

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física  
Polo **ufscar** Sorocaba



## **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA**

# **UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE ASTRONOMIA PARA ALUNOS DO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL II**

**CARLOS ALBERTO DE LIMA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. TERSIO GUILHERME DE SOUZA CRUZ**

**CO-ORIENTADORA: PROFA. DRA. FERNANDA KEILA MARINHO DA SILVA**

Sorocaba - SP  
Janeiro de 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO  
ENSINO DE ASTRONOMIA PARA ALUNOS DO  
6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL II**

**CARLOS ALBERTO DE LIMA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física na Educação Básica  
Ensino Fundamental.

Orientador: Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz.

Sorocaba - SP  
Março de 2019

CARLOS ALBERTO DE LIMA

## UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE ASTRONOMIA PARA ALUNOS DO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL II

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física na Educação Básica. Ensino Fundamental  
Sorocaba 18 de Janeiro de 2019.

Orientador:



Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz  
UFSCar – Sorocaba

Examinador:



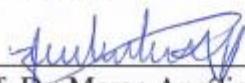
Prof. Dr. Jonny Vilcarromero López  
UFSCar – Sorocaba

Examinador:



Prof. Dr. João Batista dos Santos Junior  
UFSCar – Sorocaba

Examinador:



Prof. Dr. Marco Aurélio Euflauzino Maria  
FACENS – Sorocaba

Sorocaba - SP  
Janeiro de 2019

De Lima, Carlos Alberto

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE  
ASTRONOMIA PARA ALUNOS DO 6º ANO DO ENSINO

FUNDAMENTAL II / Carlos Alberto De Lima. -- 2019.

185 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus  
Sorocaba, Sorocaba

Orientador: PROF. DR. TERSIO GUILHERME DE SOUZA CRUZ

Banca examinadora: Prof. Dr. Marco Aurélio Euflauzino Maria, Prof. Dr.  
Johnny Vilcarromero López, Prof. Dr. João Batista dos Santos Júnior

Bibliografia

1. Astronomia. 2. Sequência Didática. 3. Experimento de Baixo Custo. I.  
Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico essa dissertação ao meu pai que me ensinou a amar e reverenciar o conhecimento. À minha mãe que sempre foi uma guerreira e jamais desistiu diante das vicissitudes da vida. A minha querida e amada esposa Reilane Lima por ter me suportado nos momentos de crise e sempre acreditar em mim. E aos meus amados filhos Gabriel e Gabrielle, herança da parte do Senhor.*

# AGRADECIMENTO

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, autor e doador da minha vida, sem O qual nada disso seria possível.

Agradeço ao Professor Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz por me aceitar como seu orientando e as suas intervenções necessárias para o bom desenvolvimento desta dissertação. Meus sinceros agradecimentos a coorientadora Professora Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva pela literatura sugerida e suas orientações visando sempre à qualidade deste trabalho.

Também gostaria de externar os mais sinceros agradecimentos aos nobres professores do programa MNPEF que com paciência, domínio e grande reverência ao conhecimento, estiveram sempre prontos a me corrigir e orientar ao longo desses dois anos, a despeito de minhas fraquezas.

Agradeço profundamente aos meus alunos que com suas perguntas sinceras e geniais deram novos rumos a este trabalho.

Ao professor Dr. Sérgio Dias Campos por iniciar essa jornada comigo.

Aos meus colegas e agora amigos Augusto, Ricardo, Jean e Tiago.

Aos meus pais José e Madalena e irmãos Gilberto e Lana, pelo apoio e encorajamento.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação.

*“(...) Nada poderia ter sido pior para o desenvolvimento da minha inteligência do que a escola do Dr. Butler, clássica no exato sentido da palavra, visto que ali só nos ensinavam Latim, Grego e umas tinturas de Geografia e História. Em todo o transcorrer de minha vida, de nada me serviu o tempo que passei naquele educandário, pois nem mesmo aprendi a fazer versos, ensinamento ao qual ali se dava a maior importância, uma vez que tal não era a minha inclinação: ainda que fosse capaz de decorar, de uma sentada, longos trechos de Virgílio e Homero, com a maior facilidade os esquecia 48 horas depois (...)”*

*(Charles Darwin, 1809-1882)*

# RESUMO

DE LIMA, Carlos Alberto. Uma proposta de sequência didática no ensino de astronomia para alunos do 6º ano do ensino fundamental II. 2019. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2019.

Esse trabalho de pesquisa teve como ponto de partida elaborar um conjunto de sequências didáticas voltadas para o ensino de astronomia para alunos do 6º ano do ensino fundamental II obedecendo três etapas: Saberes do aluno, ideias do contexto experimental e conhecimento da ciência. Ao total foram elaboradas 14 sequências onde exploramos o interesse inerente das crianças em questionar os "porquês" das coisas, utilizando situações de conflito e problematização com experimentação a partir de materiais de fácil acesso com uso de múltiplas estratégias. Como se trata de uma alfabetização científica no ensino de astronomia a presente proposta não traz um rigor matemático dos conceitos formalmente estudados, mas sim uma situação de conflito gerado por questões problematizadoras para conhecer o pensamento prévio dos alunos, seguidas por discussões fenomenológicas, apresentação de vídeos, exposição de simuladores digitais, construção de maquetes e experimentação com vistas à reconstrução do fenômeno astronômico estudado. Ao longo das aulas os alunos foram submetidos a diversas questões das mais variadas dificuldades, presentes em vestibulares de âmbito nacional, outras criadas pelo autor, sejam em provas regimentais ou em atividades extracurriculares. Obtivemos resultados muito positivos por parte dos alunos envolvidos com uma forte sensação de que é gostoso ensinar e aprender Física de forma significativa desde as séries iniciais do ensino fundamental II.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Astronomia. Sequência Didática. Experimentos de baixo custo.



# ABSTRACT

DE LIMA, Carlos Alberto. A proposal of a didactic sequence in the teaching of astronomy for students of the 6th year of elementary school II. 2019. Master's Dissertation in Physics Teaching - Federal University of São Carlos, Sorocaba campus, Sorocaba, 2019.

This research work had as a starting point to elaborate a set of didactic sequences directed to the teaching of astronomy for students of the 6th year of elementary school II obeying three stages: Student knowledge, ideas of the experimental context and knowledge of science. A total of 14 sequences were elaborated in which we explored children's inherent interest in questioning the "whys" of things, using situations of conflict and problematization with experimentation from easily accessible materials using multiple strategies. As it is a question of a scientific literacy in the teaching of astronomy, the present proposal does not bring a mathematical rigor of the concepts formally studied, but rather a situation of conflict generated by problematizing questions to know the previous thought of the students, followed by phenomenological discussions, video presentation, exhibition of digital simulators, construction of models and experimentation with a view to the re-construction of the studied astronomical phenomenon. Throughout the class the students were submitted to several questions of the most varied difficulties, many present in national vestibular, others created by the author, either in regimental tests or in extracurricular activities. We obtained very positive results from the students involved with a strong feeling that it is good to teach and learn physics significantly since the initial grades of elementary school II.

**Keywords:** Physics Teaching. Astronomy. Following teaching. Low cost experiments.

# LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1- Saberes do Aluno: Conhecimento de senso comum do aluno; Ideias do Contexto experimental: Pensamento do aluno à partir de atividade experimental; Conhecimento da ciência: Conjunto dos saberes adquirido pelo homem ao longo da história; Conhecimento escolar: Com a mediação do professor o conhecimento adquirido pelo aluno deve ser o mais próximo possível do conhecimento científico.....8
- Figura 2.1- Exemplo de respostas da Enquete O Sol sempre nasce no ponto cardinal leste todos os dias do ano?.....11
- Figura 2.2- Material didático apostilado do 4º ano do Ensino Fundamental I. No primeiro parágrafo o autor da material escreve: “Por definição, adota-se que o Sol nasce a leste e se põe a oeste” .....11
- Figura 2.3- Sistema terra-sol-lua (telúrio). Simulador funcional que permite visualizar os movimentos da terra e lua. Permite explorar as estações do ano, alternância entre o dia e a noite, eclipses, fases da lua e marés.....12
- Figura 2.4- Ilustração do universo desde as primeiras flutuações quânticas, logo após o instante inicial.....14
- Figura 2.5- Stonehenge. O alinhamento de megálitos existentes nessas construções indicam com precisão os pontos do nascer e ocaso do Sol e da Lua, em diferentes épocas do ano.....15
- Figura 2.6- O universo segundo os babilônicos. Temos representado: a terra que tinha uma forma circular, que estaria sobre uma câmara de água, e ainda um rio a circundando. E ao redor disso uma abóboda onde todos os corpos celestes estariam circunscritos.....16
- Figura 2.7- A imagem, extraída do Livro dos Mortos, Deir el-Bahri, do século X a.C., mostra a deusa egípcia do céu Nut, com o seu corpo suspenso pelo deus do ar Shu. O deus da terra Geb reclinava-se a seus pés.....17
- Figura 2.8- Antigo mapa chinês do céu boreal do planeta Terra faz parte do Atlas Estelar de Dunhuang. Ele marca as posições de mais de 1.300 estrelas e delineia 257 grupos de estrelas ou asterismos chineses.....17
- Figura 2.9- As Plêiades, também chamadas de aglomerado aberto M45, são facilmente visíveis a olho nu nos dois hemisférios e consistem de várias estrelas brilhantes e quentes, de espectro predominantemente azul. As Plêiades têm vários significados em diferentes culturas e tradições. Os Tupis a chamam de Colméia de Abelha.....19
- Figura 2.10- Regiões habitadas pelas grandes civilizações Pré-Colombianas.....20

Figura 2.11-	Observatório astronômico de Chichén Itzá. Mostra a forma arredondada da cúpula para facilitar a observação da astros na esfera celeste.....	20
Figura 3.1-	Modelagem gráfica NAAP da Primeira Lei de Kepler.....	25
Figura 3.2-	Modelagem gráfica NAAP da Segunda Lei de Kepler.....	26
Figura 3.3-	Modelagem gráfica NAAP da Terceira Lei de Kepler.....	27
Figura 4.1-	Abordagem de compartilhamento. Discussão em grupo.....	30
Figura 4.2-	Maquete funcional denominado telúrio que simula os movimentos do sistema terra-sol-lua de forma interativa. Simula fenômenos do dia e da noite, estações do ano, eclipses, fases da lua e marés.....	31
Figura 4.3-	Mostra a inclinação dos raios solares (alfinete) nos dois hemisférios.....	33
Figura 4.4-	Mostra a inclinação dos raios solares nos dois hemisférios.....	33
Figura 4.5-	Aula expositiva utilizando modelos computacionais.....	34
Figura 4.6-	Relógio de sol. Verificação da hora local.....	35
Figura 4.7-	Desenvolvimento da feira de ciências.....	35
Figura 4.8-	Maquete representação das viagens espaciais.....	36
Figura 4.9-	Montagem do Astrolábio.....	37
Figura 4.10-	Representação da sequência dos planetas presentes no Sistema Solar.....	39
Figura 4.11-	Representação feita por alunos do Sistema Solar em Escala.....	39
Figura 4.12-	Vênus e Lua ao entardecer.....	40
Figura 4.13-	Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.). A Terra está imóvel no centro do Universo. Estrelas e planetas ocupam esferas cristalinas perfeitas que giram em torno da Terra. O universo é perfeito e imutável.....	41
Figura 4.14-	Modelo do Sistema Solar Aristotélico feito por aluno.....	41
Figura 4.15-	Cálculo da circunferência terrestre simplificada.....	42
Figura 4.16-	Sombra projetada numa vareta no Solstício de inverno no hemisfério Sul às 12h.....	43
Figura 4.17-	Imagem da Nasa mostrando o movimento retrógrado de Marte.....	43
Figura 4.18-	Representação do movimento retrógrado de Marte no applet da NAAP.....	44

Figura 4.19-	Ilustração do livro Da Revolução dos Orbes Celestes, de Copérnico, com o modelo heliocêntrico do sistema solar.....	46
Figura 4.20-	Construção de um telescópio caseiro por alunos.....	48
Figura 4.21-	Simulação das três leis de Kepler pelo NAAP.....	50
Figura 4.22-	Construção de uma elipse pelo método de jardineiro.....	50
Figura 4.23-	Montagem do Planisfério Celeste Sul.....	51
Figura 4.24-	Galáxia de Andrômeda. Está a 2,5 milhões de anos luz da terra. É uma entre bilhões de galáxias presentes no universo observável.....	52
Figura 4.25-	Ajuste linear representando a constante de Hubble. Embora o valor de H apareça constante é importante lembrar que é uma medida de hoje. Seu valor hoje é de aproximadamente 80 km/s.Mpc.....	53
Figura 4.26-	A figura mostra uma animação de moedas anexadas a um balão, fornecendo uma analogia à expansão do universo. As moedas representam galáxias, que mantêm sua escala enquanto o espaço entre elas cresce. Essa representação poderá ser feita pelo professor para demonstrar a expansão do universo.....	54
Figura 4.27-	Maquete da Terra. Demonstração do Fenômeno do dia e da noite.....	55
Figura 4.28-	Simulador das horas do dia NAAP.....	55
Figura 4.29-	Telúrio funcional para simulação dos eventos astronômicos em 3D.....	56
Figura 4.30-	Imagem do Pôr do Sol deslocado para o Sul.....	57
Figura 4.31-	Imagem do Pôr do Sol deslocado para o Norte.....	57
Figura 4.32-	Representação no NAAP do movimento pendular do Sol.....	57
Figura 4.33-	Simulação do movimento aparente do Sol do ponto de vista terrestre.....	58
Figura 4.34-	Applet que permite explorar cada posição da Lua e mostrar a fase ou aparência da sua luminosidade. Explorar que horas que tipo de lua poderá ser vista ao longo do dia.....	59
Figura 4.35-	Simulador efeito da gravidade na órbita lunar. Permite facilitar a visualização de responder o motivo da Lua não cair na Terra.....	59
Figura 4.36-	Eclipse Solar. Acontece na Lua Nova. Na região de umbra há eclipse total. Na região de penumbra há eclipse parcial.....	60
Figura 4.37-	Eclipse Lunar. Acontece na Lua Cheia. A Lua fica na sombra da Terra.....	61

Figura 4.38-	Mostra os pontos nodais onde acontecem os eclipses.....	61
Figura 4.39-	O applet demonstra a inclinação da órbita da Lua e seu movimento durante o ano.....	62
Figura 4.40-	Fenômeno das marés. Efeito da ação gravitacional do Sol e Lua sobre a superfície terrestre.....	63
Figura 4.41-	Tábua de Marés do Porto de Galinhas. Observe que na lua nova, dia 1, tem-se o maior coeficiente de maré, portanto maior amplitude de maré.....	63
Figura 5.1-	Atividade de observação do céu noturno e coleta de dados utilizando o astrolábio.....	65
Figura 5.2-	Representação da localização da aluna sobre a superfície terrestre.....	66
Figura 5.3-	Representação do Sistema Solar. O aluno apresenta uma boa noção do conjunto dos planetas, todavia falta-lhe uma percepção de ordem de grandeza.....	66
Figura 5.4-	Representação do Sistema Solar após discussão sobre as características, posição e tamanho dos astros.....	67
Figura 5.5-	Exposição dos trabalhos na Feira de Ciências.....	67
Figura 5.6-	Planeta Vênus.....	68
Figura 5.7-	Posições de Marte, Lua e Saturno em relação a estrela Altair simuladas no Stellarium.....	68
Figura 5.8-	Brilho de Marte, Lua e Saturno em relação a estrela Altair simuladas no Stellarium.....	69
Figura 5.9-	Esquema das sombras projetadas nas cidades de Siena e Alexandria.....	70
Figura 5.10-	Modelagem matemática do comprimento e raio terrestre.....	71
Figura 5.11-	Simulação de longa exposição do movimento retrógrado de Marte.....	72
Figura 5.12-	Simulação do modelo Ptolomaico.....	73
Figura 5.13-	Desenho representativo do modelo Ptolomaico.....	73
Figura 5.14-	Linha do tempo mostrando a evolução do pensamento cosmológico.....	74
Figura 5.15-	Júpiter e suas quatro luas.....	75
Figura 5.16-	Desenhos da Lua feitos por Galileu Galilei em 1610.....	75
Figura 5.17-	Órbita de um planeta qualquer de excentricidade hipotética 0,8.....	76

Figura 5.18-	Resposta esperada do aluno.....	76
Figura 5.19-	Telúrio utilizado para demonstrar astronomia de posição.....	77
Figura 5.20-	Atividade experimental: determinação das horas do dia utilizando o relógio de Sol.....	79
Figura 5.21-	Resposta do grupo sobre a utilização da equação do tempo.....	80

# LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1- Conteúdos de Astronomia presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais...	10
TABELA 2.2- Associação dos nomes dos astros errantes com os dias da semana.....	13
TABELA 3.1- Resultado das relações da terceira Lei de Kepler.....	28
TABELA 4.1- Conteúdos abordados nas sequências didáticas no primeiro bimestre.....	30
TABELA 4.2- Conteúdos abordados nas sequências didáticas no segundo bimestre.....	30
TABELA 4.3- Características astros presentes no Sistema Solar.....	38
TABELA 5.1- Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual da Atividade I.....	81
TABELA 5.2- Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual da Atividade II.....	82
TABELA 5.3- Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual da Atividade III.....	82
..	
TABELA 5.4- Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual da Atividade IV.....	82
TABELA 5.5- Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual da Atividade V.....	83

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**MNPEF** – *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.*

**PROFIS-So** – *Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba.*

**PCPNs** – *Parâmetros Curriculares Nacionais.*

**ON** – *Observatório Nacional.*

**a.C** – *Antes de Cristo.*

**BNCC** – *Base Nacional Comum Curricular.*

**LABJOR** – *Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo.*

**EFII** – *Ensino Fundamental II.*

**NAAP** – *Nebraska Astronomy Applet Project.*

**UNL** – *Universidade Nebraska-Lincoln.*

**PHET** - *Physics Education Technology.*

**UFRGS** – *Universidade Federal do Rio Grande do Sul.*

**M31** – *Nebulosa de Andrômeda.*

**H** – *Constante de Hubble.*

**Mpc** – *Megaparsec.*

**S.S** – *Sistema Solar.*

**2D** – *Duas dimensões.*

**3D** – *Três dimensões.*

**AVA** – *Ambiente Virtual de Aprendizagem.*

**EAD** – *Ensino à Distância.*

**CDCC** – *Centro de Divulgação Científica e Cultural*



# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 BASE TEÓRICA.....	3
1.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	6
1.3 METODOLOGIA.....	6
<b>CAPÍTULO 2 - CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA ABORDADOS NO ENSINO FUNDAMENTAL II .....</b>	<b>9</b>
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	9
2.2 A QUESTÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM ASTRONOMIA .....	10
2.3 BREVE HISTÓRIA DA ASTRONOMIA .....	13
2.4 PRÉ-HISTÓRICA .....	14
2.5 POVOS MESOPOTÂMICOS .....	15
2.6 COSMOLOGIA EGÍPCIA.....	16
2.7 COSMOLOGIA CHINESA .....	17
2.8 COSMOLOGIA INDÍGENA .....	18
2.9 COSMOLOGIA NA AMÉRICA PRÉ-COLOMBIANA .....	19
<b>CAPÍTULO 3 - O MOVIMENTO DE UMA PARTÍCULA SOB AÇÃO DE FORÇA CENTRAL.....</b>	<b>21</b>
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	21
3.2 FORÇA CENTRAL .....	21
3.3 LEIS DE KEPLER .....	24
<b>CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>29</b>
4.1 VISÃO GERAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	29
4.2 DESCRIÇÃO DETALHADA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	36
<b>4.2.1 Sequência 1: O Céu Noturno .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.2 Sequência 2: Sistema Solar .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.3 Sequência 3: Modelo Geocêntrico .....</b>	<b>39</b>

4.2.4 Sequência 4: Experimento de Eratóstenes .....	42
4.2.5 Sequência 5: Modelo Geocêntrico de Claudius Ptolomeu .....	43
4.2.6 Sequência 6: Modelo Heliocêntrico de Nicolau Copérnico.....	44
4.2.7 Sequência 7: Galileu Galilei.....	47
4.2.8 Sequência 8: Leis de Kepler.....	48
4.2.9 Sequência 9: O Universo hoje: Big Bang.....	51
4.2.10 Sequência 10: Movimentos da Terra .....	54
4.2.11 Sequência 11: Estações do Ano .....	56
4.2.12 Sequência 12: Fases da Lua .....	58
4.2.13 Sequência 13: Eclipses.....	60
4.2.14 Sequência 14: Marés.....	62
<b>CAPÍTULO 5 - DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E</b>	
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	65
5.1.1 O Céu Noturno.....	66
5.1.2 O Sistema Solar.....	67
5.1.3 O Modelo Geocêntrico.....	68
5.1.4 O Experimento de Eratóstenes.....	70
5.1.5 O Modelo Geocêntrico de Claudius Ptolomeu .....	73
5.1.6 Breve relato histórico do modelo Aristotélico ao Big Bang .....	75
5.1.7 Telescópio Caseiro .....	75
5.1.8 As Leis de Kepler .....	77
5.1.9 Astronomia de Posição .....	78
5.1.10 Relógio de Sol.....	80
5.2 RESULTADOS .....	81
5.2.1 Diagnóstico do Desempenho dos Alunos .....	82
<b>CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>151</b>

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

---

Esse trabalho de pesquisa teve como ponto de partida elaborar um conjunto de sequências didáticas voltadas para o ensino de astronomia para alunos do 6º ano do ensino fundamental II obedecendo três etapas: Saberes do aluno, ideias do contexto experimental e conhecimento da ciência. Ao total foram elaboradas 14 sequências onde exploramos o interesse inerente das crianças em questionar os "porquês" das coisas, utilizando situações de conflito e problematização com experimentação a partir de materiais de fácil acesso com uso de múltiplas estratégias.

Escolhemos astronomia por se tratar de uma ciência milenar conectada com o cotidiano de todas as civilizações, da pré-história aos nossos dias. É com o advento da astronomia que o homem aprende regularidades importantes para sua sobrevivência e sua cultura; além de chamar muito a atenção dos alunos, é ressonante aos parâmetros curriculares nacionais, revelando que o conhecimento científico está ligado à cultura humana.

É na infância que tomamos o gosto para a vida adulta. Quem nunca sonhou em ser bombeiro, devido ao grande caminhão vermelho cheio de luzes piscando, ou um piloto de caça com sua máquina voadora. Nossas boas experiências na infância muitas vezes determinam nossas escolhas no futuro. No ensino não deve ser diferente. Procuramos sempre incentivar a participação ativa dos alunos deixando-os bem à vontade para formulação de perguntas

A partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais o ensino de Física passou a ter um significado preponderante para a formação de um cidadão completo, capaz de interagir com o meio de forma crítica nas mais diversas áreas do conhecimento humano. A Física jamais deve parecer como uma ciência de outro mundo, somente ao alcance de gênios presos em seus laboratórios, algo penoso e estressante, sem significados concretos, uma segunda matemática (PCNs 1998).

*"Os objetivos de Ciências Naturais no ensino fundamental são concebidos para que o aluno desenvolva competências que lhe permitam compreender o mundo e atuar como indivíduo e como cidadão, utilizando conhecimentos de natureza científica e tecnológica"(PCPN's,1998, p39).*

A Física está presente na história humana desde o advento dos sábios gregos. Aristóteles, por exemplo. Suas ideias a respeito do movimento e seu modelo geocêntrico duraram quase dois mil anos sendo efetivamente debelado somente no século XVII por Galileu Galilei com sua experimentação a respeito da queda dos corpos e observação das luas de Júpiter em 1609 e as fases de Vênus. Eratóstenes (276a.C à 194a.C) mediu a circunferência da Terra utilizando somente duas varetas (gnômom) e a sombra projetada nas Cidades de Siene e Alexandria. Isto sem falar na Física Quântica e o início da eletrônica (tão presente nos celulares de hoje). A Física está presente tanto num simples chuveiro que aplica o efeito joule na transformação de energia elétrica em energia térmica, quanto nas sondas espaciais presentes em Marte ou na Física presente na biologia, geologia, medicina, engenharia e etc.

Cabe ao professor de Física criar situações de aprendizagem que revelem ao aluno a razão pela qual o ensino de Física está presente nos currículos escolares, debelando assim sua aparente resistência em aprender. Essa barreira talvez não resida na falta de vontade do educando e sim na falta de uma iniciação sistemática e prazerosa desde as séries iniciais do ensino fundamental. Nossas boas experiências na infância muitas vezes determinam nossas escolhas no futuro e, no ensino, não deve ser diferente. Como se trata de uma alfabetização científica ao ensino de Física, a presente proposta não traz um rigor matemático dos conceitos formalmente estudados, mas sim uma situação de conflito gerado por questões problematizadoras, seguidas por discussões fenomenológicas, apresentação de vídeos, exposição de simuladores digitais, construção de maquetes e experimentação. As habilidades e competências desenvolvidas nas crianças através das atividades propostas visam à formação de um cidadão observador e crítico do mundo ao seu redor. Como uma espécie de “*spin-off*”<sup>1</sup> da experimentação, portanto tão vital quanto o objetivo principal, está o desenvolvimento da capacidade cognitiva da criança, consciente de seu papel de agente transformador da sociedade e do mundo natural, além de promover um *feedback* positivo e prazeroso no aprendizado futuro da Física de maneira sistemática e formal no futuro do aluno.

---

<sup>1</sup>Aquilo que é derivado de algo, o desdobramento de algo já existente.

## 1.1 BASE TEÓRICA

O referencial teórico escolhido foi proposto por César Coll (1986) e discutido por Antoni Zabala (1998). O que queremos que nossos alunos consigam? Apenas desejamos que nossos alunos tenham objetivos propedêuticos com vistas ao ensino superior ou queremos que nossos alunos tenham uma formação integral?

