christiansen e J. V. Hindman), em 1951 [...] (SILVA, 2010, p. 17).

Por analogia com a galáxia vizinha, Andrômeda (Figura 24), esperava-se que a Via Láctea poderia ser semelhante a ela, porém essa confirmação só veio com a observação realizada com um grande radiotelescópio. O estudo da estrutura de nossa Galáxia continua em plena atividade.

Figura 24 – Galáxia de Andrômeda – É mais próxima de Via Láctea. Localizada a cerca 2,5 milhões de anos luz de distância da Terra.



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Andromeda_Galaxy
Acesso em: 26 jun. 2016

Em 1963, no rádio-observatório de Parkes, Austrália, realizavam-se pesquisas sobre uma intensa radiofonte recém-descoberta na época. Porém, não se sabia a direção exata, àquela altura as técnicas de Radioastronomia não tinham contornado ainda - o problema de resolução. Foi utilizada a técnica de ocultações lunares, que apesar de limitada (pois nessa técnica espera-se que a Lua em seu movimento ao redor da Terra, passasse em frente a uma radiofonte, bloqueando sua radiação, como um eclipse rádio), foi bem eficiente. Sabendo a posição da Lua no momento do bloqueio, foi possível identificar a posição exata da radiofonte, fazendo uso desse método os astrônomos australianos localizaram a radiofonte catalogada como 3C 273. Com sua localização definida os astrônomos apontaram seu telescópio óptico para ela e descobriram que a radiofonte 3C 273, até então catalogada como uma estrela de brilho azulado fazendo parte da Via Láctea, era na verdade um objeto muito distante, a mais de um bilhão de anos luz da Terra. Assim, muito além da Via Láctea, que possuía uma energia extremamente alta, diferentes de qualquer coisa que havia sido observada até aquele momento (1963). Por terem sido inicialmente confundidos com estrelas, os objetos semelhantes à radiofonte 3C 273 foram chamados de quase-estelar, termo que foi abreviado para Quasares. Atualmente, a

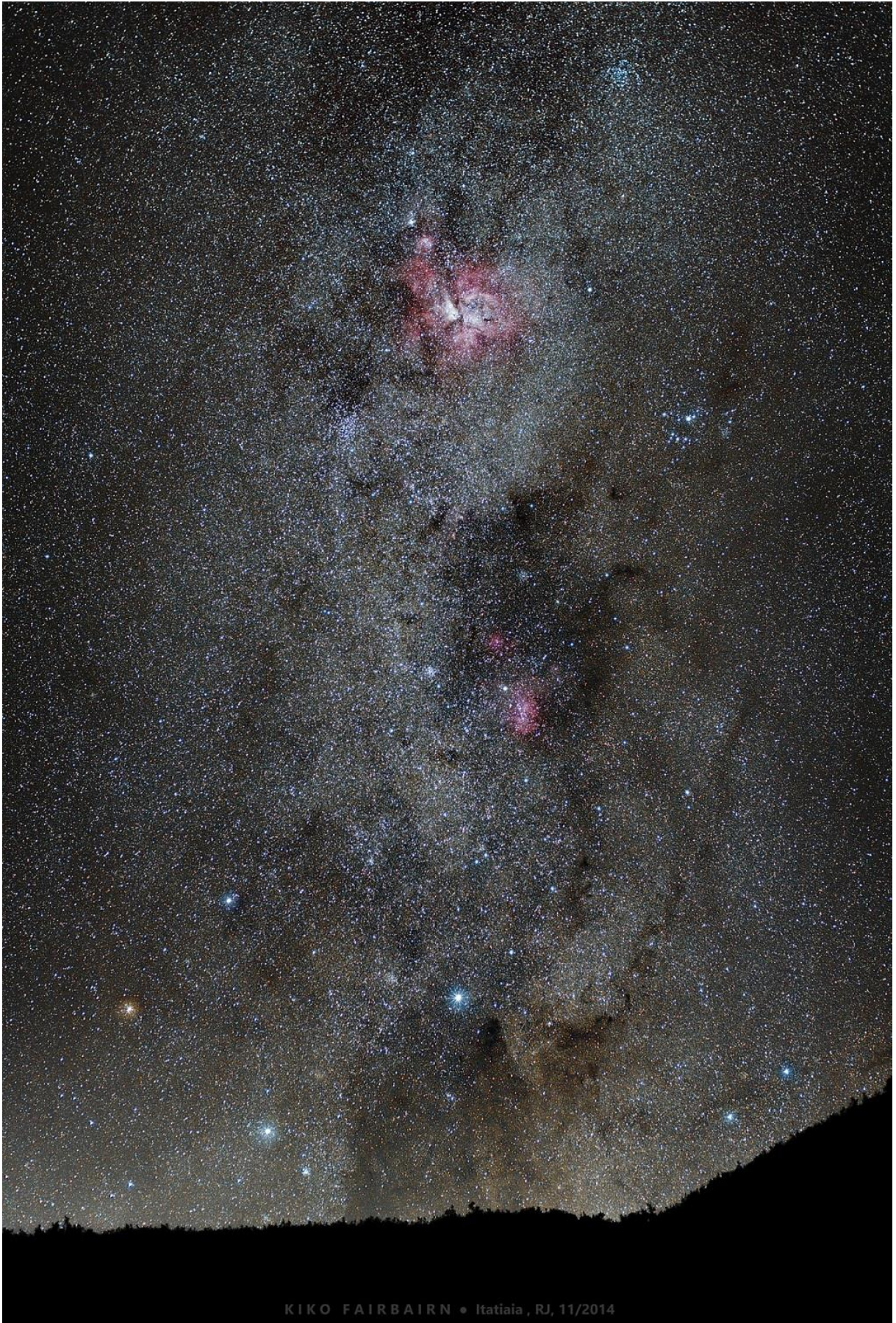
maior parte da comunidade astronômica, entende os Quasares como galáxias com núcleos extremamente ativos. (SILVA, 2010).

Em 1965, os também engenheiros da *Bell Company*, Arno Penzias e Robert Wilson, assim como, Karl Jansky estavam realizando pesquisas de telecomunicações com um delicado receptor radiômetro em micro-ondas, e descobriram uma radiação que permeava todo o céu. Essa radiação se fazia perceber por um fraco ruído de fundo que permanecia imutável em intensidade, qualquer que fosse a direção da antena. De acordo com Fernandes (2007, p. 5) “Essa radiação de fundo, com um máximo de intensidade no comprimento de onda de 1,1 mm, tinha a mesma distribuição em comprimento de onda que a radiação de uma cavidade na temperatura de 2,7 K”, a cavidade no caso, o próprio universo. A descoberta desta radiação conhecida hoje como Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas (RCFM) gerada no universo primitivo foi a principal responsável pela aceitação quase universal da teoria do *Big Bang*. Por essa descoberta Penzias e Wilson foram agraciados com o prêmio Nobel de Física em 1978. Grande parte dos estudos da Radioastronomia ainda se dedicam a origem e evolução do Universo, com técnicas cada vez mais eficientes e aprimoradas.

Em 1967, uma equipe liderada pelo radioastrônomo Antony Hewish, em *Cambridge*, utilizava um radiotelescópio que se parecia com uma coleção de postes enfileirados. Essa foi responsável pela descoberta de um novo tipo de corpo celeste. Sua equipe captou pulsos bastante regulares na direção da constelação de Touro. Segundo Fernandes (2007), inicialmente suspeitou-se que as emissões eram provenientes de uma civilização alienígena, porém, essa hipótese foi rapidamente descartada e substituída pela de que se tratavam de emissões de elétrons extremamente rápidos, descrevendo trajetórias espirais entre linhas de campo magnético de pequenas estrelas surpreendentemente densas que rotacionam rapidamente em torno de si, os Pulsares.