Pensamos que a escola deve ter em mente a formação de um cidadão completo consciente de seu papel na sociedade, comprometido, com reverência ao conhecimento e ao ambiente escolar, autonomia e equilíbrio pessoal. Tais atitudes devem fazer parte da relação professor/aluno em sala de aula. A formação do aluno não deve estar engessada somente ao ensino tradicional, memorização de fórmulas, teoremas e leis. As atitudes do professor em sala de aula, determinação das regras do jogo, linguajar e resposta aos conflitos são condições “*sine qua non*” para formação integral do aluno. Devemos também pensar que tipo de professor que queremos ser. Aquele que apenas se interessa pela educação tradicional ou um educador preocupado com sua responsabilidade social de ensinar e transformar o ambiente escolar? Discutimos tanto a qualidade do ensino público, a falta de investimentos, alunos despreparados, que às vezes não damos conta que grande parte dos conflitos escolares poderia ser minimizada com uma mudança de postura dos professores e gestores no ambiente escolar. Para uma postura que evidenciasse a reverência ao conhecimento, palavras de autoestima, respeito às diferenças e valorização do ambiente escolar. Zabala escreve:

*"A capacidade de uma pessoa para se relacionar depende das experiências que vive, e as instituições educacionais são um dos lugares preferenciais, nesta época, para se estabelecer vínculos e relações que condicionam e definem as próprias concepções pessoais sobre si mesmo e os demais. A posição dos adultos frente à vida e às imagens que oferecemos aos jovens, a forma de estabelecer as comunicações na aula, o tipo de regras de jogo e de convivência incidem em todas as capacidades da pessoa"(Zabala,1998, p.28).*

Não raras vezes vemos nas mídias sociais relatos de conflitos que poderiam ser resolvidos caso houvesse por parte dos educadores uma resposta conciliativa às intercorrências no ambiente escolar, valorizando a autoestima do aluno (isto não significa impunidade). Deveria fazer parte de todo aporte escolar, além de recursos pedagógicos, uma formação de gestores e professores baseada numa aproximação social e não meramente legalista e

propedêutica. Segundo Zabala, o conteúdo deve abranger toda e qualquer forma de ensino presente em sala de aula, não somente os saberes tradicionais de cada disciplina. Será que devemos ser apenas professores tradicionais ou educadores na forma mais integral possível? Segundo Zabala o aluno não aprende de forma estanque e parcelada e tudo que fazemos ou deixamos de realizar em sala de aula determina para a formação e aprendizado do aluno como um todo (Zabala,1998).

A fim de melhor compreensão dos processos cognitivos e condutuais<sup>1</sup> na formação integral do aluno, não somente propedêutica, Zabala cita Coll (1986) que propõe que o conteúdo seja classificado e agrupado em "conceituais", "procedimentais" e "atitudinais".

Conteúdo conceitual: opinião que se forma sobre algo (Bechara, 2009). O pleno entendimento conceitual de um fenômeno acontece quando o aluno consegue aplicar o conhecimento adquirido numa situação real e não simplesmente reproduzir sua definição. Haverá plena compreensão das causas, por exemplo, do dia e da noite quando o aluno perceber que o fenômeno é devido à rotação da Terra em torno de seu próprio eixo imaginário de inclinação e que o Sol continua brilhando sempre para todos os lados.

Conteúdos procedimentais devem contemplar as técnicas e métodos inerentes à capacidade de realizar alguma tarefa. O aluno, ao responder de forma mecânica a causa do dia e da noite como sendo devida à rotação da Terra, não significa que ele domina plenamente o assunto, por exemplo. É necessário, por exemplo, solicitar que o aluno simule com uma maquete funcional o fenômeno e seja provocado a pensar como seria sua posição na Terra durante as horas do dia.

Muitos especialistas das teorias do desenvolvimento cognitivos concordam que o conhecimento humano é construído a partir de suas experiências individuais e coletivas com o meio físico que os cerca.

Piaget é um desses especialistas, não único, defensor desta teoria de construção do conhecimento. Para Piaget a criança nasce com algumas habilidades de assimilação moto-sensores (Piaget,1987. p,333) que lhe capacita interagir com o meio e, a partir daí, desenvolver-se intelectualmente.

Essas habilidades de assimilação vão se modificando com a idade e, à medida que novas competências vão sendo assimiladas e acomodadas, a mente humana vai se organizando e se adaptando ao meio (PIAGET,1987). Existe um ponto de equilíbrio entre a assimilação e acomodação.

---

<sup>1</sup>Relativo a conduta do aluno em sala de aula

Para que exista uma evolução conceitual na criança é necessário causar pequenos desequilíbrios nesse processo, forçando a criança criar novos processos de assimilação. Segundo Piaget, os períodos de desenvolvimento mental de uma criança de 7 anos até 12 anos de idade se estruturam no que ele denomina operações concretas. Nessa fase a criança ainda não consegue criar hipótese e deduções. Todavia é necessário que o professor desenvolva abordagem que favoreçam o desequilíbrio entre assimilação e acomodação para que a criança evolua ao pensamento formal, tão importante para uma maior eficiência no processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim o professor, ao utilizar uma atividade de procedimentos na montagem e utilização de uma maquete funcional, poderá explorar de forma evolutiva os fenômenos astronômicos. Zabala (Zabala1998), escreve:

*"As condições de uma aprendizagem de conceitos ou princípios coincidem exatamente com as que foram descritas como gerais e que permitem que as aprendizagens sejam as mais significativas possíveis. Trata-se de atividades complexas que provoquem um verdadeiro processo de elaboração e construção pessoal do conceito. Atividades experimentais que favoreçam que os novos conteúdos de aprendizagem se relacionem substantivamente com os conhecimentos prévios; atividades que promovam uma forte atividade mental que favoreça estas relações; atividades que outorguem significado e funcionalidade aos novos conceitos e princípios; atividades que suponham um desafio ajustado às possibilidades reais, etc. Trata-se sempre de atividades que favoreçam a compreensão do conceito a fim de utilizá-lo para interpretação ou o conhecimento de situações, ou para construção de outras ideias" (Zabala,1998, p.30).*

Com relação aos conteúdos atitudinais, vale a afirmação “uma ação vale mais que mil palavras”. As relações interpessoais são preponderantes no ambiente escolar, as atitudes de outras pessoas significativas em sala intervêm no aprendizado, positivamente ou negativamente. Como prestar atenção em alguém que não gostamos ou não temos respeito ou afinidade? O professor pode ser um excelente educador, mas se não há empatia, não há trocas de conhecimento, o resultado volta à propedêutica com vistas apenas a aprovação final.

*"As atitudes de outras pessoas significativas intervêm como contraste e modelo para as nossas e nos persuadem ou nos influenciam sem que em muitos casos façamos uma análise reflexiva. Em termos gerais, a aprendizagem dos conteúdos atitudinais supõe um conhecimento e uma reflexão sobre os possíveis modelos, uma análise e uma avaliação das normas,*

*uma apropriação e elaboração do conteúdo, que implica a análise dos fatores positivos e negativos, uma tomada de posição, um envolvimento afetivo e uma revisão e avaliação da própria atuação" (Zabala,1998,p.47).*

## 1.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Com vistas à criação de atividades que favorecem o aprendizado em sala de aula e possibilitem que alcancemos nossos objetivos, decidimos formatar os assuntos dentro de uma sequência didática. Quando falamos em sequência didática dentro do processo de ensino e aprendizagem estamos pensando numa série de propostas de ações sucessivas que levam a um determinado objetivo central. Para que essas ações tenham um efeito satisfatório é necessário que o professor conheça seus alunos e estabeleça formas de intervenção que melhorem a eficiência do processo de ensino e aprendizagem dentro da sala de aula.

*“Sequência didática é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelo professor como pelo aluno” (ZABALA, 1998, p. 18).*

Segundo Zabala a sequência não deve apenas contemplar as etapas de todo processo e sim fomentar quais etapas mais se adaptam às necessidades educacionais do aluno.

## 1.3 METODOLOGIA

Bonadiman (2007) faz algumas perguntas muito reflexivas que todos os professores de física deveriam parar e pensar sobre sua atitude em sala de aula.

*“O que leva as pessoas, de um modo geral, a não gostarem da Física? Como explicar as deficiências no seu aprendizado, se estamos diante de uma ciência cujo objeto de investigação é dos mais atrativos? O fato de a Física tratar das coisas e dos fenômenos da natureza, da tecnologia e de situações da vivência do aluno não deveria ser motivo suficiente para despertar o interesse do estudante para seu estudo?” (Bonadiman,2007, p.196).*



As causas da baixa eficiência no processo de ensino e aprendizagem elencada por Bonadiman são das mais variadas. Baixa valorização do professor, condições precárias de trabalho, excesso da matematização em detrimento do contexto fenomenológico e experimental, ausência de significados no cotidiano do aluno e distanciamento dos seus saberes.

*“Muitas das dificuldades enfrentadas pelo professor de Física em sala de aula, principalmente as relacionadas com a questão do gostar e do aprender, a nosso ver podem ser contornadas por ele mesmo, com o auxílio de uma metodologia adequada de ensino. Esta ideia é reforçada por Galiazzi e Gonçalves (2004) quando afirmam que, geralmente, a maneira como um professor desenvolve um determinado assunto em sala de aula influencia o aluno a gostar ou não do que está sendo tratado.” (Bonadiman 2007, p.200).*

Vale ressaltar que não existe uma fórmula mágica que resolverá todos os problemas em sala de aula, entretanto cabe ao professor procurar métodos que despertem no aluno uma curiosidade que o levará a uma melhor eficiência no processo de ensino e aprendizagem. Dentre as diretrizes da proposta feita por Bonadiman, destacamos:

- *O entendimento da Física como uma ciência dinamicamente constituída pelos conhecimentos produzidos pelo homem ao longo de sua história, nas suas relações com o contexto cultural, social, político e econômico;*
- *A inserção da história da Ciência no processo ensino- aprendizagem, de modo a auxiliar no entendimento da evolução dos conceitos físicos e, também, contribuir na construção do conhecimento;*
- *A construção do conhecimento pelo aluno, mediada pelo professor, através da inter-relação experimento-teoria-cotidiano;*
- *A experimentação como um contexto importante na obtenção de informações (observações e medidas) e na produção de ideias que constituem uma das bases de apoio no processo de formação do saber;*
- *A explicitação dos saberes do aluno a partir de questionamentos, da análise de situações do seu cotidiano e de fenômenos físicos reproduzidos em laboratório e, ainda, a valorização de suas formas de pensar no processo ensino- aprendizagem; (Bonadiman 2007, p.206).*

É apresentado na figura 1.1 um diagrama que mostra as concepções presentes na proposta metodológica sugerida por Bonadiman. O diagrama representa as atribuições do professor e o papel do aluno como participante de sua aprendizagem.



**Figura 1.1.** Saberes do Aluno: Conhecimento de senso comum do aluno; Ideias do Contexto experimental: Pensamento do aluno à partir de atividade experimental; Conhecimento da ciência: Conjunto dos saberes adquirido pelo homem ao longo da história; Conhecimento escolar: Com a mediação do professor o conhecimento adquirido pelo aluno deve ser o mais próximo possível do conhecimento científico.

Fonte: Bonadiman 2007

Aluno: é o foco central do professor em sala de aula. É a razão de ser de toda a atividade pedagógica de uma escola. Saberes do Aluno (1ª ETAPA): o aluno já tem um conhecimento prévio a respeito dos fenômenos astronômicos, o professor deve criar abordagem de compartilhamento que permita esse aluno expor suas ideias, pois elas serão o norte necessário para o professor iniciar as discussões fenomenológicas em sala de aula e criar provocações que favoreçam o aprendizado na manipulação das maquetes e aparatos experimentais. Ideias de contexto experimental (2ª ETAPA): construção de maquetes funcionais ou aparatos pedagógicos que motive o aluno expor suas ideias a respeito de determinado fenômeno astronômico. Conhecimento da ciência (3ª ETAPA): o conhecimento escolar deve se aproximar o máximo possível do conhecimento científico. Sobre tudo isso temos a mediação do professor que deve estar preparado e motivado para a realização das 3 etapas.

# Capítulo 2

## CAPÍTULO 2 - CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA ABORDADOS NO ENSINO FUNDAMENTAL II

---

---

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os conteúdos voltados ao ensino de Astronomia presentes no ensino fundamental, mais precisamente no 3º ciclo (EFII), 6º ano, estão presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências Naturais (Brasil, 1998). Esses parâmetros descrevem de forma clara os conteúdos que devem ser estudados ao longo do ciclo.

É responsabilidade da escola no ensino fundamental mostrar o conhecimento científico como uma criação humana, fruto de sua engenhosidade e questionamento, para compreensão do mundo ao redor (Brasil 1998). O ensino não deve ser propedêutico, com vistas apenas a um futuro distante. O aluno deve se sentir parte deste processo hoje, conhecer para saber opinar e tornar-se um cidadão completo.

A ciência moderna inicia-se (séculos XVI e XVII) com os avanços das observações dos movimentos celestes. Copérnico, Kepler, Galileu, Newton, estavam na vanguarda dessa mudança de paradigma. Em 2009 foi comemorado o ano internacional da astronomia, essa comemoração marcou o 400º aniversário do primeiro uso do telescópio astronômico por Galileu Galilei em 1609 (IAU 2009).

No terceiro ciclo do eixo temático Universo e Terra, conforme tabela 2.1, é sugerido que o aluno entenda o sistema Terra-Sol-Lua e suas regularidades, saiba explicar as causas do dia e da noite, o movimento aparente do Sol ao longo do ano em diferentes posições do globo.

O professor deve estimular os alunos expressarem suas próprias ideias no papel e confrontá-las com as explicações fenomenológicas utilizando maquetes e simuladores.

Conceitual	Procedimental	Atitudinal
Observação direta, busca e organização de informações sobre a duração do dia em diferentes épocas do ano e sobre os horários de nascimento e ocaso do Sol, da Lua e das estrelas ao longo do tempo, reconhecendo a natureza cíclica desses eventos e associando-os a ciclos dos seres vivos e ao calendário;	Busca e organização de informações sobre cometas, planetas e satélites do sistema Solar e outros corpos celestes para elaborar uma concepção de Universo;	Caracterização da constituição da Terra e das condições existentes para a presença de vida; valorização dos conhecimentos de povos antigos para explicar os fenômenos celestes.

**Tabela 2.1.** Conteúdos presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais.

## 2.2 A QUESTÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM ASTRONOMIA

Muito embora os conteúdos de astronomia estejam presentes nos parâmetros curriculares nacionais de forma clara, sua aplicação em sala de aula, não resultam numa evolução conceitual satisfatório, num aprendizado significativo e duradouro. Os alunos continuam com suas visões pré-conceituais. Os conteúdos de astronomia são muito pouco explorados na trajetória escolar do aluno (Langhi 2010).

Como exemplo, em uma de nossas intervenções em sala de aula foi proposta para os familiares dos alunos a pergunta se o Sol sempre nasce exatamente no ponto cardinal leste todos os dias (figura 2.1). Em muitos casos, com raríssimas exceções, a resposta foi que sim, para surpresa dos alunos. A pergunta foi feita para diversas pessoas de idades e formações diferentes. A resposta deveria ser apresentada imediatamente, sem tempo para buscas em ferramentas de pesquisa.

**34 anos - Instrumentadora Cirúrgica**

O Sol sempre nasce no ponto cardinal leste?  
 Explique?  
 Sim. Mas nasce no leste e põe  
 no oeste

**38 anos - Advogada**

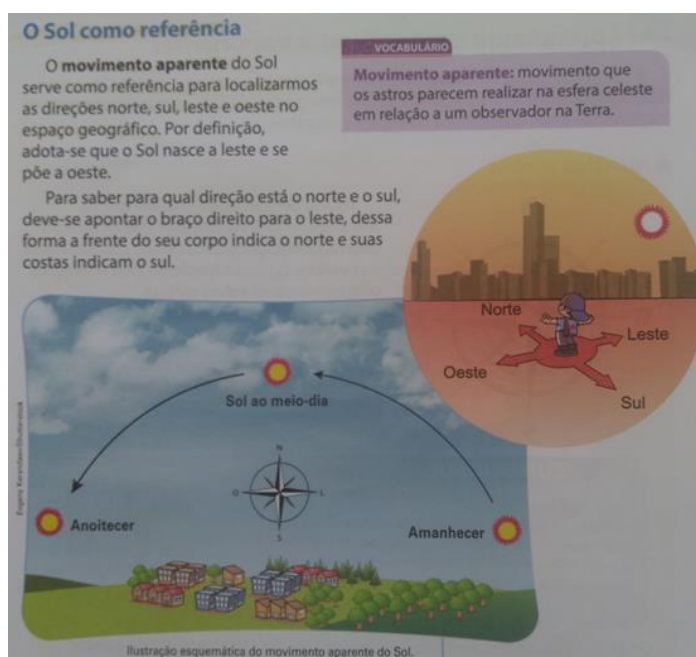
Resposta: O sol nasce todos os dias no  
 ponto cardinal leste devido a inclinação  
 do eixo da Terra.

**22 anos - Vestibulando**

O SOL NASCE NO LESTE E MORRE NO OESTE  
 POR CAUSA DO SISTEMA GIRETÓRIO DA TERRA  
 DEVIDO O EQUILIBRIO DE GLOWWIK.

**Figura 2.1.** Exemplo de respostas da Enquete “O Sol sempre nasce no ponto cardinal leste todos os dias do ano?”. Fonte: Autor 2017.

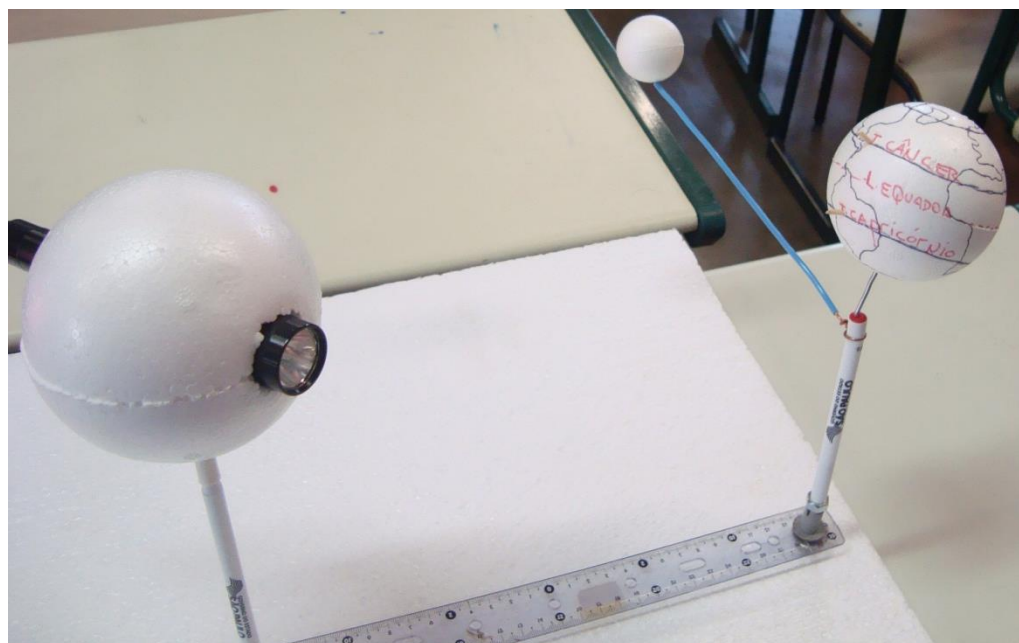
A razão desta resposta equivocada talvez esteja no erro conceitual dos materiais apostilados e livros didáticos apontados por Langhi e Nardi (figura 2.2).



**Figura 2.2.** Material didático apostilado do 4º ano do Ensino Fundamental I. No primeiro parágrafo o autor do material escreve: “Por definição, adota-se que o Sol nasce a leste e se põe a oeste”. Quando a frase correta deveria ser: “O Sol nasce exatamente no ponto cardinal Leste duas vezes no ano, nos equinócios”.

Fonte: Autor 2017.

Outro problema apontado é a ausência de questionamentos relevantes que permitam os alunos pensarem por si próprios (Dias 2007). No caso da causa das estações do ano é comum os alunos responderem que são devidas à órbita elíptica terrestre (uma resposta que é favorecida pelas imagens clássicas apresentada nos livros didáticos). É importante frisar que o motivo desta imagem é devido a representação tridimensional (3D) que é apresentada de forma bidimensional (2D). Ao olharmos um círculo obliquamente teremos a impressão que se trata de uma elipse. Esse equívoco se transmite ao longo da trajetória de formação do aluno e inclusive do futuro professor. Outra dificuldade apontada está em visualizar os movimentos astronômicos (Langhi 2007). É muito importante que o aluno visualize tridimensionalmente a dinâmica dos astros celestes e essa deficiência pode ser corrigida construindo modelos funcionais do sistema Terra-sol-Lua em 3D, o Telúrio por exemplo (figura 2.3).



**Figura 2.3.** TELÚRIO-Sistema Terra-Sol-Lua. Simulador funcional que permite visualizar os movimentos da Terra e Lua em 3D. Permite explorar as estações do ano, alternância entre o dia e a noite, eclipses, fases da lua e marés.

Com a manipulação desta maquete funcional o aluno poderá verificar por si próprio a exatidão de suas respostas, poderá ainda confrontá-las com as imagens presentes nos livros didáticos que muitas vezes induzem ao erro. Esse simulador didático servirá para mostrar as causas do dia e da noite, as estações do ano, o movimento de rotação e translação terrestre, as fases da Lua, a causa das marés. Com o uso sistemático em sala de aula do Telúrio aliado aos simuladores virtuais da *Nebraska Astronomy Applet Project - NAAP* o professor terá um aporte pedagógico de altíssimo poder de visualização dos eventos astronômicos, o que os livros didáticos não trazem em razão das figuras serem bidimensionais.

## 2.3 BREVE HISTÓRIA DA ASTRONOMIA

O céu noturno sempre chamou muito a atenção do homem desde os tempos mais remotos. Ao olhar para o céu o homem aprendeu a época correta de plantar, colher, migrar, contar o tempo, estações do ano, etc. (GALDINO, 2011).

O conhecimento científico acumulado ao longo de milênios, tem grande parte de sua origem devida aos estudos dos astros. A exemplo devemos os dias da semana ao estudo dos sete astros errantes conhecidos desde a antiguidade pelos mesopotâmios (Faria, 1982), conforme tabela 2.2.

<b>Astro</b>	<b>Espanhol</b>	<b>Italiano</b>	<b>Inglês</b>	<b>Português</b>
<b>Sol</b>	<b>Domingo</b>	<b>Domenica</b>	<b>Sunday</b>	<b>Domingo</b>
<b>Lua</b>	<b>Lunes</b>	<b>Lunedì</b>	<b>Monday</b>	<b>Segunda-feira</b>
<b>Marte</b>	<b>Martes</b>	<b>Martedì</b>	<b>Tuesday</b>	<b>Terça-feira</b>
<b>Mercúrio</b>	<b>Miercoles</b>	<b>Mercoledì</b>	<b>Wednesday</b>	<b>Quarta-feira</b>
<b>Júpiter</b>	<b>Jueves</b>	<b>Giovedì</b>	<b>Thursday</b>	<b>Quinta-feira</b>
<b>Vênus</b>	<b>Viernes</b>	<b>Venerdì</b>	<b>Friday</b>	<b>Sexta-feira</b>
<b>Saturno</b>	<b>Sabado</b>	<b>Sabato</b>	<b>Saturday</b>	<b>Sábado</b>

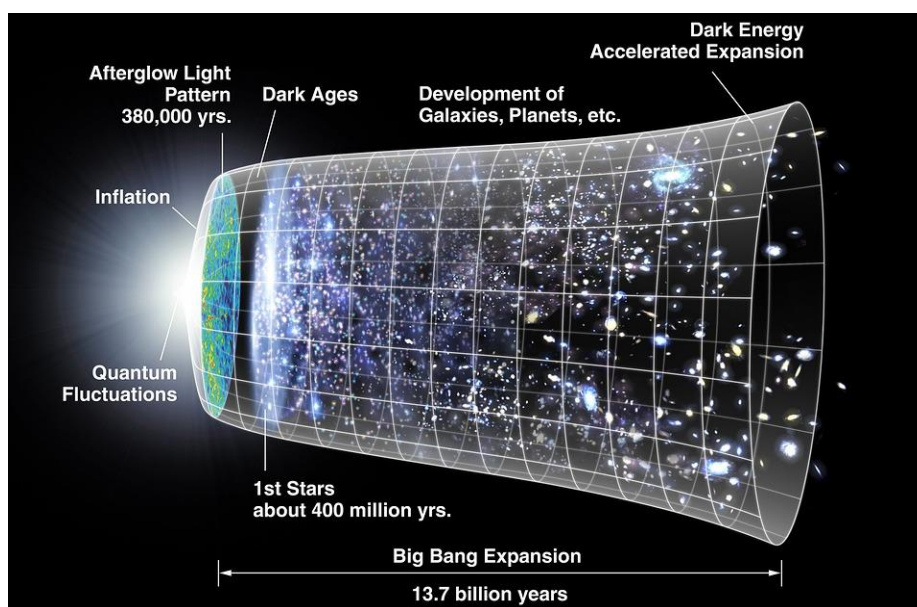
**Tabela 2.2.** Nome dos planetas em diversas línguas. Fonte: Faria 1992.

Os modelos de mundo de Aristóteles, Ptolomeu, Aristarco de Samos, Copérnico, entre outros ao longo dos séculos, nos fez pensar na evolução do Universo como um todo.