Assim, se desenvolveu a Radioastronomia e se estabeleceu rapidamente como um dos principais meios de estudo da Astronomia. Países ou organizações de países de todo mundo seguem investindo em melhores equipamentos e em técnicas mais eficientes de observação, pois seu estudo se mostrou essencial para descobertas de novos corpos celestes, descobertas das estruturas das galáxias (inclusive a nossa), radiação cósmica de fundo entre outros.

Atualmente, início do século XXI, os estudos da Radioastronomia dedicam-se a entender melhor a radiação cósmica de fundo, no comportamento das galáxias e na busca por sinais de vida inteligente fora da Terra.



KIKO FAIRBAIRN • Itatiaia, RJ, 11/2014

Cruzeiro do Sul

Crédito de imagem e direitos autorais: Carlos Fairbairn

4 APLICANDO O CONHECIMENTO PRODUZIDO SOBRE ECLIPSES

Neste terceiro capítulo discorreremos sobre a aplicação da pesquisa realizada acerca dos eclipses. Esta aplicação foi realizada por meio de uma pesquisa empírica com alunos do Ensino Médio utilizando recursos didáticos diferentes.

Este capítulo estrutura-se em um tópico, com cinco subtópicos, o primeiro constitui-se da elaboração, objetivos, aplicação e análise do questionário pré-aula. Este questionário busca a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os eclipses; o segundo consiste na elaboração e aplicação de aulas aplicadas em duas turmas do Ensino Médio, porém executadas com recursos didáticos diferentes no intuito de realizar um estudo comparativo entre os mesmos; o terceiro mostra a elaboração, os objetivos, a aplicação e análise do questionário pós-aula; no quarto subtópico fazemos a avaliação das atividades pelos sujeitos participantes, realizada por meio de um questionário, buscando avaliar o grau de satisfação dos alunos; por fim, no quinto subtópico fazemos uma discussão dos resultados obtidos por meio dos questionários.

O objetivo desse capítulo foi aplicar os conhecimentos produzidos nos capítulos anteriores, além de elaborar e aplicar questionários sobre o tema “os eclipses” como metodologia de avaliação de táticas de ensino, utilizando recursos didáticos como *slides* e GIF's e uma das turmas e outra sem o uso desses. Pretendemos, com isso, realizar um estudo comparativo entre as táticas de ensino utilizadas visando contribuir com o ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio.

4.1 APLICAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa foi realizada na Escola Estadual Prefeito João Ataíde de Melo, Tangará/RN. Nas duas turmas regulares do 1º Ano do Ensino Médio do turno matutino. Ambas as turmas foram submetidas a uma pesquisa dividida em três etapas:

- a) Primeira atividade: Questionário pré-aula;

- b) Segunda atividade: Aula sobre os Eclipses;
- c) Terceira atividade: Questionário pós-aula.

4.1.1 Primeira atividade: Questionário pré-aula

Nesta etapa foi aplicado o questionário pré-aula (Figura 25), composto este por 6 perguntas, 1 pergunta fechada, 2 de escolha múltipla e 3 perguntas abertas. A pergunta fechada é relacionada à vivência do aluno quanto à observação de eclipses, as duas de escolha múltipla questionam sobre a formação dos Eclipses. Já nas descritivas, a primeira indaga sobre o entendimento dos alunos sobre o que é um Eclipse, e as outras duas questionam sobre a formação dos eclipses solares e lunares. A problematização foi feita com base nas respostas desse primeiro questionário.

A aplicação do questionário pré-aula tem como objetivo a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto e também servirá como objeto de comparação com os dados do questionário pós-aula.

Durante a elaboração dos questionários atentamos sobre a observância de normas precisas, a fim de aumentar sua eficácia e validade de organização, levando em conta os tipos, a ordem, os grupos de perguntas e a formulação das mesmas, conforme Marconi (2010).

4.1.1.1 Questionário pré-aula: Aplicação

A aplicação do questionário pré-aula ocorreu em ambas às turmas no dia 08 de junho de 2016. Na primeira turma, do 1º Ano “A”, participaram desta primeira atividade 29 alunos, com idades entre 13 e 16 anos. A atividade teve início às 9 horas e 45 minutos no quarto horário, logo após o intervalo para refeição dos alunos. Comumente os alunos são liberados nesse horário, pois estes correspondem às aulas que seriam da disciplina Física, porém a escola não dispõe de professores de Física formado na área, e apenas as turmas concluintes do Ensino Médio têm aulas

de Física, mas estas são lecionadas por professores formados em outras áreas. Os alunos não demonstraram nenhuma resistência para responder o questionário.

Na segunda turma, do 1º Ano “B”, participaram desta primeira atividade 24 alunos, com idades entre 14 e 17 anos. A atividade teve início às 10 horas e 30 minutos no quinto horário e último de aula. Normalmente, os alunos são liberados nesse horário, pois este corresponde a uma aula que seria da disciplina Física, porém como já foi citado, a escola não dispõe de professores de Física para as turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Os alunos não demonstraram nenhuma resistência para responderem o questionário.

Figura 25 – Perguntas presentes no questionário pré-prova.



01 – Você já observou algum eclipse?
Sim () Não ()



02 – O que é um eclipse?

03 – Como se forma um eclipse lunar?



04 – Como se forma um eclipse solar?



05 – Marque qual a configuração correta para o acontecimento de um eclipse lunar?

A)  B) 

C)  D) 

06 – Marque qual a configuração correta para o acontecimento de um eclipse solar?

A)  B) 

C)  D) 

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

4.1.1.2 Análise do questionário pré-aula

Para a análise desse trabalho as respostas colhidas foram classificadas em quatro categorias: **correta**, **parcialmente correta**, **incorreta** e **não respondeu**. Foram consideradas como **corretas** as respostas que apresentavam coerência da justificativa com conceitos cientificamente aceitos. Foram consideradas **parcialmente corretas** as respostas que contém conceitos cientificamente aceitos, porém justificativas incompletas para o fenômeno em questão. Foram consideradas **incorretas** as respostas incoerentes com o contexto. Na categoria **não respondeu** enquadram-se as perguntas deixadas em branco pelo sujeito/aluno.

Para análise relativa ao desempenho dos alunos nas avaliações, realizamos um tratamento estatístico para compararmos a porcentagem média dos acertos das questões entre as diferentes turmas. Para nos certificarmos se as diferenças de desempenho eram significativas.

A primeira questão investiga se o entrevistado já observou algum eclipse, essa resposta será importante para compararmos o número de acertos nas demais questões, para assim, analisarmos se essa vivência influenciou de alguma forma o entendimento deste fenômeno.

Tabela 1: Resultado do Questionário/Pré-aula para a questão sobre a vivência dos alunos quanto à observação de eclipses

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Nº de Alunos	29	-	24	-
Responderam (Sim)	17	(58,6%)	16	(66,7%)
Responderam (Não)	12	(41,4%)	8	(33,3%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Em ambas as turmas a maioria dos alunos já observou algum tipo de eclipse (Tabela 1). Ao final da análise do pré-aula faremos um estudo comparativo entre as respostas dos alunos que já observaram algum eclipse e entre os que nunca o fizeram.

A segunda questão indaga o que é um eclipse, é importante destacarmos que apenas um aluno entre as duas turmas respondeu corretamente essa questão (Tabela 2).

Tabela 2: Resultado do Questionário/Pré-aula para a segunda questão: O que é um eclipse?

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	0	(0%)	1	(4,17%)
Parcialmente Corretas	12	(41,38%)	12	(50%)
Incorretas	14	(48,28%)	11	(45,83%)
Não Respondeu	3	(10,34%)	0	(0%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

O aluno que respondeu corretamente pertence à turma "B", a resposta dada pelo aluno foi a seguinte: "Eclipse é um fenômeno que acontece com o sol e com lua, eclipse solar acontece quando a lua fica na frente do sol e acontece na lua nova, eclipse solar quando a sombra da terra atinge a lua, acontece na lua cheia e ela muda de cor".

Nas respostas classificadas como parcialmente corretas a turma "B" também obteve um desempenho superior chegando a 50% das respostas que se enquadravam nessa categoria, enquanto que a turma "A" obteve 41,38% das respostas classificadas dessa maneira. Destacamos que apesar de o número de acertos parciais para essa questão serem iguais para as duas turmas, o rendimento, que é baseado na porcentagem de acertos é diferente, isso ocorre porque a quantidade total de alunos das turmas é diferente. Foram consideradas parcialmente corretas respostas como: "Eclipse é um fenômeno celeste que acontece com Sol e com a Lua", apesar de uma resposta como essa conter conceitos cientificamente aceitos, não possui uma descrição necessária para o fenômeno em questão.

De acordo com o Dicionário Inglês Oxford (1969), eclipse como substantivo significa:

Uma intercepção ou obscurecimento da luz do Sol, da Lua e de outros corpos luminosos, pela intervenção de algum outro corpo celeste, tanto entre este e o olho, ou entre o astro luminoso e o astro iluminado por aquele; como da Lua, atravessando a sombra da Terra; do sol, pela Lua

vindo entre ele e o observador; ou de um satélite, entrando na sombra desse anterior. (OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1969).

A terceira questão é uma pergunta aberta que indaga como se forma um eclipse lunar, em comparação com a questão anterior obtivemos uma queda considerável na porcentagem de acertos e acertos parciais (Tabela 3).

Tabela 3: Resultado do Questionário/Pré-aula para a terceira questão: Como se forma um eclipse lunar?

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	0	(0%)	0	(0%)
Parcialmente Corretas	4	(13,79%)	7	(29,16%)
Incorretas	22	(75,86%)	17	(70,84%)
Não Respondeu	3	(10,35%)	0	(0%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Nenhum aluno respondeu corretamente a essa questão, e entre os que responderam de forma parcialmente correta os alunos da turma "B" obtiveram uma porcentagem maior 29,16%, enquanto os alunos da turma "A" obtiveram 13,79% de acertos parciais. Foram consideradas parcialmente corretas respostas como: "Eclipse lunar acontece com a lua, terra e o sol se alinhando". De acordo com Reis, Garcia e Baldessar, (2012), uma resposta correta para essa pergunta seria:

Um eclipse lunar ocorre quando nosso planeta projeta sua sombra na Lua, ocultando-a parcial ou totalmente. O evento pode ser observado em um hemisfério inteiro da Terra, e a Lua assume uma coloração avermelhada. Se a Lua inteira for coberta pela umbra, ocorrerá um eclipse total. Se somente parte da Lua atravessa a umbra, o resultado é um eclipse parcial. Um eclipse lunar parcial pode ser difícil de detectar porque o brilho da Lua diminui de forma pouco intensa. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012, p. 96).

A quarta pergunta também é uma pergunta aberta que questiona como se forma um eclipse solar.

Tabela 4: Resultado do Questionário/Pré-aula para a quarta questão: Como se forma um eclipse solar?

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	0	(0%)	0	(0%)
Parcialmente Corretas	9	(31,04%)	10	(41,67%)
Incorretas	16	(55,17%)	14	(58,33%)
Não Respondeu	4	(13,79%)	0	(0%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Como podemos ver na Tabela 4, em nenhuma das turmas se obteve uma resposta correta para essa pergunta, e entre os que responderam de forma parcialmente correta os alunos da turma "B" tiveram um índice de 41,67% e os da turma "A" 31,04%. Foram consideradas parcialmente corretas respostas como: "Eclipse solar é quando a lua nova fica na frente do sol". Nesta resposta vemos alguns elementos relacionados à formação de um eclipse solar, mas não uma descrição completa do fenômeno. Para que essa resposta fosse considerada como correta ela deveria ter uma descrição mais científica do assunto como, por exemplo: Um eclipse solar se forma quando uma parte da Terra ou toda ela entra em qualquer parte da sombra da Lua, essa configuração somente pode ocorrer durante a lua nova, quando o Sol, a Lua e a Terra se encontram alinhados, com a Lua no meio. Curiosamente devido ao fato de a órbita da Lua ser inclinada 5 graus em relação ao plano orbital da Terra, a *eclíptica*, isso não acontece a cada lua nova. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012).

A quinta questão é um teste de múltipla escolha, que contém as figuras do Sol, da Lua e da Terra e questiona qual deve ser a ordem correta desses astros para que possibilite a ocorrência de um eclipse lunar.

Tabela 5: Resultado do Questionário/Pré-aula para a quinta questão solicita a demonstração de como se configura corretamente um acontecimento de um eclipse lunar?

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Correta	3	(10,34%)	1	(4,17%)
Incorreta	26	(89,66%)	23	(95,83%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Para essa pergunta a turma “A” obteve um desempenho superior chegando a 10,34% das respostas corretas, enquanto que a turma “B” obteve um índice de 4,17% das respostas corretas (Tabela 5). A grande maioria dos alunos errou essa questão, demonstrando não conhecer as dimensões e propriedades dos astros em questão, e ainda sete alunos da turma “A” e oito da turma “B” confundiram ordem correta dos astros necessária para acontecer um eclipse lunar com a ordem necessária para acontecer um eclipse solar.

O eclipse lunar acontece de acordo com a figura representada na alternativa (C), com o alinhamento do Sol, da Terra e da Lua, essa configuração somente pode ocorrer durante a lua cheia, dessa forma a luz do Sol projeta a sombra da Terra sobre a Lua. Este evento pode ser observado de um hemisfério inteiro da Terra, com a Lua assumindo uma coloração avermelhada. Se a superfície inteira da Lua for coberta pela umbra, ocorrerá um eclipse total. Se somente uma parte da superfície da Lua for coberta ocorrerá um eclipse parcial. E se a superfície da Lua passar apenas pela penumbra da sombra da Terra ocorrerá um eclipse penumbral, quase imperceptível a olho nu. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012).

A sexta questão é uma pergunta de escolha múltipla, e assim como a quinta questão, contém as figuras do Sol, da Lua e da Terra e questiona qual deve ser a ordem correta desses astros que possibilite a ocorrência de um eclipse solar.

Tabela 6: Resultado do Questionário/Pré-aula para a sexta questão solicita a demonstração de como se configura corretamente um acontecimento de um eclipse solar?

	Turma “A”		Turma “B”	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Correta	4	(13,79%)	8	(33,33%)
Incorreta	23	(79,31%)	16	(66,67%)
Não Respondeu	2	(6,9%)	0	(0%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Para essa pergunta obtivemos a porcentagem de 33,33% das respostas corretas para a turma “B” e 13,79% para turma “A”. Apesar de ser uma questão muito parecida com a sua antecessora o índice de respostas corretas foi bem mais alto (Tabela 6).

O eclipse solar acontece de acordo com a figura representada na alternativa (C), com o alinhamento da Terra, da Lua e do Sol, ressaltando que o acontecimento de um eclipse solar não é tão frequente, pois somente acontece quando a lua nova localiza-se em dois pontos específicos, nos nodos orbitais. Durante o restante do tempo, a Lua se encontra acima ou abaixo do plano orbital da Terra. Uma curiosidade a respeito do eclipse solar é que o termo eclipse não é o mais apropriado para esse fenômeno, pois quando a lua nova passa na frente ao Sol, o que ocorre é uma ocultação, e conforme visto da Terra, a Lua também projeta uma pequena sombra sobre o planeta. Uma “ocultação” do Sol constitui, assim, também, um “eclipse” parcial da Terra. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012).

Tabela 7: Comparação do desempenho dos sujeitos participantes do Questionário/Pré-aula.