O universo sempre existiu? O Universo foi criado num certo instante? Existe um criador? Existem outros mundos? E outros universos? Essas e outras perguntas sempre permeiam todos aqueles que percebem a natureza ao seu redor e têm uma curiosidade a respeito do mundo ao seu redor (Costa, 2000), (Faria, 1982).

A cosmologia é a ciência que estuda a origem e a evolução do Universo como o conhecemos hoje. Newton acreditava num universo infinito e estático (Gleiser, 1997). Heinrich Wilhelm Matthäus Olbers (1758-1840) dizia que se o universo fosse infinito o céu noturno seria claro como dia (Kepler, 2004). Em 1916 Einstein publica a teoria da relatividade geral que sugere que a gravidade é o resultado da deformação do espaço-tempo e que o universo deve ser finito e dinâmico. Em 1929 Edwin Powell Hubble, observou com um potente telescópio que as galáxias mais distantes tinham uma maior velocidade de afastamento, isto é, quanto mais distante a galáxia, maior sua velocidade de afastamento, essa relação ficou conhecida como Lei de Hubble. Essas e outras observações levaram o homem a elaborar o modelo do *Big Bang*. Esse modelo é o mais bem aceito pela comunidade científica nos dias de hoje. Segundo esta teoria, todo o universo que conhecemos (tempo, espaço e energia) estava concentrado num

ponto infinitesimal com densidade infinita e, num dado instante, por razões desconhecidas pela ciência, o Universo começa a expandir-se. Todavia a ciência não consegue descrever absolutamente nada no instante inicial ( $t = 0$ ). O modelo só faz sentido a partir do instante inicial  $t = 10^{-43}$  s que é o tempo em que as leis da Relatividade Geral de Einstein fazem sentido, abaixo deste tempo há necessidade de uma teoria quântica da gravidade, ainda não estabelecida. A partir desse instante é que as leis da física fazem sentido, quando o universo era bem menor que um átomo. Nos  $10^{-34}$ s o universo sofre uma rápida expansão multiplicando seu tamanho em uma ordem de grandeza de  $10^{31}$ , permeado de fótons, quarks e léptons. Somente após os primeiros 379000 anos os primeiros átomos de hidrogênio e hélio, por influência da gravidade, começaram a formar as primeiras estrelas (Halliday,2016), figura 2.4.



**Figura 2.4.** Ilustração do universo desde as primeiras flutuações quânticas, logo após o instante  $t=0$  (extremidade esquerda), até a atual expansão acelerada,  $13,7 \cdot 10^9$  anos depois (extremidade direita).

Fonte: Nasa.

A seguir apresentaremos um breve relato da visão que alguns povos antigos tinham sobre astronomia e a influência dessa em sua cultura.

## 2.4 PRÉ-HISTÓRIA

As origens da astronomia datam de aproximadamente 50.000 anos atrás (Faria, 1982). Existem muitas gravações em pedras e em paredes de cavernas que representam agrupamentos estelares como as Plêiades e a constelação da Ursa Maior. Os megalíticos mais famosos são de



Stonehenge na Inglaterra (figura 2.5). A palavra “megalítico” vem do grego “mega” (grande) mais “lithos” (pedra). Há muitos outros círculos de pedra espalhados pelo mundo. Eles serviam para marcar a entrada do solstício de verão.

Assim o homem deve ter notado que o Sol não surge sempre ao leste todos os dias, mas descreve um movimento pendular ao longo do ano alcançando um máximo deslocamento para o norte (entrada do verão no hemisfério norte) e um máximo deslocamento para o sul (entrada do inverno no hemisfério norte). A palavra solstício significa “parada do sol”.



**Figura 2.5.** Stonehenge. O alinhamento de megálitos existentes nessas construções indicam com precisão os pontos do nascer e ocaso do Sol e da Lua, em diferentes épocas do ano. Fonte: Wikipédia.

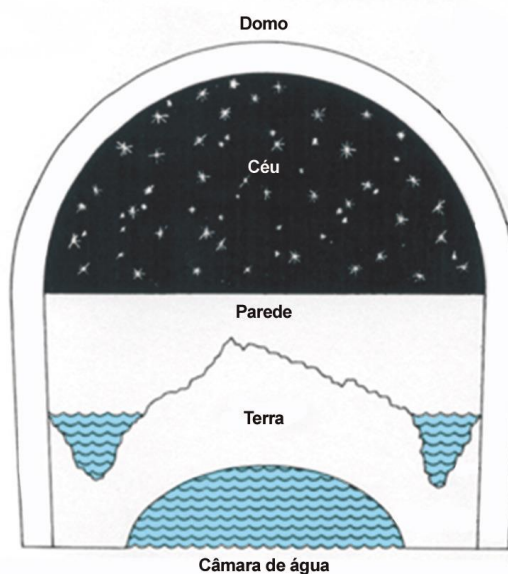
## 2.5 POVOS MESOPOTÂMICOS

A Mesopotâmia é uma região geográfica entre os rios Tigre e Eufrates, onde viveram vários povos, entre eles, os sumérios, babilônicos, caldeus e assírios. Hoje a maior parte dessa região é conhecida como Iraque e cada um desses povos tinha uma visão peculiar sobre o universo.

Os sumérios foram os primeiros povos a se estabelecerem na região da mesopotâmia (por volta de 2500 a.C.), esse povo deixa de existir no segundo milênio antes de Cristo. Parte do seu conhecimento foi transmitido aos assírios por meio da sua arte e mitologia (ON 2015).

A escrita, ciência, astrologia e astronomia babilônica tem uma forte origem no povo sumério (ON 2015).

A cosmologia desenvolvida pelos babilônicos continha muitos registros, contínuos e precisos, como posição de planetas, do sol, da lua e sobre eclipses. Eles conseguiram desenvolver uma aritmética capaz de fazer previsões. Eles conheciam o período de Saros, período de aproximadamente 18 anos depois do qual um eclipse volta a ocorrer com as mesmas características (Faria 1982). A figura 2.6, mostra uma representação do universo babilônico.

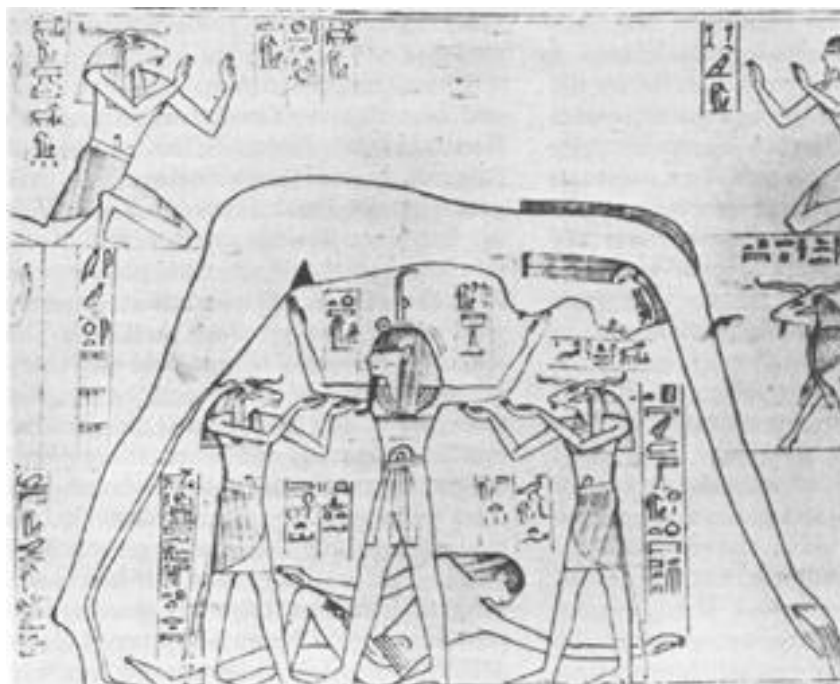


**Figura 2.6.** O universo segundo os babilônicos. Temos representados: a terra que tinha uma forma circular, que estaria sobre uma câmara de água, e ainda um rio a circundando. E ao redor disso um domo onde todos os corpos celestes estariam circunscritos. Fonte: Observatório Nacional.

## 2.6 COSMOLOGIA EGÍPCIA

O Egito, situado às margens do rio Nilo, teve seu início por volta de 3.500 a.C. O ano egípcio tinha 365 dias e dividia-se em 12 seções com 30 dias cada uma, em razão de observações feitas por eles com o fim de entender o Deus Rá que é representado pelo Sol (ON 2015).

“Nut (Figura 2.7) frequentemente é representada como uma fêmea nua que se estica através do céu. O Sol, o deus Ra, é mostrado entrando em sua boca, passando através de seu corpo salpicado de estrelas e emergindo de seu "canal de nascimento" nove meses mais tarde (do equinócio da primavera ao solstício de inverno no hemisfério norte). Assim Ra se torna um deus que cria si mesmo isto é, o universo é auto-criante e eterno” (ON 2015).



**Figura 2.7.** A imagem, extraída do Livro dos Mortos, Deir el-Bahri, do século X a.C., mostra a deusa egípcia do céu Nut, com o seu corpo suspenso pelo deus do ar Shu. O deus da terra Geb reclinase a seus pés.  
 Fonte: Observatório Nacional (ON).

## 2.7 COSMOLOGIA CHINESA

Os chineses também demonstraram preocupação com a astronomia. É deles o mapa estelar mais antigo que se tem notícia (figura 2.8).



**Figura 2.8.** Antigo mapa chinês do céu boreal do planeta Terra. Faz parte do Atlas Estelar de Dunhuang. Ele marca as posições de mais de 1.300 estrelas e delinea 257 grupos de estrelas ou asterismos chineses. Fonte: Copyright: J.-M. Bonnet-Bidaud (CEA, Saclay), F. Praderie (Obs. Paris) S. Whitfield (British Library).

Uma história interessante, com relação à criação, é que no início o céu e a terra estavam unidos numa forma de ovo, em uma nebulosidade. Então, o primeiro homem, Pagu, ao crescer, separou o mais leve (céu) do pesado (terra). Existe também uma versão em que Pagu, com um machado, separou o céu da terra. Apesar destas histórias, a astronomia chinesa era avançada e eles já sabiam diferenciar estrelas de planetas e já percebiam os movimentos celestes (ON 2015).

Marcelo Gleiser (1997) em seu livro “A dança do Universo” relata que a religião e seus mitos de criação são formas humanas de entender a natureza.

*“Quando refletimos sobre a origem do universo, imediatamente percebemos que devemos nos defrontar com problemas bem fundamentais. Como compreender qual a origem de tudo? Se assumirmos que algo criou tudo, caímos em uma regressão infinita; quem criou o tudo? Como podemos entender o que existia antes de tudo existir?” (Gleiser, 1997,p.21)*

Sendo assim a ciência tem um papel preponderante em oferecer repostas às perguntas universais que não são exclusivas das motivações religiosas.

## 2.8 COSMOLOGIA INDÍGENA

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC 2016). O conhecimento indígena faz parte do conhecimento da humanidade.

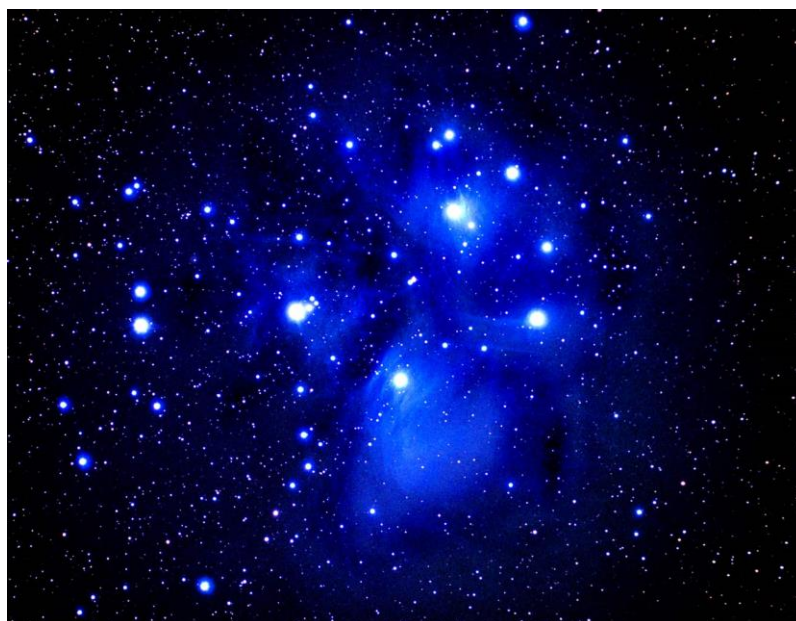
*“Na unidade temática Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes.*

*Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior*

*valorização de outras formas de conceber o mundo, como os conhecimentos próprios dos povos indígenas originários.”*  
(BNCC 2016, p.138).

Luiz Galdino (2011) em seu livro “Astronomia Indígena” discute que o fundamento da astronomia reside no fato de que o homem primitivo percebeu que os fenômenos climáticos, assim como as melhores épocas para caçar, pescar, plantar, migrar, correspondiam a eventos cíclicos registrados nos céus. Prever os movimentos dos astros era uma questão de sobrevivência. Galdino diz:

“Em toda América do Sul, os ciclos destas constelações (Órion e Plêiades, fig. 2.9) prendem-se às estações do ano. As Plêiades, que recebem batismo como Colméia de Abelha, entre os Tupis do nordeste; Buquê de flores, entre os Bororos; e Punhado de Farinha, entre os Bacairis; são os mais populares.” (GALDINO 2011, p.34).

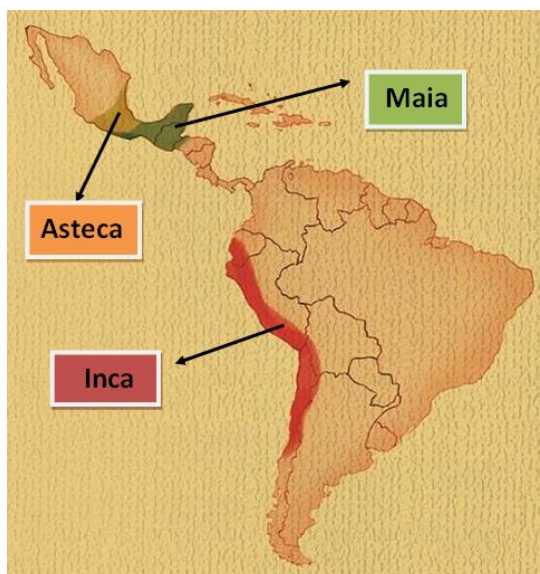


**Figura 2.9.** As Plêiades, também chamadas de aglomerado estelar (ou aglomerado aberto) **M45**, são facilmente visíveis a olho nu nos dois **hemisférios** e consistem de várias estrelas brilhantes e quentes, de **espectro** predominantemente azul. As Plêiades têm vários **significados em diferentes culturas e tradições**. Para os Tupis “Colméia de Abelha”.Fonte: Skyimagelab.

## 2.9 COSMOLOGIA NA AMÉRICA PRÉ-COLOMBIANA

As sociedades que viviam no continente americano antes da chegada dos europeus são denominadas pré-colombianas, destacamos os Astecas que viviam predominantemente ao norte

do México, os Maias que viviam mais ao sul do México até Honduras e os Incas que se localizavam mais na América do Sul, principalmente na região Andina (figura 2.10).



**Figura 2.10.** Regiões habitadas pelas grandes civilizações Pré-Colombianas.  
Fonte: Autor 2017.

Denominados de índios pelos espanhóis, por acreditarem terem chegado às Índias, algumas dessas sociedades apresentavam um alto nível de organização social, político e econômico. (NAVARRO, LABJOR).

Para esses povos a observação dos astros era de vital importância para a sobrevivência das sociedades e seu controle cívico-religioso. O Sol e a Lua tinham relações com as divindades da criação e com o calendário. O calendário Tzolkin dos Maias apresentava 260 dias com 13 meses de 20 dias cada. O planeta Vênus era conhecido dos Maias como Chark Ek'. A figura 2.11 mostra o observatório Maia de Chichén Itzá, localizado na península de Iucatã, México.



**Figura 2.11.** Observatório astronômico de Chichén Itzá. Repare na forma arredondada da cúpula para facilitar a observação da astros na esfera celeste.  
Fonte: Alexandre Guida Navarro (LABJOR).

# Capítulo 3

## CAPÍTULO 3 - O MOVIMENTO DE UMA PARTÍCULA SOB AÇÃO DE FORÇA CENTRAL

---

---

### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Historicamente as origens da Mecânica Celeste se confundem com a própria origem da Mecânica Clássica (Maciel 1991). A descrição da geometria das órbitas dos corpos celestes feitas por Kepler, baseadas nas observações experimentais de Tycho Brahe, serviu de informação para que Isaac Newton (1642-1727) investigasse a razão do movimento planetário. Newton publica em 1687 sua obra grandemente prestigiada no mundo científico *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Ela descreve as três Leis de Newton e a Lei da Gravitação Universal, razão do movimento planetário e de satélites.

Neste item será discutido um tópico da Mecânica Clássica para a Astronomia: o movimento de uma partícula sob a ação de Força Central.

### 3.2 FORÇA CENTRAL

Força central é definida como a força que depende somente da distância entre os corpos e é dirigida radialmente ao longo da linha que os une. Matematicamente, temos

$$\vec{F} = \hat{r}F(r) \quad (1)$$

onde  $\hat{r}$  é o versor que aponta na direção radial e  $F(r)$  é a magnitude da força. Exemplos de forças centrais são as forças gravitacionais, entre o Sol e os planetas, e as forças

coulombianas, entre o elétron e o núcleo de um átomo, por exemplo. As forças centrais podem ser de atração, no caso da gravitacional, ou de repulsão e atração no caso da coulombiana.

Um resultado interessante é que o momento angular  $\vec{L}$  de uma partícula sob a ação de uma força central em relação a um eixo que passe pelo centro de força (p. ex, o Sol) é conservado. De fato, sendo  $\vec{N}$  o torque sobre a partícula, então a derivada deste com relação ao tempo é dada por

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{N} = \vec{r} \times \vec{F} = (\vec{r} \times \hat{r})F(r) = 0 \quad (2)$$

Então,

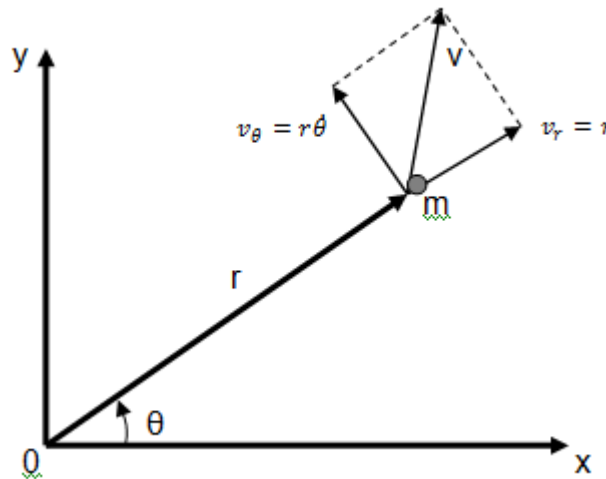
$$\vec{L} = \text{constante.}$$

Uma consequência do resultado acima é que o movimento de uma partícula sob a ação de uma força central permanece no plano. Para mostrar isso, pode-se lançar mão de um argumento físico e outro matemático. Primeiramente, se a força sobre a partícula se dirige para o centro, a velocidade desta não poderá adquirir uma componente fora do plano no qual ela se movia inicialmente. Matematicamente, para uma partícula com massa  $m$  e velocidade inicial  $\vec{v}$  (e momento  $\vec{p} = m\vec{v}$ ) o momento angular é dado por

$$\vec{L} = \hat{r} \times \vec{p} = m(\vec{r} \times \vec{v}) \quad (3)$$

O que indica, claramente, que o vetor  $\vec{L}$ , constante, deve permanecer perpendicular ao plano formado  $\vec{r}$  e  $\vec{v}$ . Em outras palavras,  $r$  e  $v$  devem permanecer neste plano.

A partir da figura seguinte, pode-se escrever a lagrangiana  $L$  de uma partícula de massa  $m$  e velocidade  $v$  (em coordenadas polares) sujeita a uma força central, em função de sua energia cinética  $T$  e sua energia potencial  $V$ .





$$L = T - V = \frac{1}{2}m(v_r^2 + v_\theta^2) - V(r) \quad (4)$$

Sendo  $v_r$  e  $v_\theta$ , respectivamente, as componentes radial e tangencial da velocidade. Tais componentes são dadas por

$$v_r = \dot{r} \quad (5)$$

$$v_\theta = r\dot{\theta} \quad (6)$$

Então

$$L = \frac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2) - V(r) \quad (7)$$

As equações de Lagrange em termos das coordenadas generalizadas  $r$  e  $\theta$  são, respectivamente,

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{r}}\right) - \frac{\partial L}{\partial r} = 0 \quad (8)$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}}\right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 \quad (9)$$

A primeira produz a equação de movimento

$$m\ddot{r} - mr\dot{\theta}^2 + \frac{dV}{dr} = 0 \quad (10)$$

Enquanto a segunda leva à equação de movimento

$$\frac{d}{dt}(mr^2\dot{\theta}) = 0 \quad (11)$$

Esta última tem como solução

$$mr^2\dot{\theta} = L = \text{constante} \quad (12)$$

já que

$$L = r \cdot p = rmv_\theta \quad (13)$$

Como a força central é conservativa, é sempre interessante verificar a conservação da energia mecânica  $E$  na forma

$$E = T + V = \frac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2) + V(r) = \text{constante} \quad (14)$$

ou, usando a equação 14 para isolar  $\dot{\theta}$ , temos

$$E = \frac{1}{2}\left(m\dot{r}^2 + \frac{L^2}{mr^2}\right) + V(r) = \text{constante} \quad (15)$$

Um caso interessante para a Astronomia é, obviamente, o caso em que a força é inversamente proporcional ao inverso do quadrado da distância:

$$\vec{F} = \frac{k}{r^2} \hat{r} \quad (16)$$

Sendo a energia potencial dada por

$$V(r) = - \int_{r_s}^r \vec{F}(r) \cdot d\vec{r} = - \int_{r_s}^r \frac{k}{r^2} \cdot dr \quad (17)$$

Assumindo que o potencial é nulo no infinito, ou seja,  $V(r_s = \infty) = 0$ , pode-se escrever

$$V(r) = \frac{k}{r} \quad (18)$$

No caso da força gravitacional entre duas massas  $M$  e  $m$  separadas por uma distância  $r$ , a constante  $k$  é dada por

$$k = -GMm \quad (19)$$

sendo  $G$  a constante universal ( $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ ).

Sendo a força atrativa ( $k < 0$ , como o caso da força gravitacional) e a partícula com energia  $E < 0$ , pode-se mostrar que a órbita (trajetória) do movimento é uma elipse.

### 3.3 LEIS DE KEPLER

No início do século XVII, antes das leis de movimento de Newton, e após finalmente interpretar o longo conjunto de observações experimentais de Brahe, Kepler anunciou três leis que descreviam os movimentos dos planetas em torno do Sol. Importante lembrar que as três leis de Newton são de natureza dinâmica e envolvem a interação geral entre corpos, escritas em termos de força, de massa, de distância e de tempo, enquanto que as leis de Kepler são de natureza cinemática, descrevendo o movimento dos planetas em termos de distância e tempo. Ou seja, as leis de Kepler podem ser deduzidas do estudo de Newton para a gravitação.

- **Lei das Órbitas Kepler.**

Os planetas movem-se em órbitas elípticas com o Sol em um dos focos (figura 3.1). É consequência direta de ser a força gravitacional entre o Sol e os planetas uma força central, seguindo a lei dos inversos do quadrado das distâncias (equação 11).

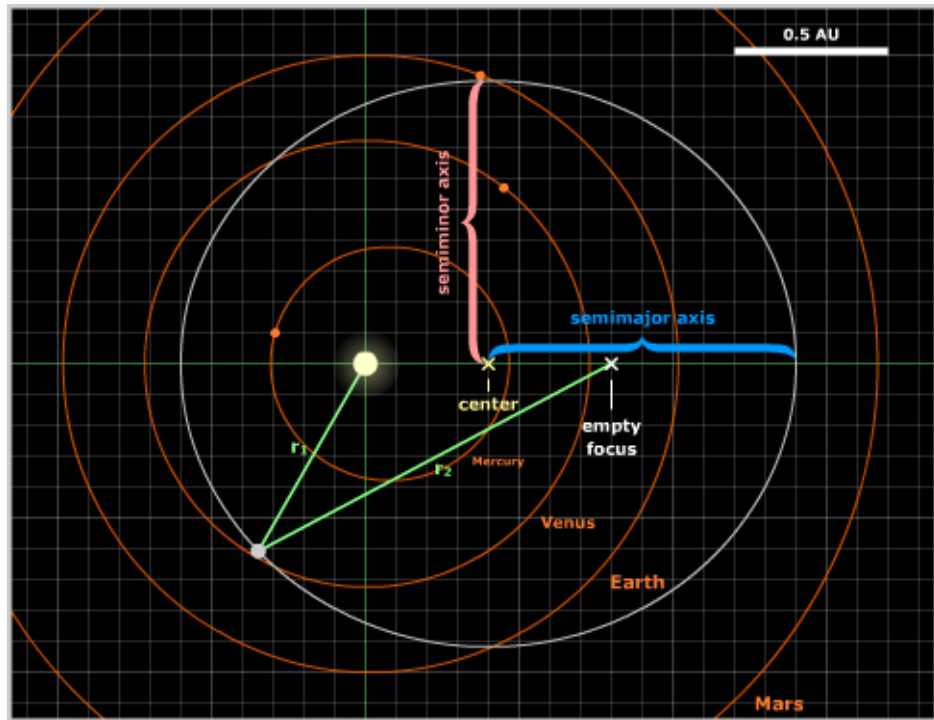


Figura 3.1. Primeira Lei de Kepler. Fonte: Autor (NAAP).