Já observaram a um eclipse:		Turma “A”		Turma “B”	
		Sim	Não	Sim	Não
Questão 02	Correto	0%	0%	6,25%	0%
	P. correto	47%	33%	56,25%	37,5%
Questão 03	Correto	0%	0%	0%	0%
	P. correto	11,75%	16,7%	18,75%	50%
Questão 04	Correto	0%	0%	0%	0%
	P. correto	41,2%	16,6%	37,5%	50%
Questão 05	Correto	17,6%	0%	0%	12,5%
Questão 06	Correto	17,6%	8,3%	31,25%	37,5%

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Ao analisarmos todas as repostas do questionário pré-aula para a turma “A” como consta na tabela 7, constatamos que a porcentagem de repostas corretas ou parcialmente corretas foi bastante superior para aqueles sujeitos que já haviam observado algum tipo de eclipse, isso só não aconteceu na questão 03, “Como se forma um eclipse lunar?”, onde os que nunca observaram a um eclipse obtiveram 16,7% das repostas parcialmente corretas, enquanto os já observaram a um eclipse obtiveram 11,75% das repostas classificadas como parcialmente corretas.

Entretanto, ao analisarmos essas mesmas respostas do questionário pré-aula da turma “B” (Tabela 7), constatamos o inverso do que aconteceu para a turma “A”. Para a turma “B” a porcentagem de respostas corretas ou parcialmente corretas foi bastante superior para aqueles sujeitos que nunca observaram algum tipo de eclipse, exceto na questão 02, “O que é um eclipse?”, onde os alunos que já presenciaram a algum eclipse obtiveram um índice superior tanto de respostas corretas como de respostas parcialmente corretas, respectivamente 6,25% contra 0% nas respostas corretas e 56,25% contra 37,5% nas parcialmente corretas.

Portanto, de acordo com a divergência obtida nos resultados da comparação de acertos entre os sujeitos que já observaram a um eclipse e os que nunca o fizeram, não se constata nenhum desempenho superior (ou inferior) para ambos os sujeitos, dessa forma, não podemos concluir que essa vivência influenciou de alguma forma o entendimento sobre os eclipses.

4.1.2 Segunda atividade: Aula sobre os Eclipses

Esta etapa consistiu na aplicação de duas aulas executadas de maneira diferentes, aplicadas nas duas turmas supracitadas com o intuito de observar se a utilização de *slides* em uma aula, e a outra sem o uso desses, apresentam resultados satisfatórios em prol de um melhor aprendizado. Fez-se necessário o uso de um estudo comparativo. Deste modo, para a obtenção de dados necessitou-se de uma separação dos alunos participantes. Assim, uma das turmas teve aula com o recurso e outra sem uso deste, no entanto os materiais utilizados para a construção da aula foram os mesmos, de modo a garantir que as duas turmas tivessem a mesma fundamentação teórica sobre o estudo dos Eclipses. Para esta etapa foi destinada uma aula de cinquenta minutos para cada turma.

Deste modo, ambas as turmas tiveram sua respectiva aula ministrada no dia 15 de junho de 2016. A primeira (turma “A”) utilizando-se de *slides* com desenhos computacionais e imagens animadas, conhecidas como Gif’s (*Graphics Interchange Format*), estas simulavam os movimentos dos astros Terra, Sol e Lua, e a visão que nós temos desses fenômenos quando vistos da Terra a olho nu (Figura 26). A segunda (turma “B”) teve por sua vez uma aula expositiva e dialogada de modo

tradicional, fazendo-se uso apenas do quadro branco e pincel, os movimentos dos astros e a perspectiva que nós temos desses fenômenos quando vistos da Terra foram demonstrados nessa aula por ilustrações e esquemas feitos no quadro (Figura 27).

Durante a apresentação, os alunos de ambas as turmas se mostraram motivados com o tema abordado na aula. Contudo, os alunos da turma “A” (que tiveram a aula com o uso de tecnologias) mostraram uma motivação a mais, interagindo durante as explicações, relatando vivências de visualização do fenômeno, fazendo questionamentos e apresentando seu entendimento, contribuindo, assim, para uma dinâmica construtiva entre professor e alunos.

Por sua vez, os alunos da turma “B” (que tiveram a aula de forma tradicional) também se mostraram motivados em sua grande maioria, fazendo durante toda a aula questionamentos e apontamentos relativos ao tema abordado interagindo durante as explicações.

Em ambas as turmas houve o interesse em saber quando outros Eclipses ocorreriam e poderiam ser vistos do Brasil.

Figura 26 – Plano de aula da turma “A”.

PLANO DE AULA		
I – Tema da aula: Os eclipses.		
II- Objetivo		
II.1 Objetivo geral;		
<ul style="list-style-type: none"> Explicar o que é um eclipse e apresentar quais os tipos de eclipses lunar e solar, buscando a compreensão dos conceitos de formação dos eclipses, apresentando quais as condições necessárias para que eles ocorram. 		
II.2– Objetivos específicos;		
<ul style="list-style-type: none"> Que os alunos tenham uma noção de como o conceito de eclipses evoluiu ao longo dos séculos. Buscar uma melhor compreensão do que são os eclipses, e como cada um dos tipos de eclipse se forma. Buscar o entendimento do que são umbra e penumbra. Que os alunos saibam relacionar as fases da lua à formação dos eclipses. Que os alunos saibam as condições necessárias para a formação dos eclipses. Exemplificar as características visuais dos tipos de eclipse solar e lunar quando vistos da Terra. 		
III–Esquema de conteúdos;		
<ul style="list-style-type: none"> O que são eclipses, e os tipos de eclipses solar e lunar. Evolução histórica do conceito de eclipse ao longo dos séculos. Movimentos dos astros Sol, Terra e lua. Fases da Lua e a formação dos eclipses. Formação de umbra e penumbra e a formação dos eclipses. Aparência e caracterizas dos eclipses. 		
IV – Conhecimentos Prévios;		
<ul style="list-style-type: none"> Noções de funcionamento do nosso sistema solar. Noções de propagação retilínea da luz. 		
V- Metodologia da Aula;		
<ul style="list-style-type: none"> Aula expositiva dialogada. 		
VI – Procedimentos Metodológicos;		
<ul style="list-style-type: none"> A aula será do tipo expositiva dialogada, estando amparada no seguinte cronograma: 		
Momento	Atividade	Função
01	Explicar a evolução histórica do conceito de eclipse ao longo dos séculos.	Construir um entendimento histórico e filosófico do assunto.
02	Explicar o que é um eclipse e apresentar quais os tipos de eclipses lunar e solar.	Buscar a compreensão do que são os eclipses, e quais as características de cada um dos tipos eclipse.
03	Apresentar a dinâmica de formação dos eclipses, e suas características visuais a partir de figuras e GIF's expostos por projeção no quadro.	Construir um entendimento científico do assunto e uma ligação entre a parte visual e as características fenômeno.
04	Aplicação de questionário avaliativo.	Analisar o desempenho e aprendizagens dos alunos.
VII – Recursos utilizados;		
<ul style="list-style-type: none"> Projektor multimidia, notebook, pincel e quadro branco. 		
VIII – Tempo Previsto;		
<ul style="list-style-type: none"> 50 minutos. 		
IX- Avaliação da aprendizagem		
<ul style="list-style-type: none"> Avaliação por meio de um questionário avaliativo. 		
XI – Referências.		
<ul style="list-style-type: none"> CALCADA, Caio Sergio; SAMPAIO, Jose Luiz. Física Clássica: óptica, ondas. Atual, 1998. CANIATO, Rodolpho. (Re)descobrimdo a Astronomia. 2. ed. Campinas: Atomo, 2013. FARIA, Romildo Póvoa (Org.) et al. Fundamentos de Astronomia. Campinas, SP: Papirus, 1982. REIS, Norma Teresinha Oliveira. Eclipses ao longo dos Séculos. Ministério da Educação – MEC, Universidade Internacional do Espaço – ISU, Estagiária no Centro de Voo Espacial NASA Goddard, Verão de 2008. RODRIGUES, Berta Catarina Gomes da Costa. O ensino da Astrofísica no 3º Ciclo do Ensino Básico. 2006. Tese de Doutorado. 		

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Figura 27 – Plano de aula da turma “B”.

PLANO DE AULA		
I – Tema da aula: Os eclipses.		
II- Objetivo		
II.1 Objetivo geral;		
<ul style="list-style-type: none"> • Explicar o que é um eclipse e apresentar quais os tipos de eclipses lunar e solar, buscando a compreensão dos conceitos de formação dos eclipses, apresentando quais as condições necessárias para que eles ocorram. 		
II.2- Objetivos específicos;		
<ul style="list-style-type: none"> • Que os alunos tenham uma noção de como o conceito de eclipses evoluiu ao longo dos séculos. • Buscar uma melhor compreensão do que são os eclipses, e como cada um dos tipos de eclipse se forma. • Buscar o entendimento do que são umbra e penumbra. • Que os alunos saibam relacionar as fases da lua à formação dos eclipses. • Que os alunos saibam as condições necessárias para a formação dos eclipses. • Exemplificar as características visuais dos tipos de eclipse solar e lunar quando vistos da Terra. 		
III– Esquema de conteúdos;		
<ul style="list-style-type: none"> • O que são eclipses, e os tipos de eclipses solar e lunar. • Evolução histórica do conceito de eclipse ao longo dos séculos. • Movimentos dos astros Sol, Terra e lua. • Fases da Lua e a formação dos eclipses. • Formação de umbra e penumbra e a formação dos eclipses. • Aparência e caracterizas dos eclipses. 		
IV – Conhecimentos Prévios;		
<ul style="list-style-type: none"> • Noções de funcionamento do nosso sistema solar. • Noções de propagação retilinea da luz. 		
V- Metodologia da Aula;		
<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva dialogada. 		
VI – Procedimentos Metodológicos;		
<ul style="list-style-type: none"> • A aula será do tipo expositiva dialogada, estando amparada no seguinte cronograma: 		
Momento	Atividade	Função
01	Explicar a evolução histórica do conceito de eclipse ao longo dos séculos.	Construir um entendimento histórico e filosófico do assunto.
02	Explicar o que é um eclipse e apresentar quais os tipos de eclipses lunar e solar.	Buscar a compreensão do que são os eclipses, e quais as características de cada um dos tipos eclipse.
03	Apresentar a dinâmica de formação dos eclipses, e suas características visuais a partir de desenhos e esquemas feitos no quadro.	Construir um entendimento científico do assunto e uma ligação entre a parte visual e as características fenômeno.
04	Aplicação de questionário avaliativo.	Analisar o desempenho e aprendizagens dos alunos.
VII – Recursos utilizados;		
<ul style="list-style-type: none"> • Pínel e quadro branco. 		
VIII – Tempo Previsto;		
<ul style="list-style-type: none"> • 50 minutos. 		
IX- Avaliação da aprendizagem		
<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação por meio de um questionário avaliativo. 		
XI – Referências.		
<ul style="list-style-type: none"> • CALCADA, Caio Sergio; SAMPAIO, Jose Luiz. Física Clássica: óptica, ondas. Atual, 1998. • CANIATO, Rodolpho. (Re)descobrimo a Astronomia. 2. ed. Campinas: Atomo, 2013. • FARIA, Romildo Póvoa (Org.) et al. Fundamentos de Astronomia. Campinas, SP: Papius, 1982. • REIS, Norma Teresinha Oliveira. Eclipses ao longo dos Séculos. Ministério da Educação – MEC, Universidade Internacional do Espaço – ISU, Estagiária no Centro de Voo Espacial NASA Goddard, Verão de 2008. • RODRIGUES, Berta Catarina Gomes da Costa. O ensino da Astrofísica no 3º Ciclo do Ensino Básico. 2006. Tese de Doutorado. 		

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

4.1.3 Terceira atividade: Questionário pós-aula

Esta etapa constitui-se na aplicação do questionário pós-aula (Figura 28), o objetivo desse questionário é verificar se houve alguma mudança conceitual dos alunos sobre o tema. Optamos, assim, por perguntas abertas, perguntas objetivas de escolha múltipla e testes de assimilação do conhecimento. Sendo assim, composto por duas questões discursivas, duas objetivas, duas de teste de assimilação de conhecimento e duas avaliativas em relação à aula ministrada. A sétima questão apresenta uma diferença do questionário aplicado à turma que teve aula por *slides* (Figura 26) da turma que teve a aula ministrada de forma tradicional (Figura 27), a diferença é que no questionário aplicado à turma que teve aula por *slides* a questão é: “O que você aprendeu sobre os eclipses nesta aula expositiva com uso de *slides*?”, e na turma que teve a aula de forma tradicional a questão foi alterada para: “O que você aprendeu sobre os eclipses nesta aula expositiva?”.

Todo questionário foi baseado na aula lecionada e nas respostas do questionário pré-aula. As perguntas indagam sobre os tipos de eclipses solar e lunar, fases da Lua durante um determinado eclipse e localização da Lua em relação à sombra da Terra projetada pelo Sol.

Figura 28 – Questionário pós-aula

01 – Marque a alternativa correta. Em que fase a Lua está quando ocorre um eclipse lunar?

- a) Crescente b) Cheia
c) Nova d) Minguante

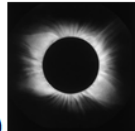
02 – Marque a alternativa correta. Em que fase a Lua está quando ocorre um eclipse solar?

- a) Cheia b) Minguante
c) Crescente d) Nova

03 – Quais os tipos de eclipses solar?

04 – Quais os tipos de eclipses lunar?

05 – Relacione o conteúdo da primeira coluna de acordo com a segunda coluna:



Eclipse parcial do Sol

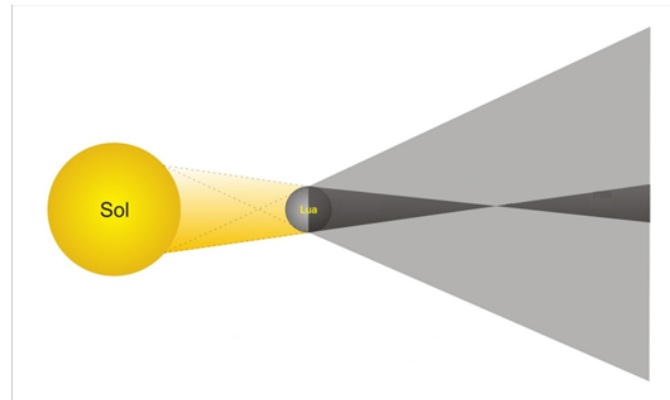


Eclipse solar total



Eclipse anular do Sol

06 – Marque com um “X” na figura onde fica a umbra; e marque com “y” onde fica a penumbra:



07 – O que você aprendeu sobre os eclipses nesta aula expositiva com uso de slides?

08 – Dê uma nota de 0 a 10 à aula de acordo com o que você aprendeu.

Nota

4.1.3.1 Questionário pós-aula: Aplicação

A aplicação do questionário pós-aula ocorreu para ambas às turmas no dia 05 de julho de 2016. Desta atividade participaram 25 alunos do primeiro ano “A” e todos responderam o questionário conforme foi pedido, a turma inteira levou cerca de 27 minutos para responder a todas as questões. No primeiro ano “B” participaram 22 alunos, a turma inteira levou cerca de 24 minutos para responder a todas as questões. Os resultados e análise das respostas discutimos a seguir.

4.1.3.2 Análise do questionário pós-aula

O método para análise deste questionário foi o mesmo apresentado para o questionário pré-aula na sessão 3.1.1.2, deste trabalho, classificando as respostas em quatro categorias: **correta, parcialmente correta, incorreta e não respondeu.**

Para avaliação de desempenho das turmas nesse segundo teste seguimos também com a mesma metodologia avaliando por meio de um tratamento estatístico, comparando a porcentagem média dos acertos das questões entre as duas turmas. Para nos certificarmos se as diferenças de desempenho eram significativas.

A primeira questão é uma pergunta de escolha múltipla, que indaga em que fase a Lua está quando ocorre um eclipse lunar, as alternativas possíveis a serem respondidas são: cheia, minguante, crescente e nova. Das quais a única resposta correta é a fase cheia, e os resultados das respostas dos alunos nas suas respectivas turmas são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Resultado do Questionário/pós-aula para a primeira questão: Em que fase a Lua está quando ocorre um eclipse lunar?