- **Lei das Áreas de Kepler.**

O raio do vetor posição do Sol (que o liga ao planeta) varre áreas iguais em intervalo de tempo iguais. Resulta da conservação do momento angular.

A Lei das Áreas é consequência do fato do momento angular  $L$  permanecer constante

$$L = r_1 \times p_1 = r_2 \times p_2 \quad (20)$$

Aplicando na situação mostrada na figura 3.2 onde  $m$  é a massa da Terra,  $M$  é a massa do Sol,  $v$  é a velocidade tangencial da Terra em torno do Sol e  $r$  é a distância entre eles, temos

$$r_1 v_1 = r_2 v_2 = r_3 v_3 \quad (21)$$

Para a velocidade areal permanecer constante, se  $v$  aumenta,  $r$  diminui, então

$$A_1 = A_2 = A_3 \quad (22)$$

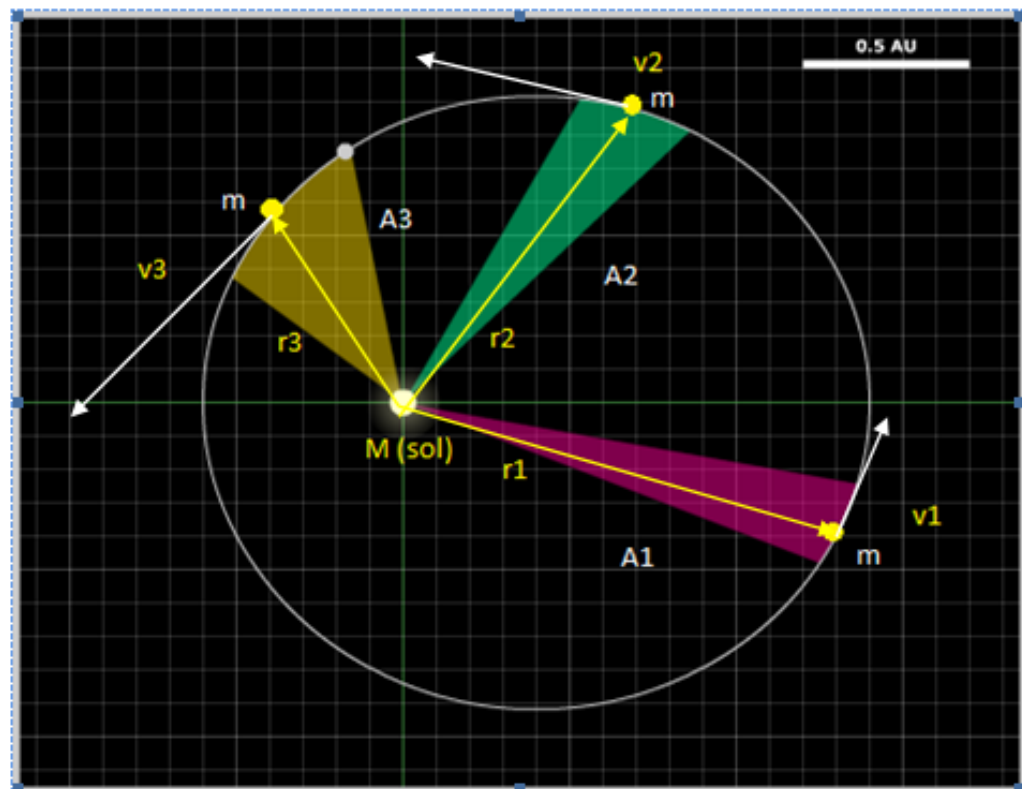


Figura 3.2. Segunda Lei de Kepler.  $A_1=A_2=A_3$ . Fonte: Autor (NAAP).

- **Lei das Harmônicas (Períodos) de Kepler.**

O quadrado do período de revolução de qualquer planeta é proporcional ao cubo da medida do semieixo maior da elipse, ou seja, quanto mais distante o planeta do Sol, maior seu período orbital (figura 3.3). Pode-se demonstrar que é consequência direta de a força gravitacional ser proporcional à massa do planeta.

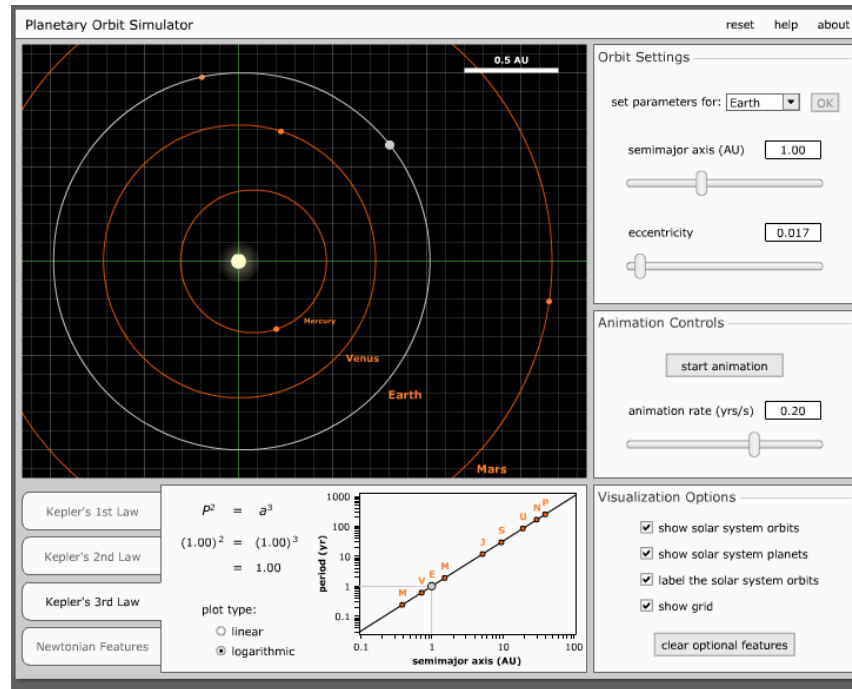


Figura 3.3. 3ª Lei de Kepler. Fonte: NAAP.

Da Lei da Gravitação Universal. Considere dois corpos, conforme a figura abaixo:

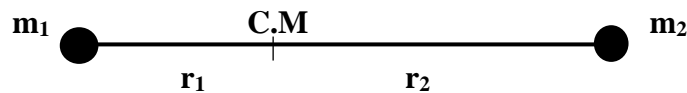


Figura 3.4. Interação gravitacional entre dois corpos. Fonte: Autor 2017.

$$\vec{F} = \frac{Gm_1m_2}{(r_1 + r_2)^2} \hat{r} \quad (23)$$

Onde  $r_1$  e  $r_2$  são as distâncias entre os centros dos corpos ao centro de massa do sistema (C.M),  $m_1$  e  $m_2$  são as massas de tais corpos e  $G$  é a constante da gravitação universal. Sabemos que

$$v = \frac{2\pi(r_1 + r_2)}{T} \quad (24)$$

$T$  é o período da revolução dos corpos.

A resultante da força centrípeta  $\vec{R}_{CP}$  é igual a força de atração gravitacional  $\vec{F}_g$  para um movimento circular uniforme

$$\vec{R}_{CP} = \vec{F}_g \Rightarrow \frac{(m_1 + m_2)v^2}{(r_1 + r_2)} \hat{r} = \frac{Gm_1m_2}{(r_1 + r_2)^2} \hat{r} \quad (24)$$

$$(m_1 + m_2) \left[ \frac{2\pi(r_1 + r_2)}{T} \right]^2 = \frac{Gm_1m_2}{(r_1 + r_2)} \quad (25)$$

Que resulta em

$$\frac{T^2}{(r_1 + r_2)^3} = \frac{4\pi^2(m_1 + m_2)}{Gm_1m_2} \quad (26)$$

Como

$$\frac{T^2}{(r_1 + r_2)^3} = \text{constante} \quad (27)$$

E admitindo que  $r_1 \ll r_2$  podemos escrever

$$r_1 + r_2 \approx r_2 \quad (28)$$

Substituindo  $r_2 \approx R$ , temos:

$$\frac{T^2}{R} = \text{constante} \quad (29)$$

Sendo assim podemos calcular a distância média dos planetas em relação ao Sol ( $R$ ) e seu período orbital em anos ( $T$ ), conforme a tabela 3.1, abaixo:

PLANETA	RAIO MÉDIO DA ÓRBITA (UA*)	PERÍODO EM ANOS TERRESTRES	$T^2/R^3$
MERCÚRIO	0,387	0,241	1,002
VÊNUS	0,723	0,615	1,001
TERRA	1,000	1,000	1,000
MARTE	1,524	1,881	1,000
JÚPITER	5,203	11,860	0,999
SATURNO	9,539	29,460	1,000
URANO	19,190	84,010	0,999
NETUNO	30,060	164,800	1,000

**Tabela 3.1.** Resultado das relações da terceira Lei de Kepler. Fonte: Google imagens  
 \* UA = **Unidade astronômica**. Equivale à distância média da Terra ao Sol ( $1,48 \times 10^8$  Km).

# Capítulo 4

## CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

---

### 4.1 VISÃO GERAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As aulas foram desenvolvidas com 30 alunos do ensino fundamental II, 3º ciclo. Foram obedecidos os conteúdos propostos nos PCNS: observação do céu noturno, movimento aparente da esfera celeste, modelos de mundo, movimento aparente do sol, experimento de Eratóstenes, leis de Kepler, movimentos da terra, estações do ano, eclipses e marés. Os alunos construíram um astrolábio para medir a posição angular dos astros no céu noturno e perceberam o seu movimento aparente, relógio de sol, eclipse com a técnica do jardineiro, uma luneta astronômica, um planisfério, um sistema solar em escala e um telúrio multifuncional e realizaram uma visita ao Observatório de Campinas-SP. Houve também a realização de uma feira cultural com a apresentação do sistema solar em escala e um concurso de foguetes de água, realizado com outra turma em razão do conflito de data. Durante as aulas foram utilizados simuladores virtuais *STELLARIUM* (planetário de código aberto) e *NASA's Eyes on the Solar System* e simuladores da Universidade Nebraska-Lincoln (UNL 2018).

As tabelas seguintes (tabelas 4.1 e 4.2) indicam os conteúdos, voltados à Astronomia em dois bimestres.

AULA	CONTEÚDO	AULA	CONTEUDO
01 e 02	O céu Noturno	07e 08	Modelo de Ptolomeu
03 04 05 06	Sistema Solar	08 e 09	Modelo Heliocêntrico: Copérnico
04 e 05	O modelo geocêntrico	10 e 11	Galileu <u>Galilei</u>
05 e 06	Experimento de <u>Eratóstenes</u>	12 e 13	Leis de Kepler

**Tabela 4.1.** Conteúdos abordados nas sequências didáticas no primeiro bimestre. Fonte: Autor 2017.

AULA	CONTEÚDO	AULA	CONTEUDO
14 e 15	Movimentos da Terra	20 e 21	Eclipses
16 e 17	Estações do Ano	22 e 23	As marés
18 e 19	Fases da Lua	24 e 25	Big <u>Bang</u>

**Tabela 4.2.** Conteúdos abordados nas sequências didáticas no segundo bimestre. Fonte: Autor 2017.

Nossa metodologia fundamentada no diagrama de Bonadiman consistiu em dividir as abordagens dos assuntos em três etapas. Na primeira etapa os alunos foram divididos em grupos de 4 integrantes. Também foi escrito na lousa ao longo das aulas questões sobre eventos astronômicos ou questões de pesquisa para iniciar uma discussão e conhecer o pensamento prévio dos alunos (ideia de senso comum). Nessas abordagens iniciais foram utilizados vídeos e imagens que despertaram a curiosidade do aluno sobre cada assunto, antes da socialização da questão, conforme figura 4.1.



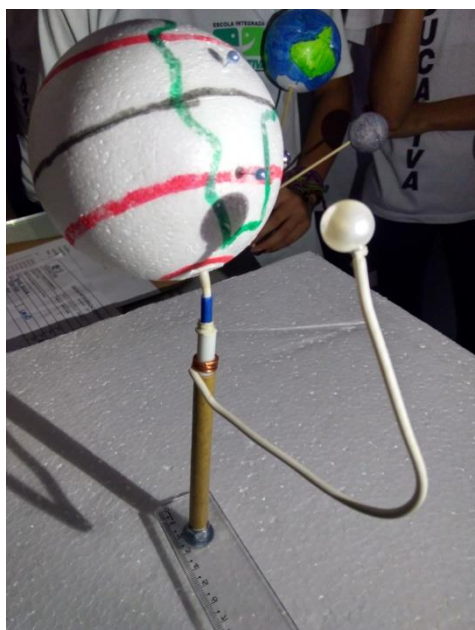
**Figura 4.1.** Discussão em grupo. Fonte: Autor 2017.



Exemplo de questões apresentadas ao longo das aulas:

- Qual é a causa do dia e da noite? Explique.
- Qual é a causa das estações do ano? Explique.
- O sol sempre nasce exatamente no ponto cardeal no leste? Explique.
- Quantas e quais são as fases da lua? Explique.
- Por que a lua apresenta sempre a mesma face voltada para a terra? Explique.
- Existe um lado escuro da lua? Explique.
- Se todas as coisas próximas a Terra caem, por que a lua não cai? Explique.
- Os eclipses acontecem em qual lua? Explique.
- Se a lua gira em torno da Terra, por que não existem dois eclipses a cada mês?
- O mês sideral é de aproximadamente 27 dias. O mês lunar é de aproximadamente 29 dias. Por que há diferença de aproximadamente dois dias entre os dois?
- Qual é a causa das marés? Explique.

O professor solicitou que os alunos escrevessem suas ideias no papel ou defendessem suas argumentações verbalmente. Na segunda etapa, o professor solicitou aos alunos que trouxessem materiais de baixo custo para construção de modelos funcionais em 3D que permitissem simular os movimentos astronômicos (figura 4.2).



**Figura 4.2.** Maquete funcional denominado Telúrio que simula os movimentos do sistema terra-sol-lua de forma interativa. Simula fenômenos do dia e da noite, estações do ano, eclipses, fases da lua e marés. Fonte: Autor 2017.

Os alunos utilizaram maquetes funcionais para analisar as respostas das questões problematizadoras colocadas na lousa inicialmente. O professor ficou atento durante a execução das atividades a fim de que os obstáculos conceituais fossem percebidos pelos alunos e respondidos à luz do uso do simulador (Scarinci,1997).

Na terceira etapa, com a ajuda do professor e dos colegas, era esperado que o aluno percebesse com sua maquete, por exemplo, que a causa das estações do ano não é em razão das distâncias da terra ao sol, e sim devido à inclinação do eixo imaginário da terra e seu movimento de translação. Esse contato visual e a dinâmica dos movimentos celestes reproduzidas com o uso da maquete favoreceram uma impressão na mente do aluno assertiva e mais duradoura, fazendo com que o conhecimento escolar se aproximasse o máximo possível do conhecimento científico, tornando-se algo palpável ao aluno com a mediação do professor.

Durante as abordagens o professor deve ficar atento aos alunos que simplesmente repetem a resposta do grupo anterior. As abordagens de compartilhamento são sempre muito intensas e nesse momento o professor deve ser apenas o moderador das ideias. Quando as questões problematizadoras são socializadas pelos grupos, é natural que ocorra certa competição entre os alunos e que alguns esperem uma resposta pronta e final do professor. Nesse momento o professor deve conter seu desejo de responder às questões. Retirar todos os obstáculos não despertará no aluno à curiosidade para buscar uma solução para o problema proposto. Esses obstáculos não devem ser muito maiores que a capacidade inata do aluno em buscar uma solução; do contrário poderá causar desânimo ou indisciplina. É necessário deixar muito claro que essa abordagem inicial tem como único objetivo saber o que o aluno pensa a respeito do fenômeno a ser estudado e deixá-lo muito à vontade para expressar seu pensamento lógico. Conhecer o pensamento pré-conceitual do aluno é condição "*sine qua non*" para uma evolução conceitual e um aprendizado significativo (SILVA,1997).

No momento da socialização o professor deve ficar atento à inconformidade da resposta, pois é ela que vai causar o "*start*" para a solução do problema e uma evolução conceitual no aluno. No caso das estações do ano é comum encontrar a seguinte frase:

*"Quando a terra está mais perto do sol é verão, quando a terra está mais longe do sol é inverno." (A1).*

Esse tipo de resposta revela uma impossibilidade que deve ser explorada pelo professor. Se a causa das estações do ano fosse devido à proximidade da Terra em relação ao sol, então

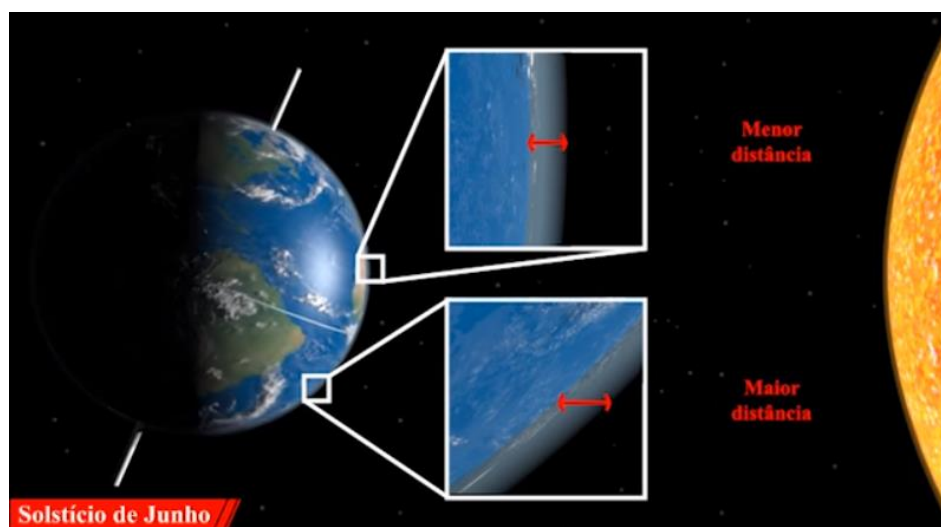
deveríamos ter verão ou inverno simultaneamente nos dois hemisférios. Todavia, quando é verão no hemisfério norte, será inverno no hemisfério sul e as estações do ano são alternadas nos dois hemisférios, nunca iguais, com exceção de regiões muito próximas ao equador.

Como a causa das estações do ano é devida ao eixo imaginário de rotação da terra estar inclinado aproximadamente  $23,5^\circ$  e permanecer apontando sempre na mesma direção e sentido em relação ao plano orbital, isso fará com que um dos hemisférios receba mais radiação solar do que no outro (figura 4.3).

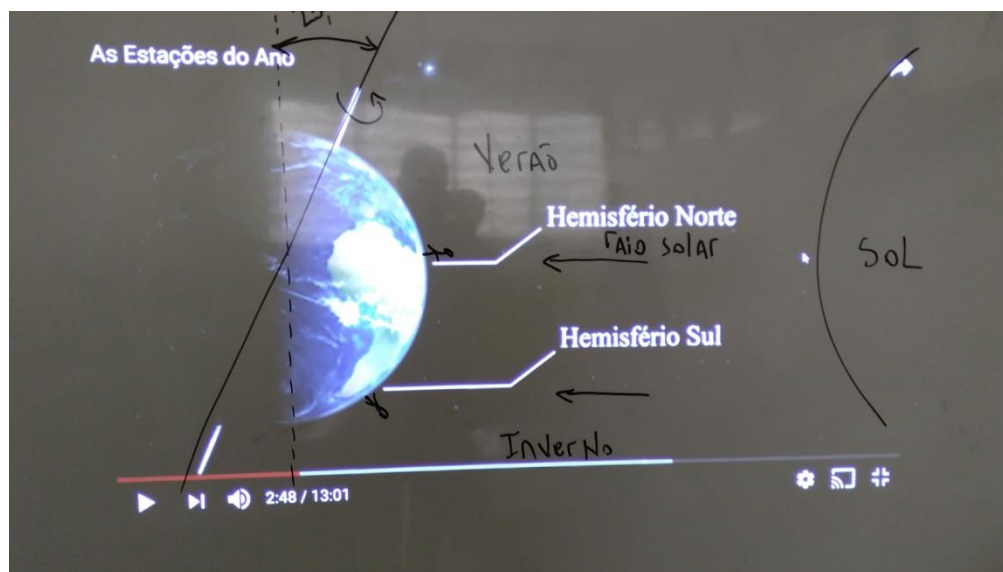


**Figura 4.3.** Mostra a inclinação dos raios solares (alfinete) nos dois hemisférios.  
Fonte: Autor 2017.

Os raios solares percorrem uma distância menor na atmosfera no hemisfério norte (solstício de verão no H.N), enquanto que no hemisfério sul a distância é maior (figura 4.4 e 4.5). Essa obliquidade dos raios solares fará com que um hemisfério do planeta receba mais radiação solar por unidade de área que o outro hemisfério.



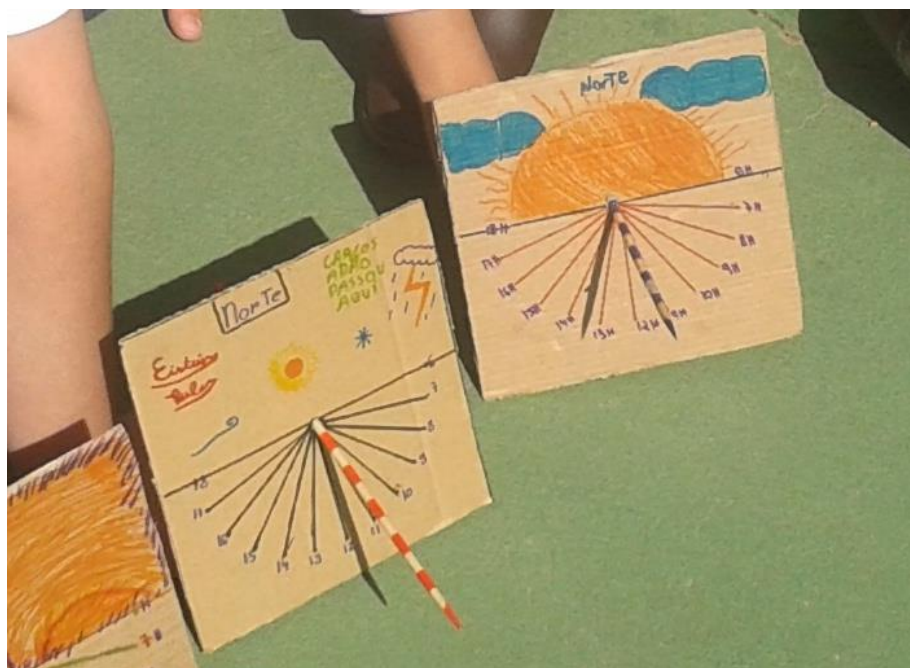
**Figura4.4.** Mostra a inclinação dos raios solares nos dois hemisférios. Fonte: Autor 2017.



**Figura 4.5.** Aula expositiva utilizando modelos computacionais. Fonte: Autor 2017

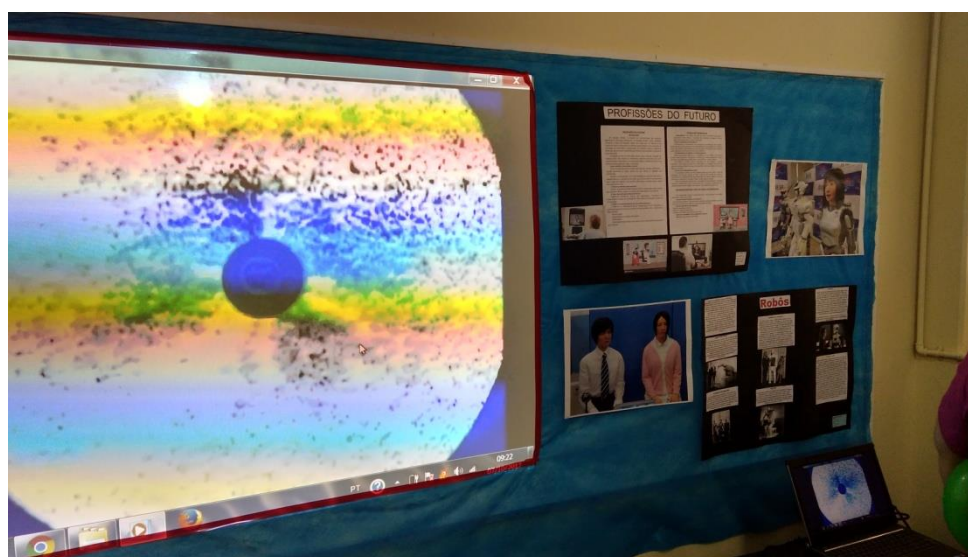
Como o planeta é quase uma esfera, a região do equador receberá a mesma quantidade de radiação na região próxima ao equador. Então não faz sentido em considerar as estações do ano em regiões próximas ao equador terrestre. O aluno mais observador sempre pergunta se a proximidade da terra ao sol (periélio) tem alguma influência na temperatura. A resposta para essa pergunta é que sim. Se não houvesse a inclinação do eixo imaginário terrestre a diferença entre o afélio e o periélio seria de  $5,8^{\circ}\text{C}$  (Dias 2007). Mas é uma influência muito menor em comparação à obliquidade dos raios solares.