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Correta	23	(92%)	12	(54,55%)
Incorreta	2	(8%)	10	(45,45%)
Não Respondeu	0	(0%)	0	(0%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Para essa questão a turma "A" apresentou um resultado significativamente superior ao da turma "B", totalizando 92% das respostas corretas, enquanto a turma "B" totalizou 54,55% das respostas corretas.

O eclipse lunar ocorre na fase da lua cheia expressado pela alternativa (B), que é a fase em que o Sol, a Terra e a Lua estão alinhados, com a Terra entre o Sol e a Lua. Desse modo quando nosso planeta projeta sua sombra na Lua, ocultando-a parcial ou totalmente.

A segunda questão é semelhante a primeira, é também uma questão de escolha múltipla que pergunta em que fase a lua está quando ocorre um eclipse solar, apresentando as seguintes alternativas de resposta: cheia, minguante, crescente e nova. Das quais a única resposta correta é a fase nova, e os resultados das respostas dos alunos nas suas respectivas turma são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Resultado do Questionário/pós-aula para a segunda questão: Em que fase a Lua está quando ocorre um eclipse solar?

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Correta	9	(36%)	5	(22,73%)
Incorreta	16	(64%)	17	(77,27%)
Não Respondeu	0	(0%)	0	(0%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Nesta segunda pergunta a turma "A" novamente demonstrou um resultado superior ao da turma "B", apresentando 36% das respostas corretas, enquanto a turma "B" apresentou 22,73% das respostas corretas.

O eclipse solar ocorre na fase da lua nova expressado pela alternativa (D), que é a fase em que o Sol, a Lua e o planeta Terra estão alinhados, com a Lua entre o Sol e a Terra. Desse modo, a Lua passa na frente do Sol, o ocultando parcial ou totalmente. Apesar de o Sol e a Lua terem dimensões muito diferentes, respectivamente cerca de 1.400.000 km e 3.500 km de diâmetro, essa ocultação total do Sol ainda é possível. De acordo com Reis, Garcia e Baldessar (2012):

Uma das mais notáveis coincidências da natureza consiste em que a Lua e o Sol aparentam ser do mesmo tamanho, quando vistos da Terra, pelo fato de que, apesar de o Sol ser 400 vezes maior em diâmetro que a Lua, ele também se encontra 400 vezes mais distante da Terra que a Lua. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012, p. 92).

A terceira questão é uma pergunta aberta que indaga quais os tipos de eclipse solar.

Tabela 10: Resultado do Questionário/pós-aula para a terceira questão:
Quais os tipos de eclipse solar?

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	10	(40%)	6	(27,27%)
Parcialmente Corretas	4	(16%)	10	(45,45%)
Incorretas	7	(28%)	3	(13,64%)
Não Respondeu	4	(16%)	3	(13,64%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Nas respostas consideradas como corretas a turma "A" alcançou o percentual de 40%, enquanto a turma "B" alcançou o percentual de 27,27% das respostas corretas (Tabela 10). Foram consideradas corretas respostas como: "Eclipse solar total, eclipse solar parcial e eclipse anular do Sol". E nas parcialmente corretas a turma "B" apresentou um resultado de 45,45% das respostas nessa categoria, enquanto a turma "A" apresentou 16%. Foram consideradas parcialmente corretas respostas como: "Eclipse parcial e total".

Alguns autores consideram haver ainda um quarto tipo de eclipse solar, o eclipse solar híbrido, que é onde parte do tempo o eclipse é total (Sol totalmente encoberto) e parte do tempo é anular. Na maioria dos casos, eles começam

anulares, tornam-se totais e terminam anulares. Para evitar confusões de entendimento optamos por abordar em sala de aula os três tipos mais comuns de eclipse solar, e estes que são classificados de acordo com a maneira como a Lua obscurece o disco solar, são eles: eclipse solar total, a Lua encobre totalmente o Sol, ou seja, ocorre a totalidade; eclipse parcial do Sol, o Sol é parcialmente ocultado pela Lua; e o eclipse anular, que é quando a Lua passa em frente ao Sol, enquanto a Lua se encontra próxima do apogeu. O diâmetro angular da Lua é, então, menor que o do Sol, de modo que um anel do Sol pode ainda ser visto ao redor da Lua. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012).

A quarta questão é uma pergunta aberta que indaga quais os tipos de eclipse lunar.

Tabela 11: Resultado do Questionário/pós-aula para a quarta questão:
Quais os tipos de eclipse lunar?

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	0	(0%)	0	(0%)
Parcialmente Corretas	8	(32%)	4	(18,18%)
Incorretas	7	(36%)	12	(54,55%)
Não Respondeu	8	(32%)	6	(27,27%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Embora essa questão seja muito parecida com a anterior, ao compararmos os resultados desta com sua antecessora se constata uma queda considerável de acertos e acertos parciais. Nenhum aluno respondeu corretamente a essa questão, e entre os que responderam de forma parcialmente correta os alunos da turma "A" obtiveram um desempenho melhor chegando a 32%, enquanto os alunos da turma "B" obtiveram 18,18% de acertos parciais (Tabela 11). Foram consideradas parcialmente corretas respostas como: "Eclipse penumbral e total".

Há três tipos de eclipse lunar e que são classificados de acordo com a maneira como a sombra da Terra intercepta a Lua, são eles: eclipse lunar total, a Lua é coberta completamente no cone da umbra (sombra da Terra); Eclipse lunar parcial, a Lua atravessa parcialmente o cone da umbra; e o eclipse lunar penumbral, a Lua atravessa somente o cone da penumbra da Terra.

A quinta questão é um teste de assimilação do conhecimento, que pede para o aluno relacionar o conteúdo da primeira coluna de acordo com o conteúdo da segunda coluna; a primeira coluna é composta por três figuras de diferentes tipos de eclipse solar, e a segunda coluna tem o nome dos três tipos de eclipse solar representados nas figuras. Para esse teste foram consideradas respostas corretas as que o entrevistado associava em todos os casos as figuras aos nomes de forma corretas, e consideradas parcialmente corretas as que o entrevistado apresentava ao menos uma associação correta do conteúdo das figuras aos nomes, e incorretas as que nenhuma das associações era correta.

Tabela 12: Resultado do Questionário/pós-aula para a quinta questão teste de assimilação do conhecimento: Relacione o conteúdo da primeira coluna de acordo com conteúdo da segunda coluna.

	Turma "A"		Turma "B"	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	9	(36%)	5	(22,73%)
Parcialmente Corretas	11	(44%)	14	(63,64%)
Incorretas	5	(20%)	3	(13,63%)
Não Respondeu	0	(0%)	0	(0%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Para a quinta questão a turma "A" apresentou o índice de 36% das respostas corretas, enquanto a turma "B" obteve o índice de 22,73%. E nas respostas consideradas parcialmente corretas a turma "B" obteve o percentual de 63,64%, e a turma "A" apresentou o percentual de 44% (Tabela 12).

Para responder corretamente a essa questão o sujeito participante deve conhecer bem a dinâmica de formação dos eclipses solares e ser capaz de ligar o conteúdo passado na aula às características visuais do fenômeno. Dessa forma a ordem correta para esse teste de assimilação é (C) eclipse parcial do Sol, (A) eclipse solar total e (B) eclipse anular do Sol.

Os eclipses solares são fenômenos de beleza extraordinária. Em todo mundo, pessoas se reúnem para apreciá-los. Entretanto, é necessário ter cautela acerca dos riscos de observar o Sol sem proteção adequada para os olhos e adotar medidas de

segurança. Além desses tipos de eclipses solares naturais, de acordo com Reis, Garcia e Baldessar (2012):

Atualmente os astrônomos são capazes de produzir eclipses artificiais, bloqueando o Sol com um “disco ocultante”, tecnicamente chamado coronógrafo, o qual fica a bordo de sonda espaciais na órbita da Terra. Este equipamento permite que os astrônomos estudem a fraca corona solar a qualquer momento e de forma contínua. (REIS, GARCIA e BALDESSAR, 2012, p. 93).