Durante todo o desenvolvimento dos temas propostos foram utilizados simuladores virtuais da *University of Nebraska–Lincoln* (NAAP), PHET, o planetário virtual de código aberto *Stellarium*, maquetes funcionais 3D composta do sistema Terra-Sol-Lua. Os alunos foram incentivados a observarem o comportamento do céu noturno e a fotografarem a posição do sol nos meses que se seguiam as aulas. Os alunos construíram ao longo do curso um astrolábio, um relógio de sol (figura 4.6), maquetes funcionais do sistema Terra-Sol-Lua, elipse para descrever as leis de Kepler, etc.

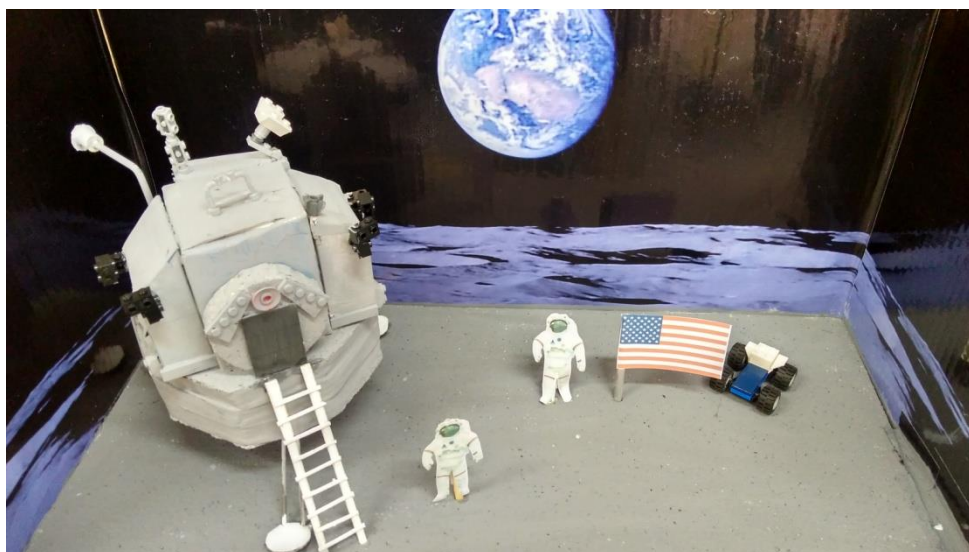


**Figura 4.6.** Relógio de sol. Verificação da hora local. Fonte: Autor 2017

O curso foi finalizado com uma feira científica onde os alunos construíram um sistema solar em escala onde puderam falar sobre os eventos astronômicos com muita propriedade e satisfação desde as ideias Aristotélicas às viagens espaciais modernas (figura 4.7 e 4.8). Revelando uma sensação de que o conhecimento científico serve como base de entendimento do mundo ao nosso redor.



**Figura 4.7.** Desenvolvimento da feira de ciências. Fonte: Autor 2017



**Figura 4.8.** Viagens espaciais. Fonte: Autor 2017

## 4.2 DESCRIÇÃO DETALHADA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

### 4.2.1 Sequência 1: O Céu Noturno

Objetivo: Entender o movimento aparente do céu noturno

Duração: 2 aulas

Material: Planetário de código aberto Stellarium

Atividade Experimental: Construir um astrolábio e medir a posição angular do astro.

Foi apresentado aos alunos (utilizando o simulador virtual Stellarium) o céu noturno da cidade de Sumaré, região onde se localiza a escola. Foram feitas as seguintes questões iniciais:

- Quantas estrelas são possíveis enxergar durante a noite?
- Por que o céu noturno do simulador é diferente do céu noturno real observado? Por que no simulador há tantas estrelas?

No céu noturno é possível enxergar aproximadamente 3 mil estrelas, todavia as condições climáticas, poluição luminosa e de partículas presentes na atmosfera interferem na visualização da maioria das estrelas a olho nu.

Após execução do movimento aparente da esfera celeste ao longo do tempo no simulador os alunos construíram um astrolábio (figura 4.9).



**Figura 4.9.** Construção do astrolábio. Fonte: Autor 2017.

### 4.2.2 Sequência 2: Sistema Solar

Objetivo: Entender a composição do Sistema Solar

Duração: 4 aulas

Material: Planetário de código aberto *Stellarium*; *App Nasa's Eyes*

Atividade Experimental: Desenhar o sistema solar em escala.

- Desenhe o sistema solar livremente, sem qualquer tipo de consulta.

Logo após o professor deverá explorar a ordem dos planetas, seu tamanho, suas distâncias, sua composição (rochoso ou gasoso) e sua excentricidade. Utilizar o simulador *Nasa's Eyes* para mostrar as posições e o *Stellarium* para explorar os planetas e suas posições corretas (figura 4.10). Explorar a página da UFRGS (<http://astro.if.ufrgs.br/ssolar.htm>). Discutir o que são planetas Terrestres (telúricos) e Jovianos (gasosos), conforme tabela 4.3.



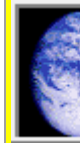
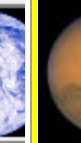
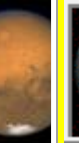




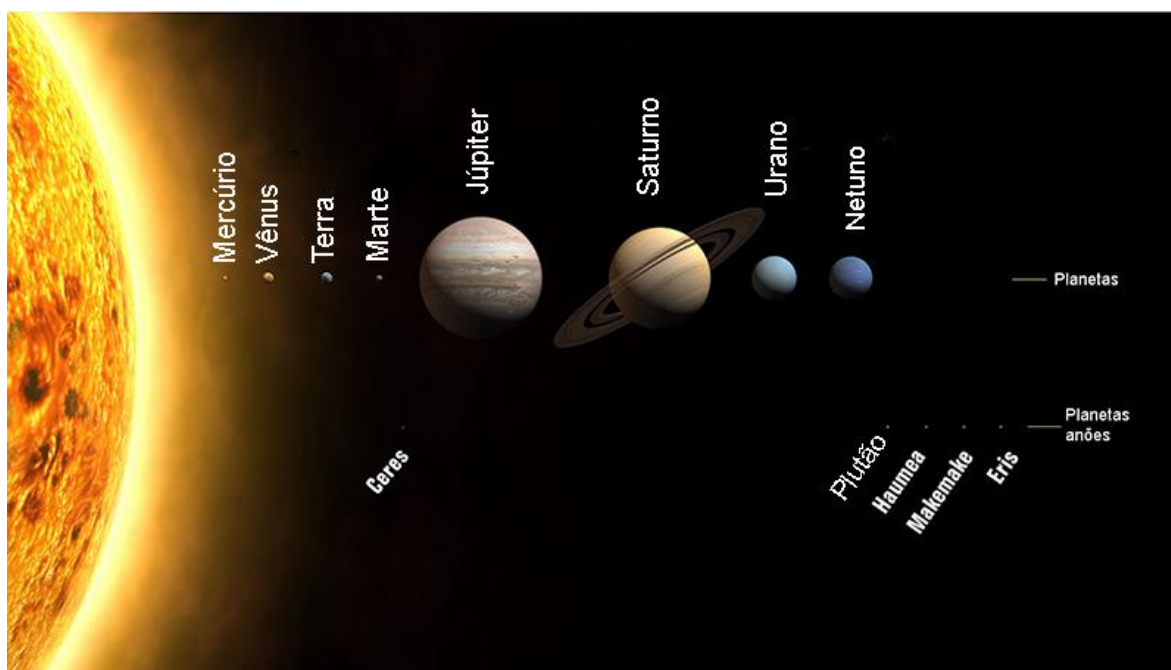
STATUS									
Diâmetro Equatorial (km)	4878	12100	12756	6786	142984	120536	51108	49538	2374
Massa ( $M_{Terra}$ )	0,055	0,815	1	0,107	317,9	95,2	14,6	17,2	0,002
Distância média ao Sol (UA)	0,387	0,723	1	1,524	5,203	9,539	19,18	30,06	39,44
Distância média ao Sol (milhões de km)	57,9	108,2	149,6	227,9	778,4	1423,6	2867	4488	5909
Excentricidade da Órbita	0,206	0,0068	0,0167	0,093	0,048	0,056	0,046	0,010	0,248
Período de Translação (d=dias, a=anos)	87,9d	224,7d	365,25d	686,98d	11,86a	29,46a	84,04a	164,8a	247,7a
Período de Rotação (d=dias, h=hora)	58,6d	243d	23h56m	24h37m	9h48m	10h12m	-17h54m	19h6m	6d9h
Inclinação do Eixo	0,1°	177°	23° 27'	25° 59'	3° 05'	27° 44'	98°	30°	120°
Densidade ( $g/cm^3$ )	5,4	5,2	5,5	3,9	1,3	0,7	1,3	1,6	1,9
Temperatura (C) (S=Sólido, n=nuvens)	407(S)dia - 183(S)noite	-43(n) 470(S)	22(S)	-23(S)	-150(n)	-180(n)	-210(n)	-220(n)	-218(S)
Principais Componentes Atmosfera	traços de Na, He, H, O	98%CO <sub>2</sub> , 3,5%N	78%N <sub>2</sub> , 21%O <sub>2</sub>	95%CO <sub>2</sub> , 3%N	90%H, 10%He	97%H, 3%He	83%H, 15%He, CH <sub>4</sub>	74%H, 25%He, CH <sub>4</sub>	CH, N, CO
Gravidade Superficial em relação à Terra ( $g_{Terra}$ )	0,37	0,88	1	0,38	2,64	1,15	1,17	1,18	0,11
Nº. de Satélites Conhecidos	0	0	1	2	69	62	<u>27</u>	14	5
Velocidade de Escape (km/s)	4,3	10,4	11,2	5,0	60	35,4	21	24	1,21

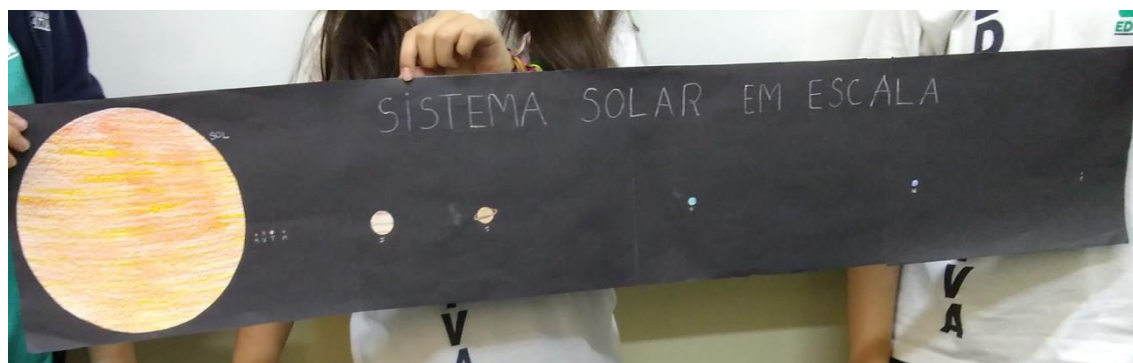
Tabela 4.3. Características astros presentes no Sistema Solar. Fonte UFGRS.





**Figura 4.10.** Sequência dos planetas. Fonte UFRGS.

Após discussão das principais características dos astros presentes do sistema solar, foi solicitado aos alunos que refizessem as correções nos desenhos iniciais obedecendo a ordem de tamanho e distância (figura 4.11).



**Figura 4.11.** Sistema Solar em escala de tamanho e distância. Fonte: Autor 2017.

### 4.2.3 Sequência 3: Modelo Geocêntrico

Objetivo: Entender os modelos de mundo da antiguidade

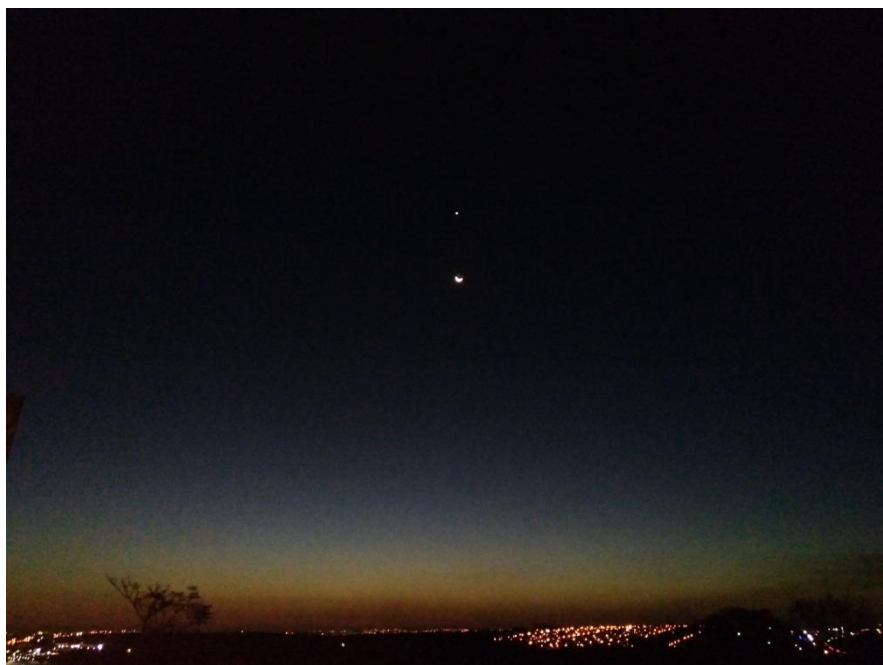
Duração: 2 aulas

Material: Planetário de código aberto Stellarium

Atividade Experimental: Identificar e coletar imagens de um dos cinco astros errantes.

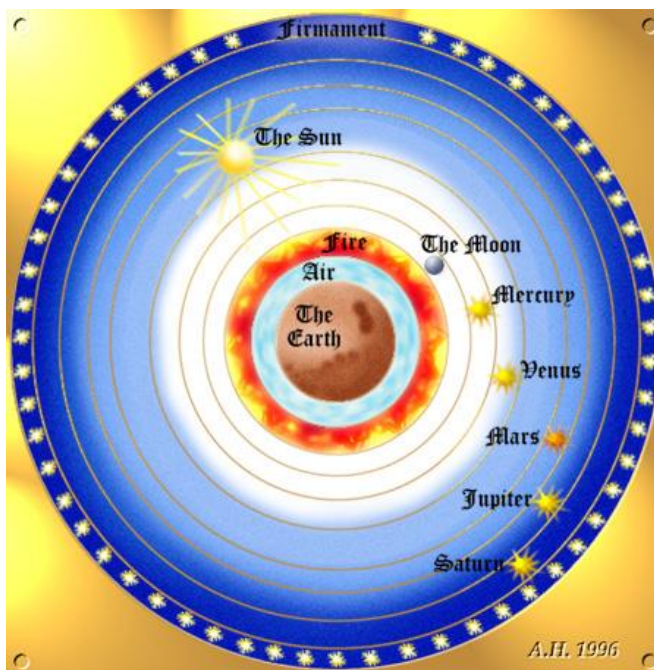
Os planetas históricos são os planetas que eram conhecidos desde a antiguidade. São os cinco planetas que conseguimos ver a olho nu (figura 4.12). Os cinco planetas mais o sol e a lua eram conhecidos como astros errantes, *i.e.*, são astros que não acompanham o movimento do firmamento. Eles ocupam posições diferentes ao longo do ano, “caminham pelo céu”.

Ao olharmos fixamente para um astro qualquer no firmamento ele parece percorrer uma trajetória de leste para oeste. Todavia hoje sabemos que esse movimento aparente é devido ao movimento de rotação da terra, de oeste para leste, em torno de seu próprio eixo de rotação imaginário que está inclinado  $23,5^\circ$ . Entretanto provar o movimento da terra não é uma tarefa fácil, muito menos na antiguidade.



**Figura 4.12.** Vênus e a Lua. Fonte: Autor 2017.

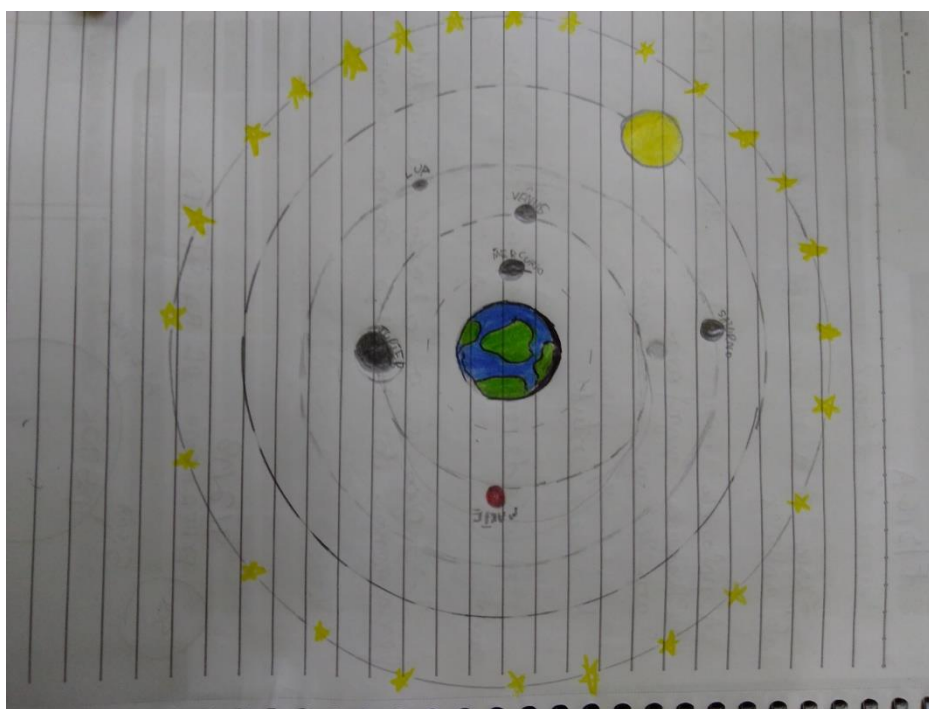
O modelo de universo mais conhecido era o modelo defendido por Aristóteles (figura 4.13). Nesse modelo a terra se encontra imóvel no centro e os cinco planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), mais o sol e a lua giravam em órbitas circulares em torno da terra.



**Figura 4.13.** O universo na visão de Aristóteles (384-322 a.C.). A Terra está imóvel no centro do Universo. Estrelas e planetas ocupam esferas cristalinas perfeitas que giram em torno da Terra. O universo é perfeito e imutável. Fonte: UFRGS.

Após a apresentação da visão de mundo de Aristóteles, os alunos deverão:

- Fazer um desenho baseado na visão de mundo de Aristóteles (figura 4.14).
- Quais eram os planetas errantes? Qual é a razão desse nome?
- Identificar um planeta errante no céu noturno e tirar uma foto para discussão na próxima aula.



**Figura 4.14.** Modelo do Sistema Solar Aristotélico. Fonte: Autor 2017.

#### 4.2.4 Sequência 4: Experimento de Eratóstenes

Objetivo: Entender o experimento de Eratóstenes

Duração: 2 aulas

Material: Vídeo série Cosmos de Carl Sagan

Atividade Experimental: Medir a sombra projetada numa vareta ao meio dia local no equinócio de outono e solstício de inverno no hemisfério sul.

Apresentação do vídeo da série Cosmos de Carl Sagan: “Eratóstenes e a circunferência da Terra” (<https://www.youtube.com/watch?v=fu9Z7YuXLVE&t=3s>)

Breve relato histórico da biografia de Eratóstenes e discussão do conteúdo do vídeo com questões sobre o experimento de Eratóstenes e resolução de problemas:

- Em que época viveu Eratóstenes?
- Como Eratóstenes conseguiu medir a comprimento da terra?
- Sabendo que a distância entre as duas cidades é de aproximadamente 800 km e que a sombra projetada na vareta vale  $7,2^\circ$ . Calcule o comprimento da terra (figura 4.15).
- Sabendo que o comprimento de uma circunferência é dado por  $C = 2\pi R$  calcule o raio aproximado da terra.

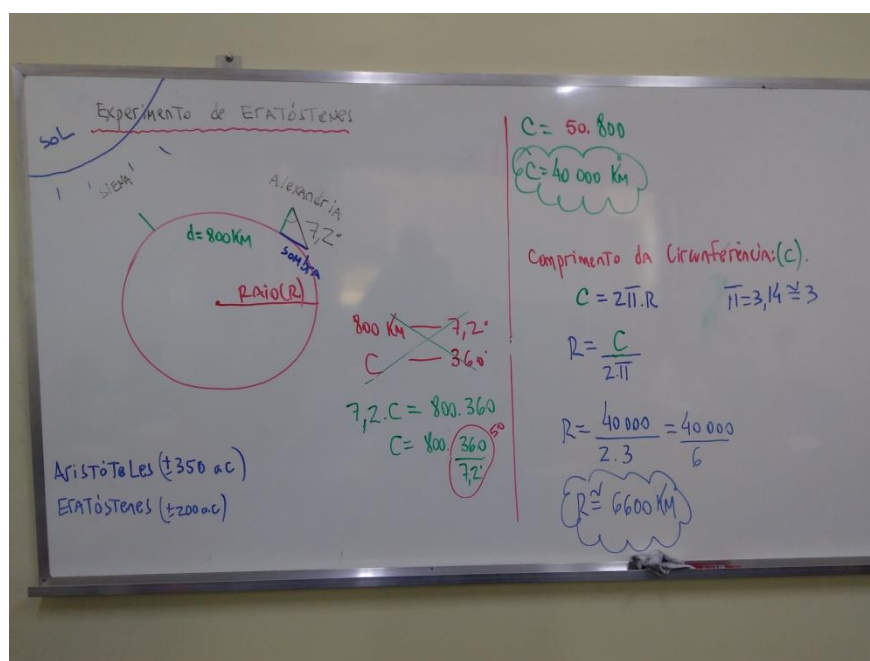


Figura 4.15. Cálculo da circunferência terrestre. Como se trata de alunos do 3º ciclo o professor deve simplificar. Fonte: Autor 2017.



**Figura 4.16.** Material indicando o solstício de inverno no Hemisfério Sul (12h). Fonte: Autor 2017.

#### 4.2.5 Sequência 5: Modelo Geocêntrico de Claudius Ptolomeu

Objetivo: Entender o epiciclo, deferente e o equante.

Duração: 2 aulas

Material: Simuladores da UNL-NAAP

Atividade Experimental: Observar o movimento retrógrado dos planetas Vênus, Marte, Júpiter e Saturno no applet Sistema Ptolomaico do NAAP LABS. Desenhar o movimento retrógrado de Marte visto da Terra com o epiciclo e o deferente.

Claudio Ptolomeu (85d.C-165d.C). Criou uma combinação de deferentes, epiciclos e equantes para resolver o problema dos planetas retrógrados (figura 4.17). Um dos grandes problemas enfrentado pelo modelo geocêntrico foi o fato de que os planetas apresentavam um movimento denominado retrógrado, *i.e.*, o planeta fazia um movimento de laço no céu (figura 4.18).



**Figura 4.17.** Movimento retrógrado de Marte.  
Fonte: Nasa <https://apod.nasa.gov/apod/ap031216.html>

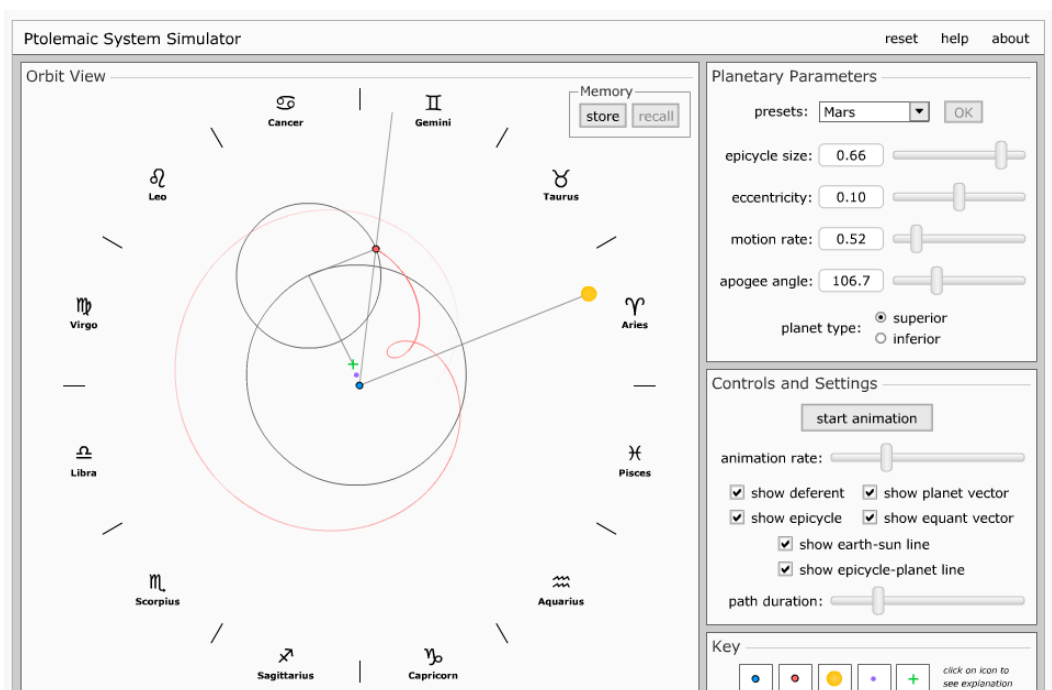


Figura 4.18. Fonte: Applet Universidade Nebraska-Lincoln. Sistema Ptolomaico.

#### 4.2.6 Sequência 6: Modelo Heliocêntrico de Nicolau Copérnico

Objetivo: Entender o processo de construção do conhecimento humano

Duração: 2 aulas

Material: Leitura paradidática. Recortes dos livros “Dança do Universo” de Marcelo Gleiser e “Astronomia e Astrofísica” de Kepler de Souza.