A sexta questão é um teste de assimilação do conhecimento, no qual existe uma figura com o Sol, a Lua e as projeções de umbra e penumbra, e se pede que o aluno marque na figura onde ficam a umbra e a penumbra. Foram consideradas corretas as respostas que indicavam corretamente os locais de umbra e penumbra, e consideradas parcialmente corretas às marcações que indicavam de forma correta uma das duas, umbra ou penumbra.

Tabela 13: Resultado do Questionário/pós-aula para a sexta questão teste de assimilação do conhecimento: Indique na figura onde fica a umbra e a penumbra

	Turma “A”		Turma “B”	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	6	(24%)	2	(9,09%)
Parcialmente Corretas	11	(44%)	9	(40,91%)
Incorretas	5	(20%)	10	(45,45%)
Não Respondeu	3	(12%)	1	(4,55%)

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Nesse teste houve uma significativa diferença no percentual de respostas corretas e parcialmente corretas entre as duas turmas. A turma “A” obteve 24% das respostas classificadas como corretas e 44% classificadas como parcialmente corretas, entretanto a turma “B” obteve o percentual de 9,09% das respostas classificadas como corretas e 40,91% classificadas como parcialmente corretas (Tabela 13).

Como visto na Figura 28, a configuração do alinhamento entre o Sol e outro astro opaco (nesse caso a Lua), promove uma projeção da sombra deste astro pelo espaço. No caso desta figura a sombra é a da Lua, que é composta por duas partes: a sombra externa ou penumbra; e a sombra interna ou umbra. Na região coberta

pela penumbra, somente parte do Sol é ocultada, parte mais clara. Opostamente, a umbra, sombra interna, constitui a parte onde o Sol é totalmente ocultado, sombra mais escura, é nessa parte onde é possível ver um eclipse solar total. (REIS, 2008).

4.1.4 Avaliação das atividades pelos sujeitos participantes

Esta avaliação foi feita por meio de um questionário de opinião entre os alunos, aplicado junto com o questionário contendo estas duas questões uma questão fechada, na qual se pedia que o aluno desse uma nota de 0 a 10 de acordo com o seu aprendizado, e uma aberta que questionava o que o aluno aprendeu com essa aula.

Buscamos analisar nesses dados, além do grau de satisfação/insatisfação que experimentaram com a atividade e seu aprendizado, descobrir quais conteúdos foram aprendidos de forma mais satisfatória e quais deixaram mais a desejar.

A avaliação da questão fechada foi realizada de acordo com as notas dadas, e estas notas foram classificadas em cinco categorias: **muito bom** com notas de 8,0 a 10,0; **bom** com notas de 6,0 a 8,0; **regular** com notas de 4,0 a 6,0; **ruim** com notas de 2,0 a 4,0 e **muito ruim** com notas de 0 a 2,0.

Tabela 14: Resultado da pesquisa de satisfação

Pergunta feita aos alunos por meio de questionário	Resposta dos alunos da Turma "A"		Resposta dos alunos da Turma "B"	
Dê uma nota de 0 a 10 à aula de acordo com o que você aprendeu.	56%	Muito bom	41%	Muito bom
	24%	Bom	27,25%	Bom
	12%	Regular	18,1%	Regular
	8%	Ruim	9,1%	Ruim
	0%	Muito ruim	4,55%	Muito ruim

Fonte: Elaborada pelo autor deste trabalho (2016).

Como podemos ver na Tabela 14, na turma "A" que teve a aula ministrada com uso de *slides*, obteve percentual entre aqueles que consideraram o seu

aprendizado como “muito bom” ou “bom” foi de 80%, e na turma “B” que teve a aula ministrada da maneira tradicional o percentual foi de 68,25%.

As respostas obtidas na questão discursiva foram apresentadas dessa forma: entre os participantes de turma “A”, dez responderam que aprenderam quais os tipos de eclipse solar e lunar, e como os mesmos se formam; três aprenderam apenas os tipos de eclipses existentes; quatro aprenderam em que fases da lua ocorrem os determinados tipos de eclipse; três responderam que os eclipses são fenômenos naturais que acontecem com o Sol, a Terra e a Lua e que ocorrem em uma regularidade; dois afirmaram que não aprenderam muito, embora a aula fosse boa os mesmos não conseguiram prestar muita atenção nela, e três não responderam.

Entre os participantes da turma “B”, sete responderam que aprenderam em que fases da Lua podem ocorrer os eclipses, entre estes três exemplificaram apontando corretamente um tipo de eclipse e em que fase da lua o mesmo ocorre; seis aprenderam quais os tipos de eclipse solar e lunar, e como os mesmos se formam; três responderam que os eclipses são fenômenos naturais que acontecem com o Sol, a Terra e a Lua; três responderam que aprenderam que os eclipses só ocorrem quando o Sol, a Terra e a Lua estão alinhados e três não responderam.

4.1.5 Discussão dos resultados

Na análise do pré-aula, verificamos um desempenho superior da turma “B” em relação à turma “A” em todas as questões abertas, tanto na segunda questão que indagava o que é um eclipse, quanto na terceira e quarta questão que perguntavam como acontecem os eclipses lunares e solares respectivamente. Já nas questões fechadas do pré-aula, na quinta questão que indagava qual a configuração correta do alinhamento dos astros Sol, Terra e Lua necessária para o acontecimento de um eclipse lunar a turma “A” atingiu um desempenho superior a turma “B”. No entanto, na sexta questão que possui as mesmas características que a sua antecessora, porém, perguntava qual a configuração correta para que ocorra um eclipse solar, a turma “B” foi novamente superior à turma “A”.

Portanto, com a aplicação do pré-aula, chegamos à conclusão que a maioria dos alunos possui grande dificuldade em descrever como se formam os eclipses

utilizando conceitos cientificamente aceitos, e grande parte destes alunos não conhece ao menos os mecanismos básicos de formação dos eclipses. Todavia, os resultados alcançados com o questionário pré-aula mostrou que a turma “B” obteve um desempenho significativamente superior ao desempenho da turma “A”, no qual entre todas as questões propostas no pré-aula apenas na quinta questão deste, a turma “A” teve um índice de respostas corretas superior à turma “B”,

Na análise do pós-aula, verificamos que a turma “A” obteve um desempenho superior em todas as questões, tanto nas fechadas, como nas questões abertas e testes de assimilação do conhecimento. As duas primeiras questões eram fechadas, a primeira perguntava em que fase a Lua está quando acontece um eclipse lunar, e a segunda perguntava em que fase a Lua está quando acontece um eclipse solar. As duas seguintes eram questões abertas e indagavam quais os tipos de eclipse solar e lunar respectivamente. As duas últimas eram testes de assimilação do conhecimento, nos quais um se tratava de um teste onde era necessário assimilar as características visuais dos eclipses aos seus respectivos nomes, e o outro, um teste de que avaliava o aprendizado referente à formação de umbra e penumbra de acordo com as posições do Sol e da Lua.

Salientamos que foi observada uma melhora sensível no comportamento dos alunos que participaram do questionário pós-aula, se mostrando mais motivados e interessados, do que quando foi aplicado o pré-aula.

Ressaltamos que após uma única aula fazendo uso de recursos didáticos diferentes, a turma que teve um desempenho mais baixo no pré-aula (turma “A”), e que, posteriormente, assistiu à aula em que se fazia uso de tecnologias para explicar a natureza e dinâmica de formação dos Eclipses. Obteve no pós-aula um desempenho consideravelmente superior em todas as questões em relação à turma que assistiu à aula em que se utilizava uma metodologia de aula tradicional.