Seria um absurdo nos dias de hoje dizer que a terra está imóvel no centro do Universo, muito embora alguns insistem em justificar uma terra plana<sup>1</sup>.

Por quase 2.000 anos o modelo de mundo Aristotélico, aperfeiçoado por Ptolomeu, foi o pensamento hegemônico no mundo ocidental. Ao contrário do que muitos pensam, não foi a Igreja a grande responsável pela longa duração desse pensamento equivocado da teoria geocêntrica, muito embora tenha sua parte de responsabilidade em tentar cercear a liberdade de pensamento e exercer ameaças de morte pelo crime de heresias. O próprio Galileu teve que abjurar em 1633 suas convicções sob o risco de ser morto.

<sup>1</sup>A “ciência” da Terra plana. Por Guilherme Eler. Acessado em Dezembro de 2017 <https://super.abril.com.br/ciencia/a-ciencia-da-terra-plana/>

*“Eu, Galileu Galilei, filho do finado Vincenzo Galilei de Florença, com setenta anos de idade, vindo pessoalmente ao julgamento e me ajoelhando diante de vós Eminentíssimos e Reverendíssimos Cardeais, Inquisidores Gerais da República Cristã Universal, contra a corrupção herética, tendo diante de meus olhos os Santos Evangelhos, que toco com minhas próprias mãos, juro que sempre acreditei, e, com o auxílio de Deus, acreditarei no futuro, em tudo a que a Santa Igreja Católica e Apostólica de Roma sustenta, ensina e pratica.*

*Mas como fui aconselhado, por este Ofício, a abandonar totalmente a falsa opinião que sustenta que o Sol é o centro do mundo e que é imóvel, e proibido de sustentar, defender ou ensinar a falsa doutrina de qualquer modo; e porque depois de saber que tal doutrina era repugnante diante das Sagradas Escrituras, escrevi e imprimir um livro, no qual trato da mesma e condenada doutrina, e acrescento razões de grande força em apoio da mesma, sem chegar a nenhuma solução, tendo sido portanto suspeito de grave heresia; ou seja porque mantive e acreditei na opinião que diz que o Sol é o centro do mundo e está imóvel, e que a Terra não é o centro e se move, desejo retirar esta suspeição da mente de vossas Eminências e de qualquer Católico Cristão, que com razão era feita a meu respeito, e por isso, de coração e com verdadeira fé, abjuro, amaldiçoó e detesto os ditos erros e heresias e de uma maneira geral todo erro ou conceito contrário à dita Santa Igreja; e juro não mais no futuro dizer ou asseverar qualquer coisa verbalmente ou por escrito que possa levantar suspeita semelhante sobre minha pessoa; mas que, se souber da existência de algum herege ou alguém suspeito de heresia, o denunciarei a este Santo Ofício, ou ao Inquisidor do lugar onde me encontrar.*

*Juro ainda mais e prometo que satisfarei totalmente e observarei as penitências que me forem ou me sejam ditadas pelo Santo Ofício. Mas se acontecer que eu viole qualquer de minhas promessas, juramentos e protestos (que Deus me defenda!) sujeito-me a todos os castigos que forem decretados e promulgados pelos cânones sagrados e outras determinações particulares e gerais contra crimes deste tipo. Assim, que Deus me ajude, bem como os Santos Evangelhos, os quais toco com as mãos, e eu, o acima chamado Galileu Galilei, abjuro, juro, prometo e me curvo como declarei; e em testemunho do mesmo, com minhas próprias mãos subscrevi a presente abjuração, que recitei palavra por palavra.”*

Fonte: Galileu – O Devassador do Infinito. Hernani Donato. Editora Ediouro, 1971.

Em 1992 o papa João Paulo II reconheceu o erro cometido contra Galileu Galilei, 350 anos depois de sua morte. O professor Filipe de Aquino escreve:

*“Em 03/07/1981, o Papa João Paulo II nomeou uma Comissão de teólogos, cientistas e historiadores, a fim de aprofundarem o exame do caso Galileu. Esta Comissão estudou o assunto e, após onze anos de trabalho, apresentou seus resultados ao Papa. Este então, perante a Pontifícia Academia de Ciências do Vaticano, proferiu um discurso, aos 31/10/1992, 350.º aniversário da morte de Galileu, em que reconhecia o erro dos teólogos contemporâneos a Galileu por parte do Santo Ofício em 1633.*

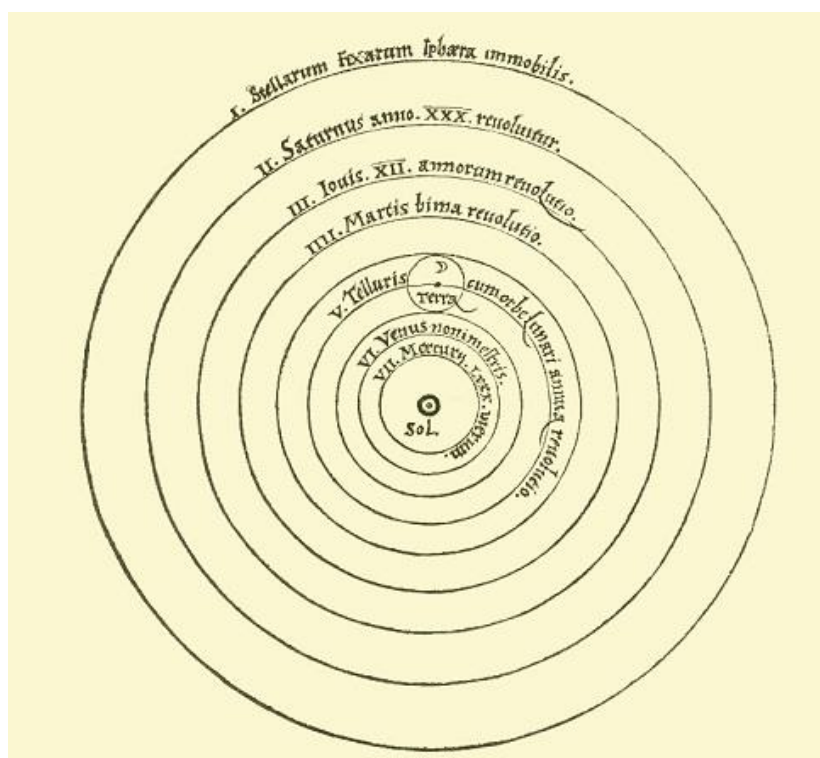
*Mas ao mesmo tempo o Papa chamou a atenção para a dificuldade que os homens do século XVII deviam experimentar, para aceitar a tão revolucionária teoria de Galileu; era preciso que, de um lado, se fixassem novos critérios de hermenêutica bíblica e, de outro lado, a proposição heliocêntrica se corroborasse com argumentos ainda mais sólidos do que os que Galileu podia apresentar.”*

Fonte: Professor Felipe de Aquino. Editora Cléofas. <http://cleofas.com.br/o-caso-galileu-galilei-parte-1/>. Acessado em 17/07/2018.

A razão do grande sucesso do modelo geocêntrico seria a não observação do movimento terrestre, não a Igreja. Não sentimos a terra girar, muito menos percorrer uma volta em torno do sol. Como argumentar se não há observações convincentes? O que observamos a partir do referencial terrestre é justamente o modelo geocêntrico que é utilizado até hoje nas cartas de navegação, no GPS, por exemplo o *applet* de código aberto Stellarium simula a dinâmica celeste do ponto de vista geocêntrico.

Nicolau Copérnico (1473-1543) foi um astrônomo polonês e também cônego da Igreja Católica. Ao conhecer as ideias de Aristarco de Samos<sup>1</sup> (310-230 a.C) achou que o Sol no centro do Universo era mais simples do que a Terra imóvel no centro (Kepler 2004).

Kepler manteve as ideias de Ptolomeu, órbitas circulares, epiciclos e equantes. Ele reposicionou o Sol no centro, lugar da Terra (figura 4.19).



**Figura 4.19.** Ilustração do livro *Da Revolução dos Orbes Celestes*, de Copérnico, com o modelo heliocêntrico do sistema solar. Fonte: Google Imagens.

<sup>1</sup>É muito interessante saber que um modelo heliocêntrico já tinha sido proposto por Aristarco de Samos por volta do III a.C. Nicolau Copérnico publicou no ano de sua morte em 1543 *De revolutionibus orbium coelestium* ("Da revolução de esferas celestes"), sua teoria do modelo heliocêntrico. Fonte: *A Dança do Universo* de Marcelo Gleiser. P.78.1998.



Após a leitura dos recortes e discussão em grupo os alunos deverão responder:

- Por que o modelo geocêntrico durou tantos anos?
- Por que o modelo de Aristóteles precisou ser alterado por Claudius Ptolomeu?
- Por que o modelo de Aristarco não obteve sucesso na antiguidade?
- Você acreditaria no modelo de Copérnico se fosse contemporâneo a ele?
- Faça um desenho do modelo de Copérnico.

#### 4.2.7 Sequência 7: Galileu Galilei

Objetivo: Entender a importância das descobertas de Galileu.

Duração: 2 aulas

Material: Dois rolos de papelão (papel alumínio ou papel toalha com diâmetros diferentes).

Dois lentes convergentes.

Atividade Experimental: Construir um telescópio caseiro.

Galileu Galilei (1564-1642) foi o primeiro a utilizar o telescópio<sup>1</sup> em 1609 para observar os astros (figura 4.20). Ele é considerado o pai da física experimental. Ao apontar o seu telescópio para o céu ele fez importantes descobertas:

1. Observou as luas de Júpiter. Levando a constatação de que nem todos os astros giram em torno da Terra.
2. A Via Láctea é constituída de uma infinidade de estrelas.
3. Verificou que o planeta Vênus tinha fases. Um dos argumentos contra a teoria heliocêntrica de Copérnico era que não se observavam fases em Vênus, por se tratar de um planeta interno.
4. Descobriu que a Lua estava longe de ser uma esfera perfeita, pois possuía crateras;
5. Manchas no Sol.

---

<sup>1</sup>Não cabe a Galileu a invenção do telescópio. O primeiro telescópio foi patenteado pelo Holandês Hans Lippershey em 1609. Ao saber da descoberta Galileu constrói um melhor com aumento 30x. Fonte: Astronomia e Astrofísica. Kepler de Souza.p61. 2004.



**Figura 4.20.** Alunos construindo um telescópio refrator caseiro. Fonte: Autor 2017.

Essas descobertas feitas por Galileu, a despeito de seu confronto com a Igreja regente da época, corroboram com a revolução científica iniciada por Nicolau Copérnico.

É importante registrar que o conhecimento científico é fruto de muito trabalho, tentativas e erros ao longo da história. Nada é construído da noite para o dia. Essa construção do conhecimento científico deve ser observada pelo professor em sala de aula.

#### **Questões problematizadoras:**

1. Como o modelo heliocêntrico conseguia explicar com mais simplicidade o movimento retrógrado dos planetas? Acessar o *applet* “Movimento retrógrado”<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/retrograde.htm>.
2. Por que os planetas Mercúrio e Vênus sempre eram vistos perto do Sol? E os planetas Marte, Júpiter e Saturno, distantes do Sol?
3. Por que foi importante perceber que Vênus tinha fases? Acessar <http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/venusphases.html>.

#### **4.2.8 Sequência 8: Leis de Kepler**

Objetivo: Entender as três leis de Kepler

Duração: 2 aulas

Material: Duas tachinhas, um metro de barbante,

Atividade Experimental: Construir uma elipse com o método do jardineiro.

Johannes Kepler (1571-1630) era um grande defensor e admirador do heliocentrismo. Ao trabalhar com Tycho Brahe teve acesso a inúmeros dados de observações precisas das posições de planetas, principalmente de Marte. Kepler ao dedicar muitos anos de sua vida ao estudo da órbita marciana conseguiu representar sua trajetória na forma achatada, diferentemente das órbitas circulares perfeitas aceitas até então. Kepler descobriu que uma elipse representava muito bem aos dados herdados de Tycho Brahe.

Kepler publica suas duas primeiras leis em 1609 no seu livro “Astronomia Nova”. A terceira lei foi publicada em 1619 no livro intitulado *Harmunices Mvndi*, (Harmonias do Mundo).

### **As três leis de Kepler:**

#### **1. Lei das órbitas elípticas (1609):**

A órbita de cada planeta é uma elipse, com o Sol ocupando um dos focos. Então a distância do planeta em relação ao Sol varia com o tempo;

#### **2. Lei das áreas (1609):**

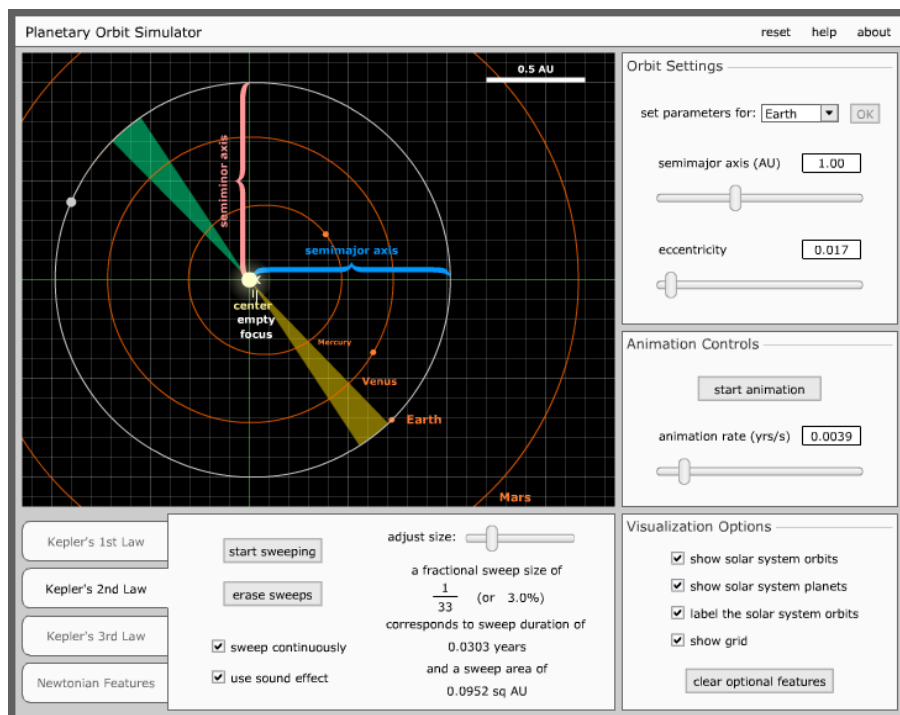
A reta imaginária unindo o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais. Isso significa que quanto mais próximo o planeta estiver do Sol, maior sua velocidade orbital.

#### **3. Lei Harmônica (1619).**

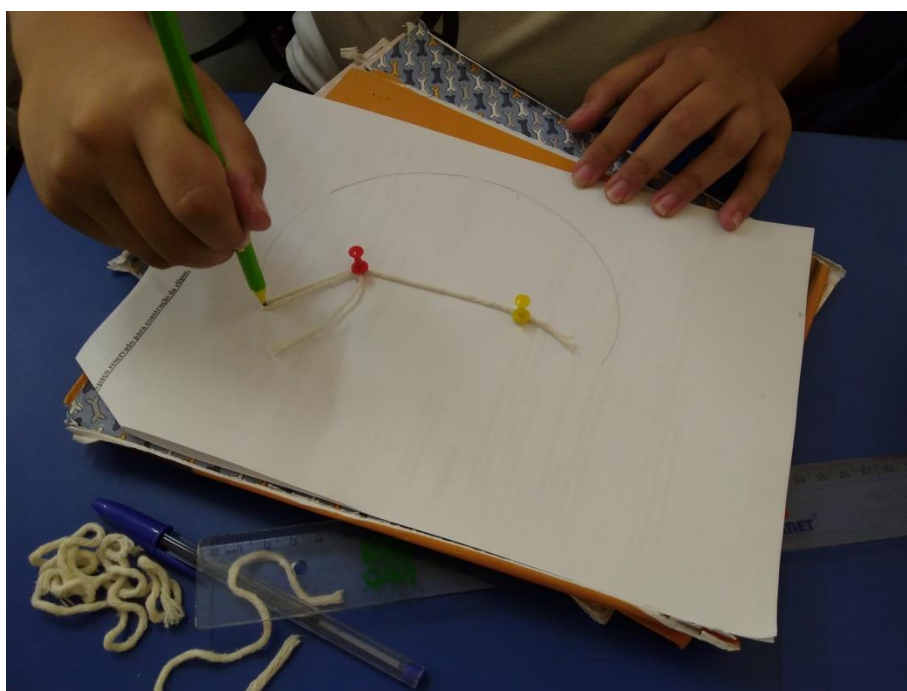
Quanto mais afastado o planeta do Sol, maior o seu período orbital.

### **Atividade:**

- Utilizar o *applet* “Simulador de Órbita planetária” da UNL (figura 4.21). É importante mostrar aos alunos que as órbitas são de baixa excentricidade, *i.e.*, pouco achatada, se parecendo mais com uma órbita circular que elíptica.
- Utilizando o método do jardineiro (Observatórios Virtuais - Oficina de Astronomia p.65), construir a órbita de um planeta genérico (figura 4.22).



**Figura 4.21.** Simulador das três leis de Kepler. Fonte: UNL <http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/kepler.html>.



**Figura 4.22.** Construção de uma elipse pelo método do jardineiro. Fonte: Autor 2017.

### 4.2.9 Sequência 9: O Universo hoje: Big Bang

Objetivo: Entender a visão do Universo atual

Duração: 2 aulas

Material: Folha do planisfério, tachinha e linha.

Atividade Experimental: Construir um planisfério e localizar as constelações (figura 4.23).



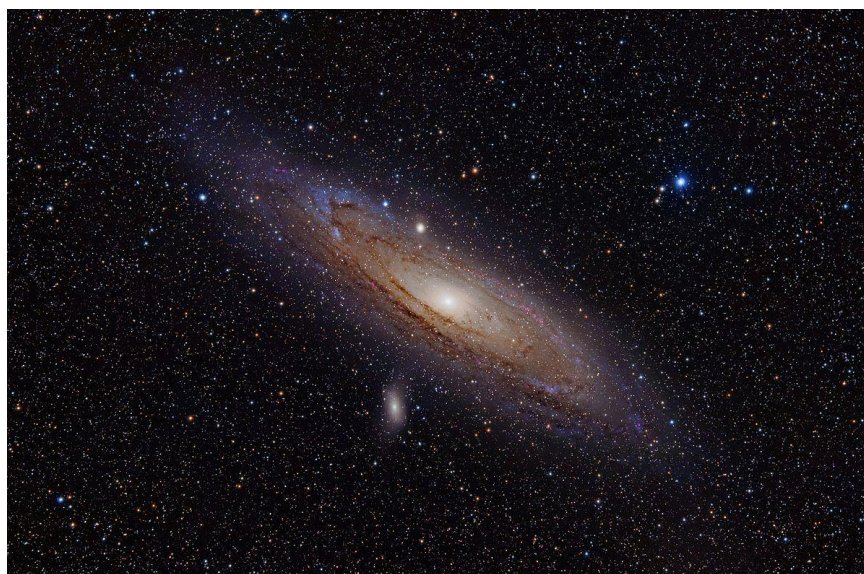
**Figura 4.23.** Montagem do Planisfério Celeste Sul. Fonte: Autor 2017.

Assistir o vídeo Big Bang (<https://www.youtube.com/watch?v=aYImrwxNqHk>)

- O que diz a teoria do Big Bang?
- Qual é a lei de Hubble?

O matemático Alexander Friedmann foi o primeiro a descrever matematicamente algumas ideias que levam ao Big Bang. Ao publicar suas soluções matemáticas das equações de Einstein, ele deixou claro que o universo estava em expansão e ainda que a geometria do espaço possui curvatura. Com os dados de Hubble ficou claro que o universo estava em expansão. Em seguida, Georges Lemaître reforça essa ideia matematicamente de universo em expansão. Um aluno de Friedmann chamado George Gamow, teve também um papel importante, ao tentar explicar a origem da matéria. Ele acreditava em uma espécie de “sopa primordial” um ponto muito denso e quente que deu origem aos núcleos mais simples, hidrogênio e hélio nos instantes iniciais da grande expansão. Os cálculos dele além de explicar a origem de 99% da matéria existente, previu a radiação cósmica de fundo que apoia a ideia de um início do universo.

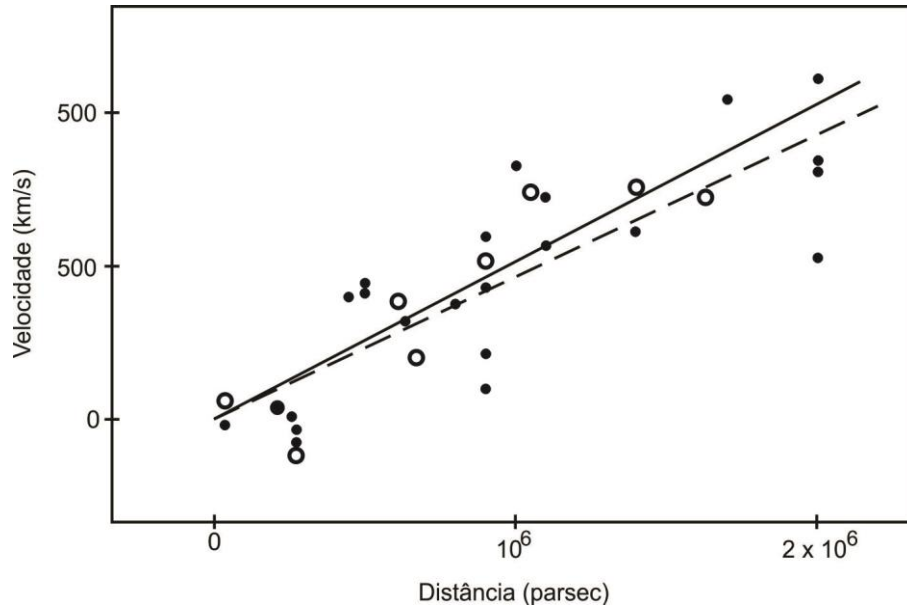
Muitos outros objetos de iluminação difusa foram detectados e catalogados por Charles Messier. Esses objetos foram chamados de nebulosas, objetos que não eram cometas nem estrelas, com um aspecto difuso. Dentre os muitos catalogados a nebulosa de Andrômeda M31 (figura 4.24) podia ser visto à olho nu no hemisfério norte. Criou-se um grande debate na época se tal nebulosa fazia ou não parte da nossa galáxia a via láctea.



**Figura 4.24.** Galáxia de Andrômeda. Está a 2,5 milhões de anos luz da terra. É uma entre bilhões de galáxias presentes no universo observável. Fonte: Nasa.

Esse mistério foi esclarecido em 1923 pelas observações de Edwin Powell Hubble que utilizou um potente telescópio de 2,5 m de diâmetro locado no Monte Wilson na Califórnia. Ele conseguiu localizar estrelas do tipo cefeidas na galáxia de Andrômeda e calcular que não faziam parte da nossa via Láctea. Suas medidas revelaram que Andrômeda estava a 1 milhão de anos luz da terra. Sendo que nossa Galáxia tem aproximadamente 100 anos luz de comprimento.

Com o advento de telescópios mais potentes em 1929 Edwin Hubble conseguiu medir a velocidade de afastamento de diversas galáxias e observou que quanto mais distante a galáxia estava da via láctea maior sua velocidade de afastamento. Essa constatação levou Hubble a criar uma relação que ficou conhecida como lei de Hubble (eq. 1). A figura 4.25 mostra o ajuste linear representando a constante de Hubble.



**Figura 4.25.** Ajuste linear representando a constante de Hubble. Embora o valor de H apareça constante é importante lembrar que é uma medida de hoje. Seu valor hoje é de aproximadamente 80 km/s.Mpc. Fonte: UFRGS

Como:

$$v = H \cdot d \quad (1)$$

onde:

$v$ , é a velocidade de afastamento. Medido em km/s;

$H$ , é a constante de Hubble. Medida em km/s.Mpc;

$d$ , é a distância da galáxia à terra. Medida em km.

Considerando uma velocidade constante, temos:

$$d = v \cdot T \quad (2)$$

Substituindo as equações (1) em (2), temos:

$$T = H^{-1} \quad (3)$$

Sabendo que 1 Mpc vale  $3,086 \cdot 10^{19}$  km e  $H = 80$  km/s.Mpc, temos:

$$T = 1/80/3,086 \cdot 10^{19}$$

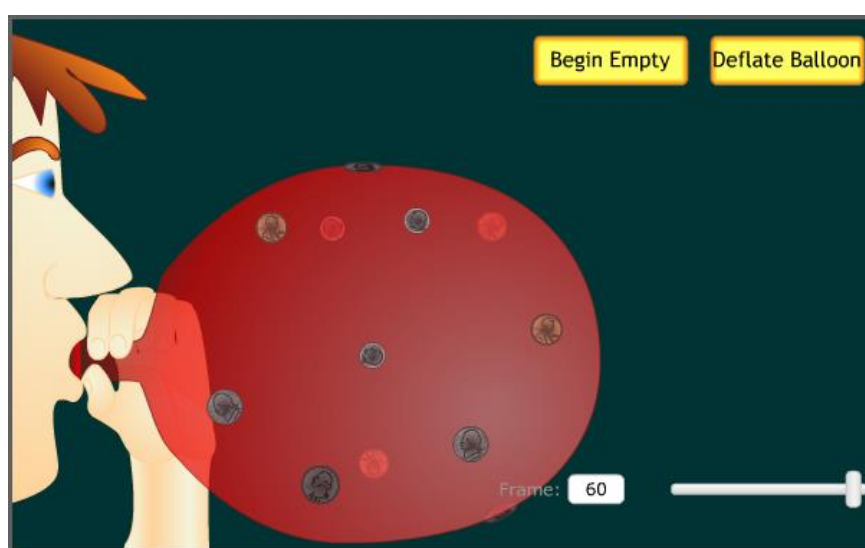
que resulta aproximadamente:

$$3,86 \cdot 10^{17} \text{ segundos}$$

Transformando o total de segundos em anos, temos:

$$T = 12,2 \text{ bilhões de anos}$$

Esse valor é uma estimativa levando em consideração o valor da constante de Hubble de 80 km/s. Hoje os cálculos levam a um universo em expansão (figura 4.26) de aproximadamente 13,7 bilhões de anos.



**Figura 4.26.** A figura mostra uma animação de moedas anexadas a um balão, fornecendo uma analogia à expansão do universo. As moedas representam galáxias, que mantêm sua escala enquanto o espaço entre elas cresce. Essa representação poderá ser feita pelo professor para demonstrar a expansão do universo.  
Fonte: NAAP.

#### 4.2.10 Sequência 10: Movimentos da Terra

Objetivo: Entender a alternância do dia e da noite

Duração: 2 aulas

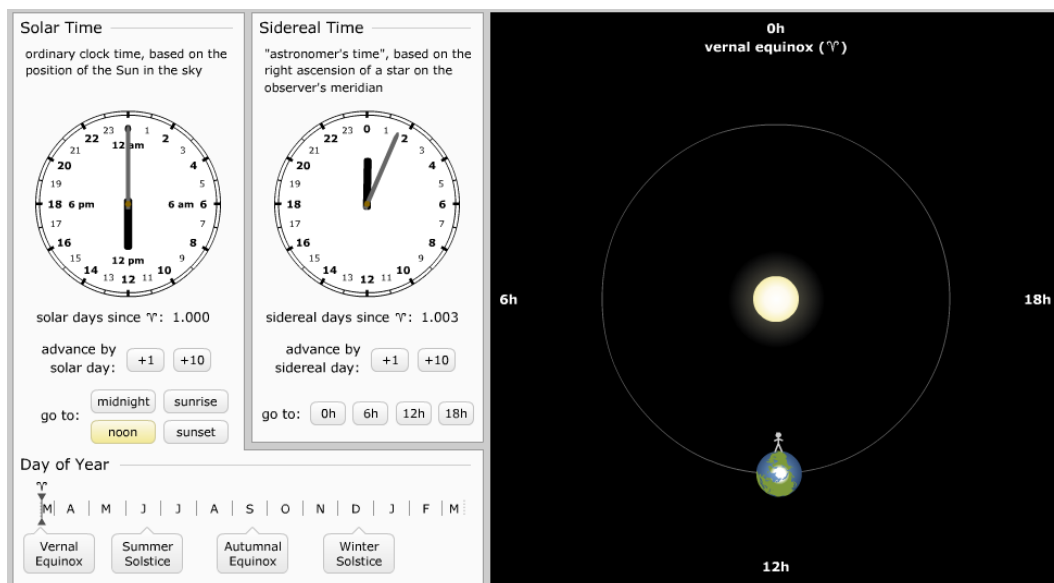
Material: Applet da UNL-NAAP. Disponível em:

<http://astro.unl.edu/naap/motion3/animations/siderealSolarTime.html>

Atividade Experimental: Construir o planeta terra com bola de isopor e simular o dia e a noite com uma lanterna.

Questões problematizadoras. Os alunos devem dividir-se em grupos e fazer as simulações com o auxílio do professor. Após as discussões conforme a figura 4.27.





**Figura 4.27.** Simulador das horas do dia. Fonte: NAAP

- Colocar o simulador na posição de “Vernal Equinox”. Fazer o desenho das posições: Meio dia (noon); Meia Noite (midnight); nascer do Sol(sunrise); pôr do Sol(sunset).
- Para que lado a terra gira?
- O que acontece com a Terra com o passar dos meses? Acessar <http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/eclipticsimulator.html> (figura 4.28).
- Explique a rotação e translação da Terra? Qual é o período aproximado de cada um deles?
- Qual é a causa do dia e da noite?

Após a modelagem no simulador, os alunos devem fazer a simulação com as maquetes funcionais, conforme a figura 4.28.



**Figura 4.28.** Maquete da Terra. Demonstração do Fenômeno do dia e da noite. Fonte: Autor 2017.

### 4.2.11 Sequência 11: Estações do Ano

Objetivo: Entender a causa das estações do ano

Duração: 2 aulas

Material: *Applet* da UNL-NAAP. Disponível em:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/eclipticsimulator.html>

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/horizon.html>

Atividade Experimental: Construir o Telúrio (Sistema Terra-Sol-Lua).

#### Questões problematizadoras

1. Qual é a causa das estações do ano? Explique.
2. O sol sempre nasce exatamente no ponto cardeal no Leste? Explique.

Utilizar a maquete (figura 4.29) para demonstrar possíveis equívocos das respostas. Solicitar que demonstrem as quatro estações do ano utilizando a maquete. Reforçar o fenômeno explorando o *applet* da NAAP.

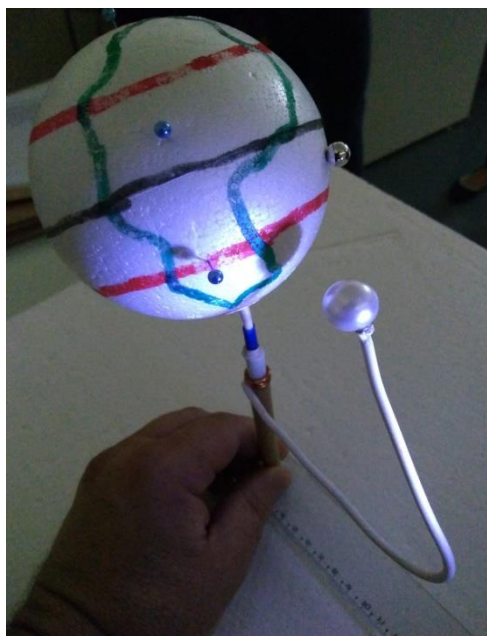


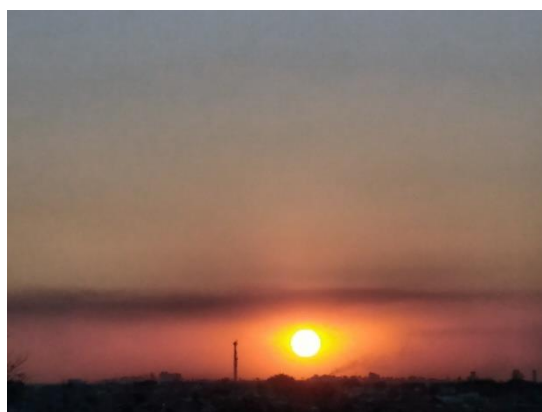
Figura 4.29. Telúrio funcional. Simula eventos astronômicos. Fonte: Autor 2017.

Explorar as posições de solstício e equinócio nos dois hemisférios. Salientar que se as causas das estações do ano fossem em razão da distância do planeta ao sol deveria ser inverno

ou verão em todo o globo, não de forma alternada. Discutir as quantidades de luz nos círculos polares e os trópicos.

A presença dos alfinetes, na maquete, é importante para mostrar a obliquidade dos raios solares. Mostrar que o Sol nasce exatamente no ponto cardeal leste somente nos equinócios, *i.e.*, duas vezes ao ano.

O professor deve solicitar que os alunos registrem imagens do nascer ou ocaso do Sol para perceber que o sol faz um movimento pendular aparente de máximo deslocamento para o norte (solstício de verão no Hemisfério Norte.) e um máximo deslocamento para o sul (solstício de verão no Hemisfério Sul). As figuras 4.30 e 4.31 mostram o movimento do Sol em seu deslocamento aparente em diferentes meses do ano. Em junho está mais deslocado para o norte e em Julho mais deslocado para o sul.

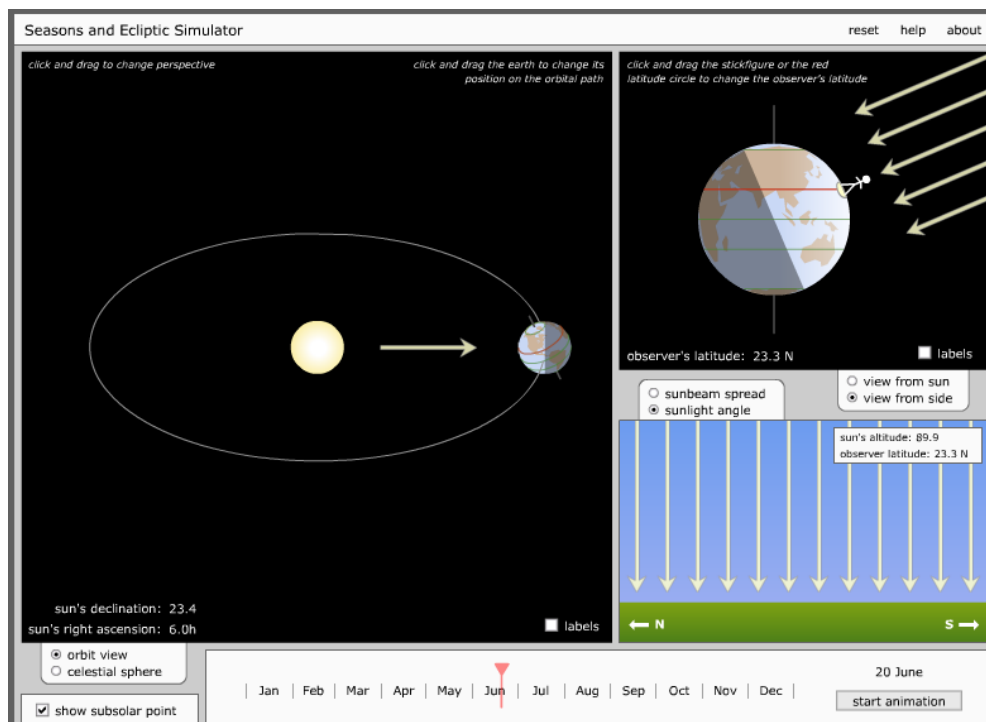


**Figura 4.30.** Pôr do Sol em Julho. Fonte: Autor 2017 **Figura 4.31.** Pôr do Sol em Junho; Fonte: Autor 2017.

Os *applets* (figura 4.32 e 4.33) devem ser usados simultaneamente para que o aluno tenha diferentes referencias de observação.



**Figura 4.32.** Applet NAAP. Fonte: <http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/horizon.html>



**Figura 4.33.** Estações do ano. Fonte:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/eclipticsimulator.html>

#### 4.2.12 Sequência 12: Fases da Lua

Objetivo: Entender as fases da Lua e seu movimento em torno da Terra

Duração: 2 aulas

Material: Applet da UNL-NAAP. Disponível em:

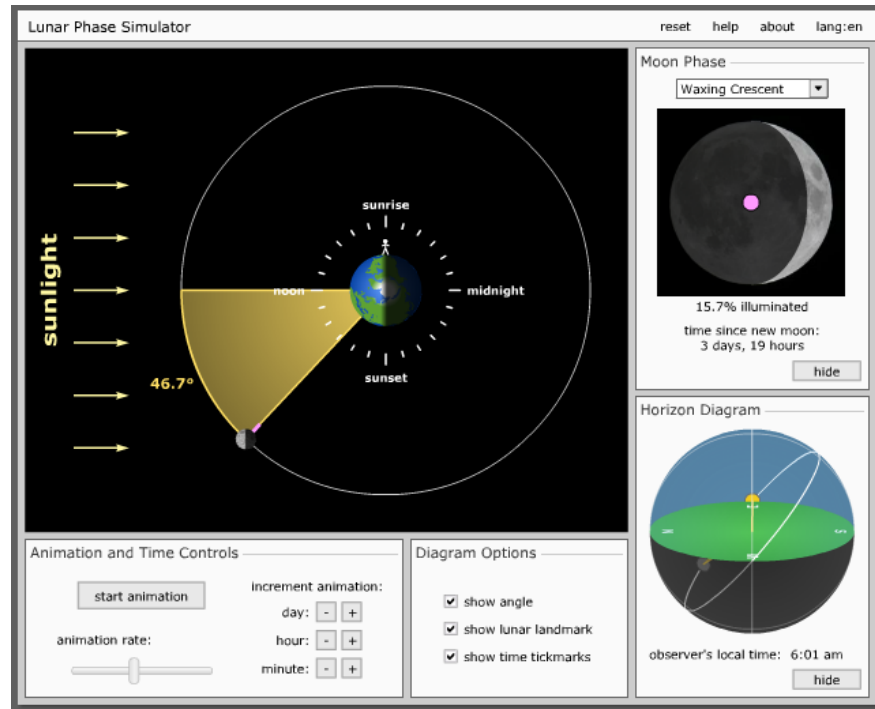
<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/lunarapplet.html>

Atividade Experimental: Construir um relógio de Sol

#### Questões problematizadoras:

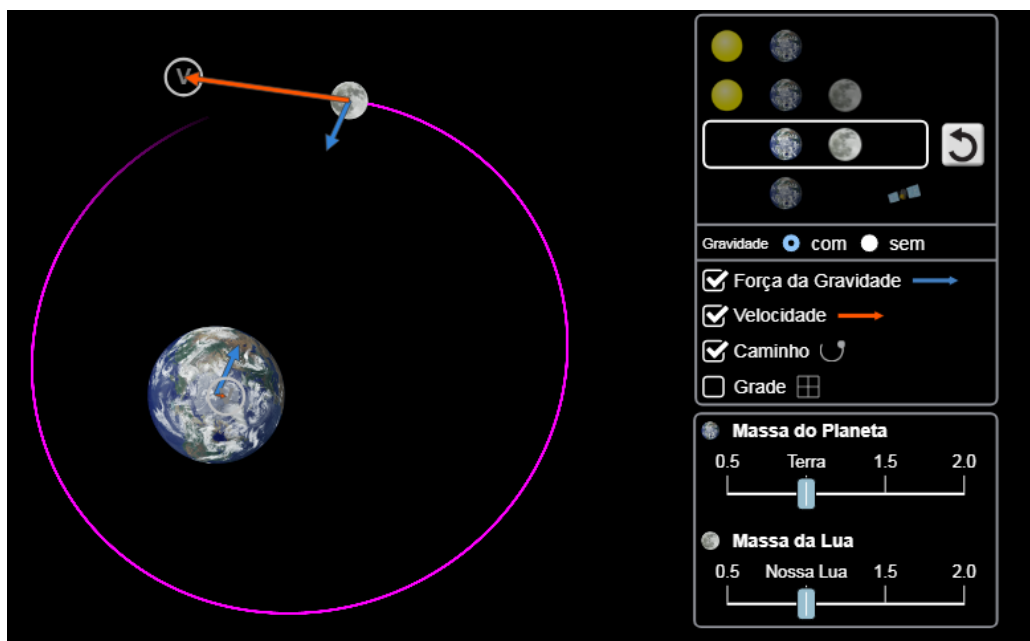
- Quantas e quais são as fases da lua? Explique.
- Por que a lua apresenta sempre a mesma face voltada para a terra? Explique.
- Existe um lado escuro da lua? Explique.
- A lua aparece de dia?
- Todas as coisas próximas a Terra “caem”. Por que a lua não “cai”? Explique.

Após o compartilhamento, utilizar a maquete funcional e o simulador da NAAP (figura 4.34).



**Figura 4.34.** É importante explorar cada posição da Lua e mostrar que fase é a aparência da sua luminosidade da Lua Nova (0%) a Lua Cheia (100%). Portanto apresentará infinitas fases. Registrar as quatro principais fases. Solicitar aos alunos imagens da LUA durante o dia. Explorar que horas que tipo de lua poderá ser vista ao longo do dia-Fonte: NAAP

Utilizar o PHET (figura 4.35) para demonstrar o equilíbrio entre a força de atração gravitacional e a velocidade da Lua.



**Figura 4.35.** Simulador efeito da gravidade na órbita lunar. Fonte: PHET.

### 4.2.13 Sequência 13: Eclipses

Objetivo: Entender os tipos de eclipses

Duração: 2 aulas

Material: Applet da UNL-NAAP. Disponível em:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/shadowsim.html> - Eclipses

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/mooninc.html> -

**Inclinação da Lua**

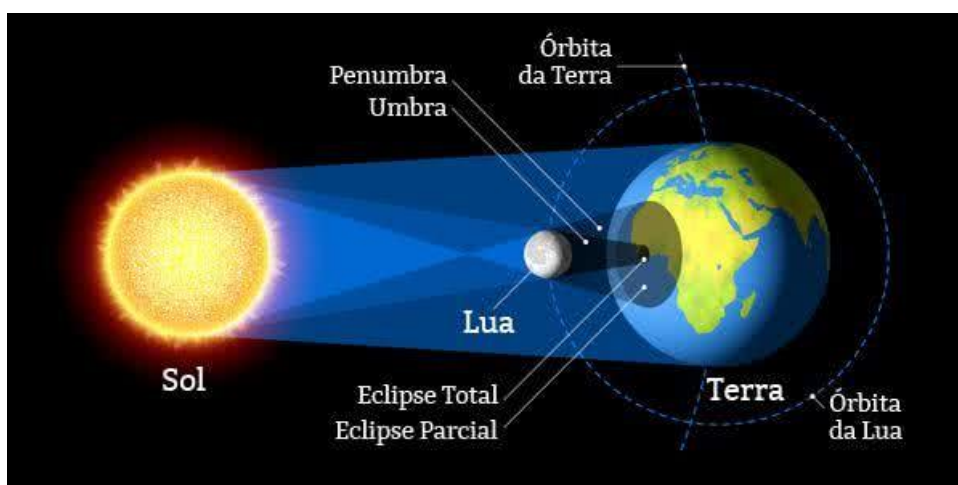
Atividade Experimental: Simular no telúrio os tipos de eclipses.

#### Assistir o vídeo “Espaçonave Terra”

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=O6ZXoiH0RMw>

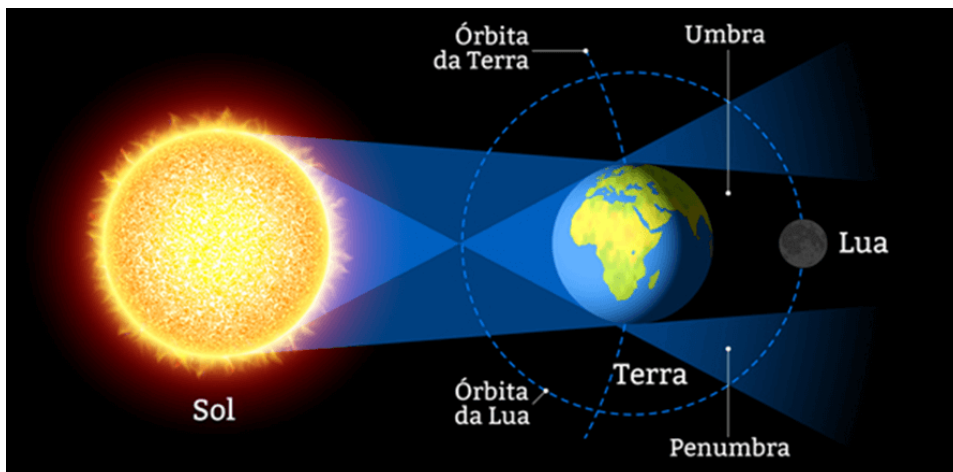
- O que são eclipses? Quais são os tipos?
- Os eclipses acontecem em qual lua? Explique.
- Se a lua gira em torno da terra, por que não existem dois eclipses a cada mês?

A palavra eclipse vem do grego *ekleipsis* que significa “deixar de fora” ou “deixar de aparecer”. Quando acontece um eclipse os raios solares são bloqueados pela Terra ou pela Lua. Há dois tipos de eclipses o solar, quando a lua está entre a Terra e o Sol que acontece somente na Lua Nova (figura 4.36).



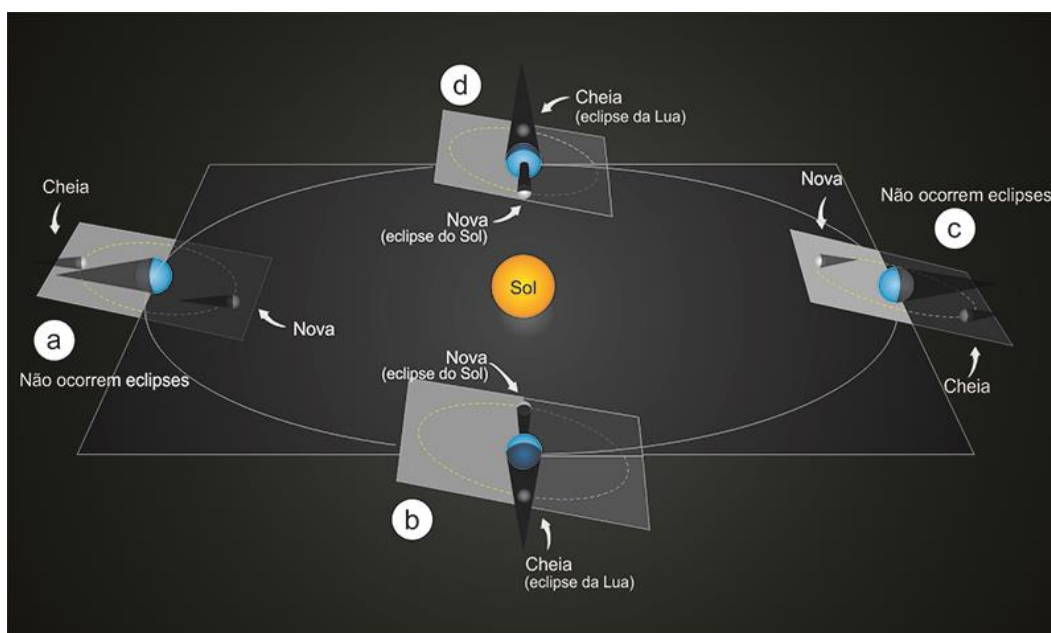
**Figura 4.36.** Eclipse Solar. Acontece na Lua Nova. Na região de umbra há eclipse total. Na região de penumbra há eclipse parcial. Fonte: Semeadores da Ciência UFRJ.

O eclipse Lunar acontece quando a Lua está na sombra da Terra ou a Terra está entre o Sol e a Lua, acontece somente na Lua Cheia (figura 4.37).



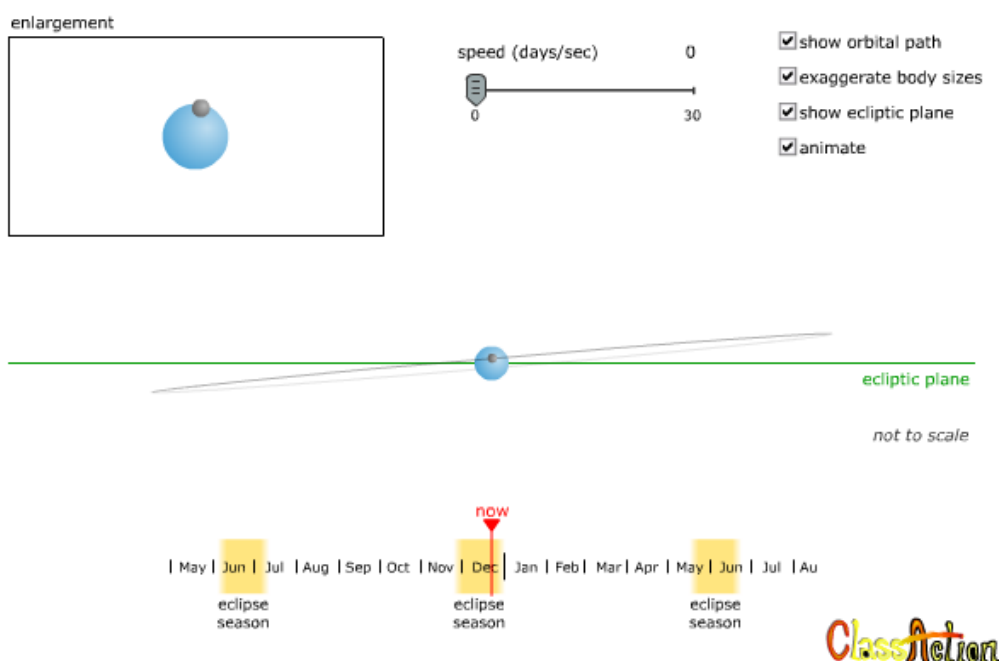
**Figura 4.37.** Eclipse Lunar. Acontece na Lua Cheia. A Lua fica na sombra da Terra.  
 Fonte: Semeadores da Ciência UFRJ.

Não acontecem dois eclipses todos os meses em razão do plano orbital da Lua não coincidir com o plano orbital terrestre em torno do Sol (figura 4.38). Quando os dois planos se coincidem (nodos) na mesma linha, há eclipse. O plano orbital da Lua fica inclinado aproximadamente  $5,2^\circ$  em relação à eclíptica e não é fixo (figura 4.39), o plano orbital da Lua completa uma volta em torno do eixo da eclíptica a cada 18,6 anos, repetindo assim os eclipses<sup>1</sup>.