Ao analisarmos o grau de satisfação dos sujeitos participantes desta pesquisa, constatamos que a sala assistiu à aula em que se fazia uso de tecnologias, mostrou-se significativamente mais satisfeita com a metodologia abordada, do que a sala que assistiu à aula em que se utilizava apenas uma metodologia de aula tradicional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final dessa monografia, concluímos que a primeira parte dessa pesquisa foi bastante satisfatória, pois ao se fazer um levantamento bibliográfico acerca do desenvolvimento do conceito de eclipse, foi possível reconhecer este como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais. De certa forma, também foi possível conceber uma visão da evolução da ideia cosmológica nos permitindo entender sua evolução ao longo dos séculos, apresentando a evolução desses conceitos, e os relacionando ao desenvolvimento dos instrumentos astronômicos utilizados para observação dos eclipses e suas importantes descobertas cosmológicas.

A partir da análise estatística, consideramos que a pesquisa empírica com alunos do Ensino Médio, também foi significativamente satisfatória, visto que os resultados mostraram-se conclusivos. Os dados evidenciaram que os alunos se mostraram mais motivados, interessados e satisfeitos com a estratégia de ensino com uso de tecnologias. Além de tudo, não houve dificuldades na execução e planejamento desta aula, considerando-se que os materiais utilizados durante sua realização são de fácil aquisição e disponíveis na maioria das escolas.

É notável o potencial que o uso de tecnologias no ensino têm, sobretudo, no ensino de ciências, seja através da visualização, análise de saídas gráficas ou previsão de comportamento esperado dos fenômenos. A utilização de novas tecnologias da informação e da comunicação na Educação tem provocado uma reflexão sobre o processo ensino-aprendizagem, de acordo com Carvalho (2011, p.123), “Muitas comissões nacionais e também internacionais em ensino de ciências têm chamado atenção para esses novos objetivos e o crescimento do papel da tecnologia no ensino das ciências”.

Buscar alternativas para tornar as aulas de Física mais interessantes e motivadoras, proporcionando assim uma melhor aprendizagem aos alunos, é um desafio constante para todos os professores desta disciplina, pois grande parte dos alunos não se sente motivada ao estudo da Física, em aulas no formato tradicional do ensino.

Portanto, levando em conta a revolução que as tecnologias audiovisuais e de informação têm provocado na vida das pessoas, a utilização desses recursos em sala de aula pode ser uma ferramenta bastante útil ao professor, ao ensino e a aprendizagem. Isso se considerarmos que o homem foi ao longo da história construindo instrumentos para saber mais e compreender o universo. Assim considerando-se, propomos que a escola se integre ao universo informatizado para incluir o estudante ao mundo que o cerca, visando à formação de cidadãos cientificamente letrados, permitindo sua autonomia e o qualificando para enfrentar as rápidas mudanças que a tecnologia vem impondo à contemporaneidade.

REFERÊNCIAS

AFONSO, G. B. Experiências simples com o *gnômon*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 18, n. 3, p. 149 – 154. Curitiba, Setembro, 1996.

AQUINO, P. V. P. de. Introdução à radioastronomia solar. **Revista de Pesquisa da Liga Norte-Nordestina de Astronomia**, v. 1, n. 1, p. 42 – 57. Maio, 2014.

BARROS-PEREIRA, H. A. de. et al. Esferas de Aristóteles, círculos de Ptolomeu e instrumentalismo de Duhem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 1-14, Curitiba, Julho, 2011.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394, 20 de dezembro de 1996. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 24 jul. 2016.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em:
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2016.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: física**. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em:
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2016.

CANIATO, R. **(Re)descobrimo a Astronomia**. 2. ed. Campinas: Átomo, 2013.

CARVALHO, A. M. P. de; NARDI, R.; VIANNA, D. M.; ALMEIDA, M. J. P. M. de; FERRACIOLI, L. **Física 2011: Estado da arte, desafios e perspectivas para os próximos cinco anos**, 2011, v. 1, n. 1, p. 115-126, São Paulo: McHillard. 2011. Disponível em: www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/publicacoes/fisica-2011.pdf. Acesso em: 08 nov. 2016.

FARIA, R. P. *et al.* **Fundamentos de Astronomia**. 1. ed. Campinas, SP: Papyrus, 1982.

FERNANDES, K. C. **Construção de um radiotelescópio amador em microondas 12 GHz, dotado de um sistema automático de aquisição de dados**. Universidade Católica de Brasília. Pró-Reitoria de Graduação, Trabalho de Conclusão de Curso, 28 f. Brasília, 2007.

FORNARI, E. **O "incrível" padre Landell de Moura**. Rio de Janeiro, Biblioteca do Exército Editora, 1984.

GURGEL, I. Curso de Licenciatura em física, **Astronomia e a Navegação**. Universidade São Paulo, São Paulo, Dezembro, 2014. Disponível em:

<https://disciplinas.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=155651>. Acesso em: 14 jun. 2016.

HOFFMAN, M. A. ***Egypt Before the Pharaohs: the prehistoric foundations of Egyptian civilization***. New York, NY: Alfred A. Knopf, 1979.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, A. V. Náutica e cartografia náutica na origem da ciência moderna, **Revista Navigator**. v. 1, n. 2, p. 53 – 68, Rio de Janeiro, Dezembro, 2005. Disponível em: http://www.revistanavigator.com.br/navig2/art/N2_art4.pdf. Acesso em: 17/03/2016.

MEDEIROS, A.; MONTEIRO, M. A. A invisibilidade dos pressupostos e das limitações da teoria Copernica nos livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 2002, v. 19, n. 1, p. 29 – 52, Abril, 2002.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

NEGRI, L. J. **Física do Átomo: Introdução à Física Nuclear**. Material de Aula do Curso de Física. IFRN, 2015.

OXFORD UNIVERSITY PRESS. *The Oxford English Dictionary: A New English Dictionary on Historical Principles* [**Dicionário Inglês Oxford: Um Novo Dicionário Inglês sobre Princípios Históricos**]. Volume III, Oxford University Press, 1969.

PORTO, C. M.; PORTO, M.B.D.S.M. A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, p. 4601-1 – 4601-9, Agosto, 2008.

RAMOS, A. A. **Temporalidades sincrônicas: as narrativas audiovisuais digitais na música eletrônica**. Escola de Comunicações e Arte, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Comunicação, Junho, 2011. 193 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

REIS, N. T. O. **Eclipses ao longo dos Séculos**. Ministério da Educação – MEC, Universidade Internacional do Espaço – ISU, Estagiária no Centro de Vôo Espacial NASA Goddard, Verão de 2008.

REIS, N. T. O.; GARCIA, N. M. D.; BALDESSAR, P. S. Métodos de projeção para observação segura de eclipses solares. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 81-113, Brasília, Abril, 2012.

RODRIGUES, O. M. A. do C. **O Ciclo solar**. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Departamento de Matemática Aplicada, Setembro, 2000. 120 f, Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto. 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10216/10010>. Acessado em: 12/03/2016.

RODRIGUES, B. C. G. da C. **O ensino da Astrofísica no 3º Ciclo do Ensino Básico**. Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Faro, 2006. 99 f, Dissertação de Mestrado. Universidade do Algarve. 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.1/858>. Acessado em: 21/04/2016.

SILVA, I. dos S. da. **Padre Roberto Landell de Moura e sua contribuição para o desenvolvimento científico: Uma abordagem com o uso da história e filosofia da ciência**. Diretoria Acadêmica, Licenciatura em Física. Santa Cruz, 2014. 82 f, Monografia de Conclusão de Curso. IFRN; Santa Cruz, 2014.

SILVA, A. L. da. **Radioastronomia: um texto introdutório**. Universidade Cruzeiro do Sul. São Paulo, 2010. 87 f, Trabalho de Conclusão de Curso de Lato Sensu em Ensino em Astronomia. 2010.

SOUZA, M. O.; PESSANHA, M. C. R.; MACHADO, J. A. F. **Um Programa para auxiliar a construção de Relógios de Sol Analêmicos**. In: XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2003, Curitiba. XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Telescópios e Instrumentos**. Kepler de Souza Oliveira Filho. Maria de Fátima Oliveira Saraiva. 2013. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/telesc/node2.htm> Acesso: 15/05/16 às 16:00.