**Figura 4.38.** Mostra os pontos nodais onde acontecem os eclipses. Fonte: UFRGS.

<sup>1</sup> O ciclo de Saros, é um período de aproximadamente 6585 dias (18 anos, 11 dias e 8 horas), é útil para prever as épocas nas quais eclipses praticamente idênticos irão ocorrer. Eram conhecidos pelos Babilônicos a 2500 anos atrás. Disponível em: <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros.html>



**Figura 4.39.** O applet demonstra a inclinação da órbita da Lua e seu movimento durante o ano.  
Fonte: NAAP

#### 4.2.14 Sequência 14: Marés

Objetivo: Entender os tipos e a razão da ocorrência das marés

Duração: 2 aulas

Material: Applet da UNL-NAAP. Disponível em:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/tidesim.html>

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/gravcalc.html> -

Atividade Experimental: Simular no Telúrio os tipos de Marés

Assistir o vídeo “History Channel”. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=VQyBe9xy66g>

Qual é a causa das marés? Explique.

Quais são os tipos de marés?

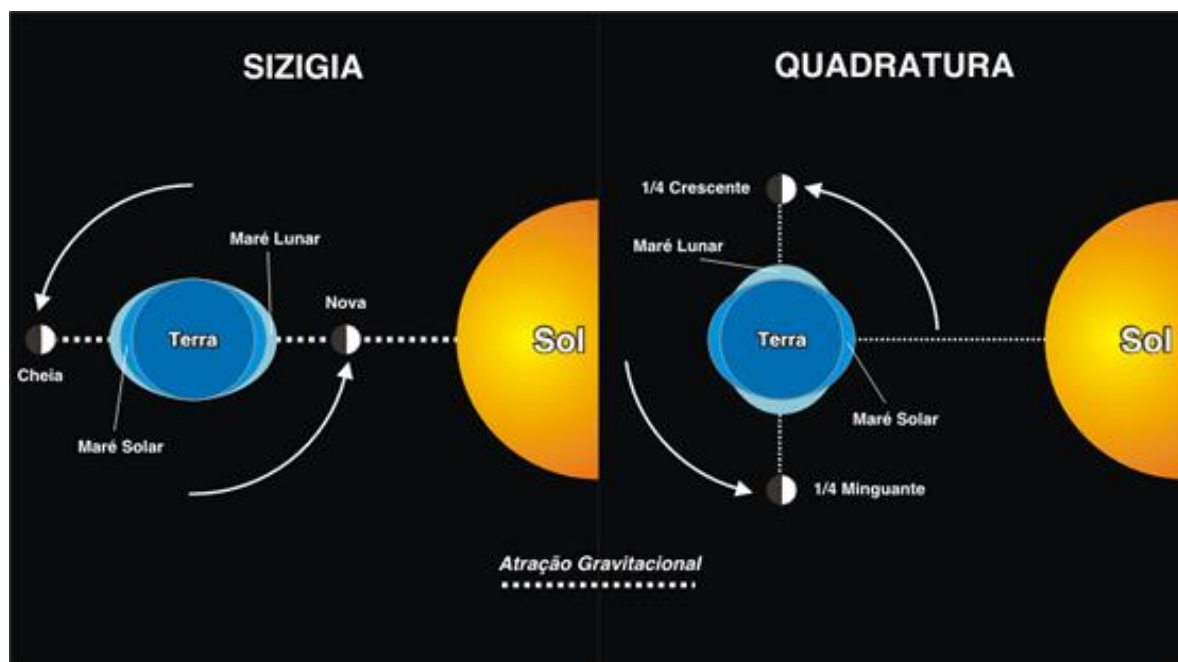
Em quais Luas ocorrem as marés de sizígia e quadratura?

Por que não vemos marés em pequenos lagos?

O que é amplitude de maré?

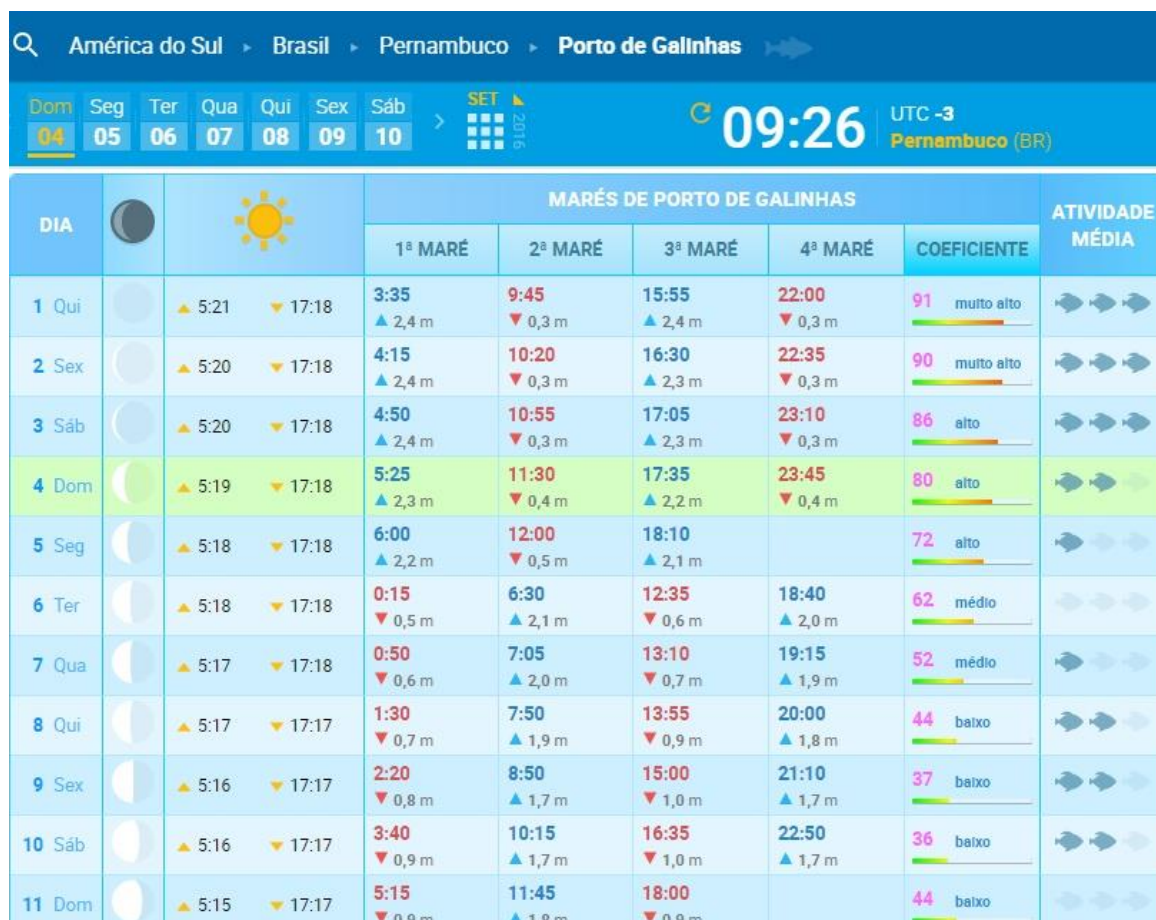


Na tabela de marés aparece o coeficiente de marés que nos mostra a amplitude da maré que é a diferença de altura entre a maré alta (preia-mar) e a maré baixa (baixa-mar). As marés de sizígia ou águas vivas ocorrem quando o Sol, a Lua e a Terra estão alinhados, *i.e.*, nas Luas Novas e Cheias. As marés de quadratura ou águas mortas ocorrem nas Luas quarto crescente e minguante (figura 4.40).



**Figura 4.40.** Fonte: Projeto Litoral Nota CEM-UFPR

Veja a tabela de marés de Porto de Galinhas no estado de Pernambuco (figura 4.41). Em média ocorrem duas marés altas e duas marés baixas ao dia.



**Figura 4.41.** Tabela de Marés do Porto de Galinhas. Observe que na lua nova, quinta feira dia 1, tem-se o maior coeficiente de maré, portanto maior amplitude de maré. Fonte: <https://tabuademares.com/br/pernambuco/porto-de-galinhas>.

# Capítulo 5

## DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E RESULTADOS

---

---

### 5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nossa sequência didática teve como foco principal iniciar uma alfabetização científica aproximando o conhecimento científico do escolar, tornar o aprendizado prazeroso e eficaz e mostrar que o conhecimento científico é uma maneira de compreensão do mundo ao nosso redor. Os assuntos relacionados aos fenômenos celestes estão presentes na literatura de forma abundante. Todavia a sua inserção no ensino fundamental ou até mesmo no ensino médio não é uma tarefa fácil. Há uma dificuldade inerente de observar e replicar os eventos astronômicos. As figuras em 2D presentes nos livros didáticos induzem a erros que muitas vezes enganam até o professor. São necessárias ferramentas, além das imagens clássicas, para facilitar o entendimento dos fenômenos. Não raras vezes o aluno só compreendia a trajetória aparente do Sol na esfera celeste quando manipulava o Telúrio funcional em 3D com as mãos. O uso de modelos funcionais 3D é preponderante para o entendimento pleno dos fenômenos relacionados à mecânica celeste, além de aplicativos virtuais.

É importante que a turma seja dividida em grupos de no máximo quatro alunos, pois grupos maiores tendem a causar uma maior distração por brincadeiras e conversas paralelas

distantes do assunto. É importante deixar o aluno pensar a respeito da pergunta e fomentar uma discussão fenomenológica em torno do assunto. Nesses grupos os alunos discutiram as respostas e trocaram ideias entre si. Após essa discussão, os alunos foram incentivados a verbalizarem suas respostas e confrontar com as respostas dos demais grupos. Os alunos se sentiram muito a vontade em verbalizarem seus pensamentos e ideias a respeito do Universo. Havia um sentimento de reverência e grandeza ao perceberem como era a dinâmica correta dos astros e como isso influenciava a vida na Terra. Olhar para o céu noturno não se tratava apenas de contemplar o belo, mas uma questão de sobrevivência às comunidades humanas presentes ao redor do planeta.

### 5.1.1 O Céu Noturno

O objetivo principal desta aula era entender que o firmamento faz um caminho aparente de leste para oeste. Como foco principal os alunos foram incentivados a construir um astrolábio e a medir a posição angular de um astro em dois momentos diferentes. A atividade (figura 5.1) foi feita durante a noite em grupos de 4 alunos em suas casas. O grande diferencial desta atividade está nos alunos exercerem observação do céu noturno de forma experimental com coleta de dados. Os alunos tiveram oportunidade de vivenciar o conhecimento científico, como estimativas, observação, erros e levantamento de hipóteses.

2. Anote o horário da observação e o valor da altura medido, na tabela a seguir. Repita o processo duas vezes na noite, durante um intervalo de cerca de 30 minutos, anotando todas as medidas e seus respectivos horários

ESTRELA	HORÁRIO 1	ALTURA	HORÁRIO 2	ALTURA
Leste	21:30	50°	22:00	65°

Responda:

1. A altura das estrelas variou com tempo? Explique.  
Sim, pois o movimento de rotação (faz com que) da Terra faz com que a estrela mude de posição.
2. Em que sentido se deu o movimento das estrelas? Explique a origem desse movimento.  
Para o Norte, a origem desse movimento deu-se porque a Terra girou em torno de seu "eixo", movimentando-se de (Leste) Oeste para Leste fazendo com que as estrelas pareçam se movimentar.

**Figura 5.1.** Resposta de uma atividade de observação do céu noturno e coleta de dados utilizando o astrolábio. Fonte: Autor 2017.

### 5.1.2 O Sistema Solar

Foi solicitado aos alunos que desenhassem o sistema solar e sua posição sobre a superfície terrestre o que serviu de provocação para discussão dos planetas presentes no sistema solar. Os alunos no geral possuíam uma boa representação do planeta terra e sua localização espacial (figura 5.2). O desafio estava em representar o sistema solar em escala (figura 5.3).



**Figura 5.2.** Representação da localização da aluna sobre a superfície terrestre.  
Fonte: Autor 2017.



**Figura 5.3.** Representação do Sistema Solar. O aluno apresenta uma boa noção do conjunto dos planetas, todavia falta-lhe uma percepção de ordem de grandeza. Fonte: Autor 2017.

Para superar a dificuldade encontrada foi proposta a construção do sistema solar em escala que posteriormente foi apresentado na feira de ciências da escola (figura 5.4 e 5.5).



**Figura 5.4.** Representação do Sistema Solar após discussão sobre as características dos astros presentes no S.S. Fonte: Autor 2017.



**Figura 5.5.** Exposição da Feira de Ciências. Fonte: Autor 2017.

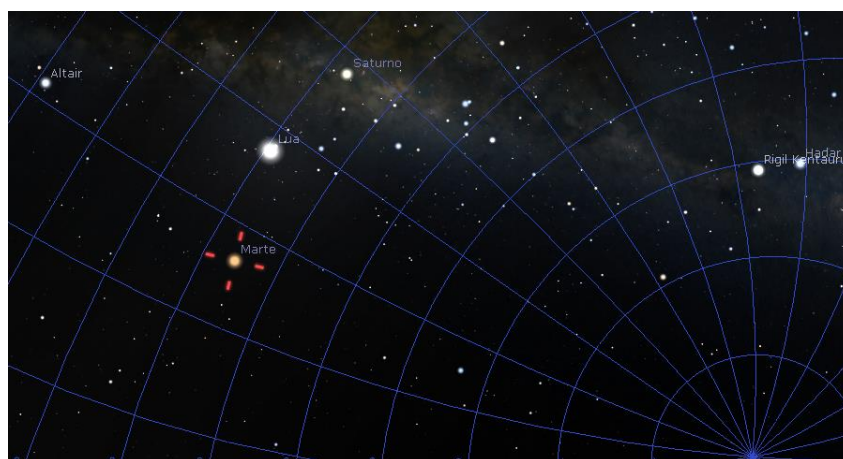
### 5.1.3 O Modelo Geocêntrico

Os alunos foram desafiados a fazerem observações do céu noturno e retornarem a aula seguinte com imagens de um dos cinco astros errantes conhecidos desde a antiguidade. Com a ajuda do aplicativo de fonte aberta *Stellarium* os alunos puderam localizar e fotografar o planeta Vênus (figura 5.6). As imagens serviram como base para discussão dos sistemas de mundo.

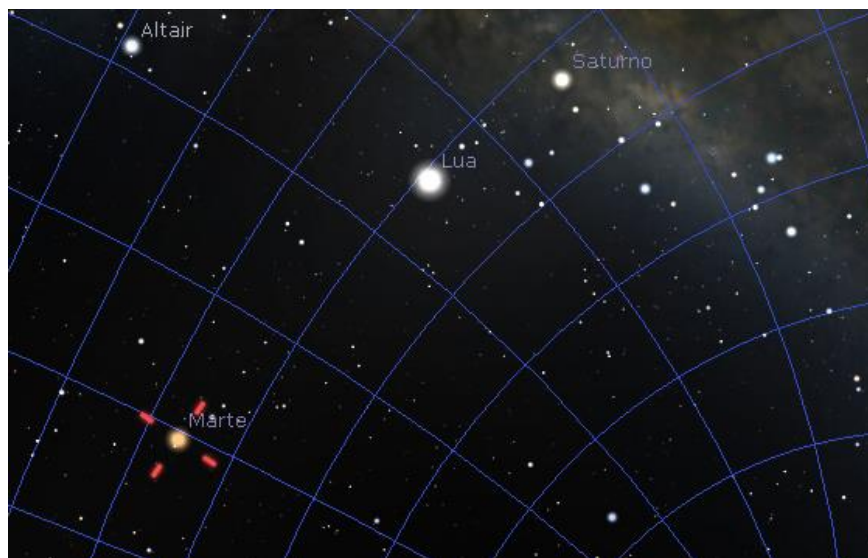


**Figura 5.6.** Vista do planeta Vênus. Fonte: Aluno do 6º ano EF.

Foi utilizado o *Stellarium* para simular o movimento errante do planeta Marte. Ao avançar as datas os alunos puderam perceber que o planeta não acompanha o movimento aparente do firmamento. O planeta não tem luz própria, apenas refletem a luz que recebem do Sol. Em geral as estrelas distantes cintilam em razão da luz emitida por elas ser tênue. Já os planetas visíveis, por estarem mais próximos da Terra e apresentarem um brilho mais intenso não apresentam cintilação significativa percebida pelo olho humano. Essas características permitiram os povos da antiguidade diferenciarem os astros errantes (planetas) das estrelas, que apresentavam fixas para eles. Pode-se observar a diferença de brilho entre a estrela Altair que fica na constelação da águia e o planeta Marte e suas posições relativas em diferença de dias (figuras 5.7 e 5.8).



**Figura 5.7.** Posições de Marte, Lua e Saturno em relação a estrela Altair 02/06/2018. Fonte: Stellarium.

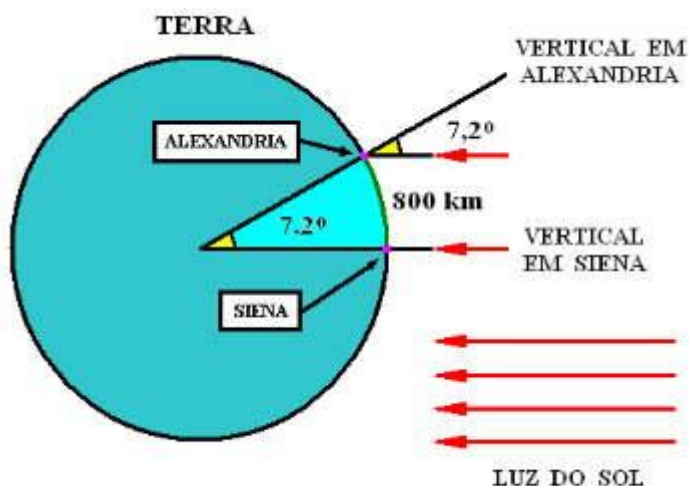


**Figura 5.8.** Brilho de Marte, Lua e Saturno em relação a estrela Altair 30/06/2018.  
Fonte: Stellarium.

#### 5.1.4 O Experimento de Eratóstenes

Eratóstenes realizou no século III a.C um dos experimentos mais espetaculares da antiguidade. Ele conseguiu determinar o comprimento da circunferência terrestre utilizando apenas uma vareta (gnômon) e matemática elementar. Chegou ao seu conhecimento que ao meio dia no dia do solstício de verão na cidade de Siena o reflexo do Sol aparecia no fundo de um poço. Isso significava que o Sol estava bem acima do poço e a sombra era a menor possível. Todavia na cidade de Alexandria que ficava a muitos quilômetros de Siena as construções produziam sombras. Isso significava que o Sol em Alexandria não estava a pino. Conta-se a história que ele solicitou a um viajante para medir a distância entre as duas cidades e mediu o ângulo da sombra projetada na cidade de Alexandria. Utilizando uma regra de três simples ele conseguiu medir o comprimento da circunferência terrestre (figura 5.9).





**Figura 5.9.** Esquema das sombras projetadas nas cidades de Siena e Alexandria.  
 Fonte: Roberto F. Silvestre 2001.

Sabendo que 800 km corresponde a 7,2° e que uma volta completa vale 360°, podemos construir uma regra de 3 como se segue:

$$\frac{\text{Circunferência total } (C)}{800 \text{ km}} = \frac{360^\circ}{7,2^\circ}, \text{ então: } x = \frac{360^\circ}{7,2^\circ} \cdot 800 \text{ km}$$

Que resulta em,

$$C = 50.800 \text{ km} = 40.000 \text{ km}$$

Estimando que a distância entre as duas cidades seja de 800 km e o ângulo da sombra de 7,2° podemos chegar ao valor do comprimento terrestre (C) de 40.000 km. Sabendo que:

$$\text{Raio da Circunferência} = \frac{\text{Comprimento}}{2 \cdot \pi}$$

Então,

$$R = \frac{40000 \text{ km}}{2 \cdot (3,14)}$$

**Que resulta em um Raio aproximado de 6369 km.**

O diâmetro da Terra conhecido hoje é de 12.756 km<sup>1</sup>. Não se sabe o tamanho exato calculado por Eratóstenes, todavia essa história revela a evolução do conhecimento humano ao longo da história.

Os alunos gostaram muito desta atividade, pois ela revelou um argumento muito forte a favor da Terra esférica em oposição a uma Terra plana. Outros pontos foram levantados como o movimento aparente das estrelas ao longo das latitudes. A utilização da modelagem matemática é importante em razão de mostrar que a linguagem foi importante no desenvolvimento do conhecimento humano. O professor deve fazer o raciocínio passo a passo com eles (figura 5.10).

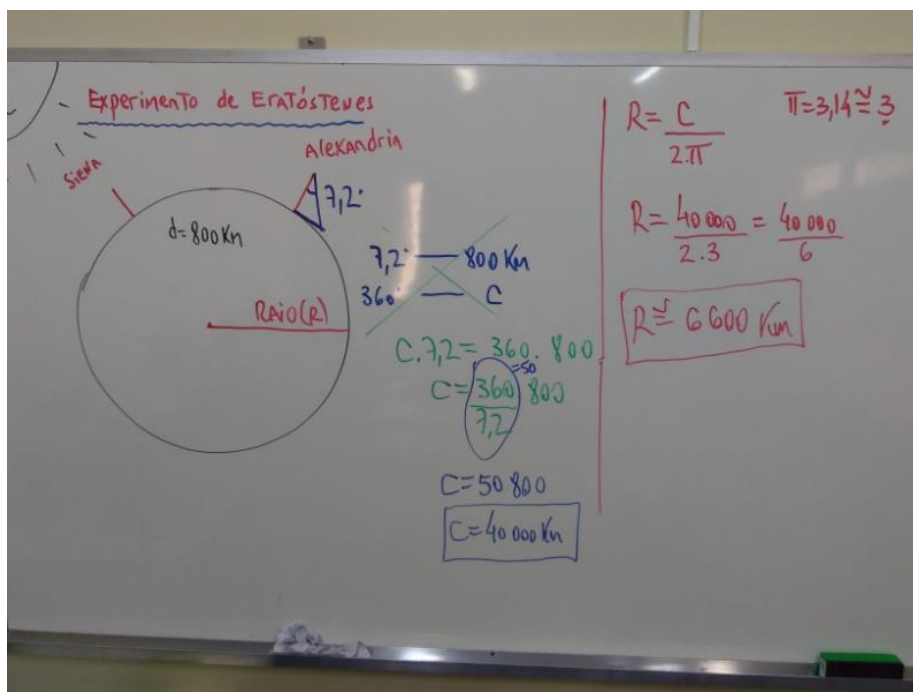
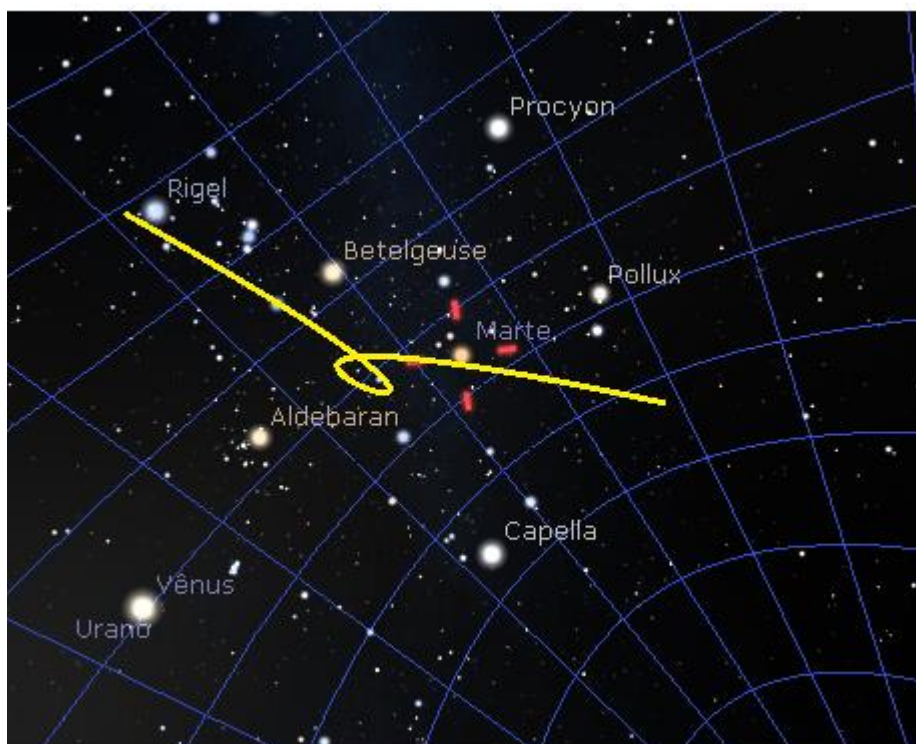


Figura 5.10. Fonte: Autor 2017

<sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil-CPRM <http://www.cprm.gov.br/>

### 5.1.5 O Modelo Geocêntrico de Claudius Ptolomeu

O objetivo desta aula era fazer com que os alunos observassem o movimento de laço (retrógrado) dos astros errantes. Utilizou-se o *applet* Stellarium em projeção perspectiva<sup>1</sup> sem a superfície e a opção “*show planet trail*” deve estar habilitada (figura 5.11).



**Figura 5.11.** Movimento retrógrado de Marte. Fonte: Stellarium

Com essa simulação o professor consegue mostrar a diferença de brilho do planeta e o seu movimento independente em relação às estrelas presentes no firmamento.

No modelo Ptolomaico (figura 5.12) o planeta deveria girar em torno de um ponto abstrato (deferente), e a órbita do planeta em torno desse ponto abstrato era o epiciclo (Maciel 1991). Apesar de descrever o movimento retrógrado dos planetas com grande precisão não explicava por que alguns planetas sempre ficavam perto do sol enquanto outros ficavam sempre distantes. Além disso, exigia sucessivas melhorias por conta do refinamento nas observações, tornando-se muito complicado.

<sup>1</sup> Disponível em: <http://gruposputnik.com/USP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf>

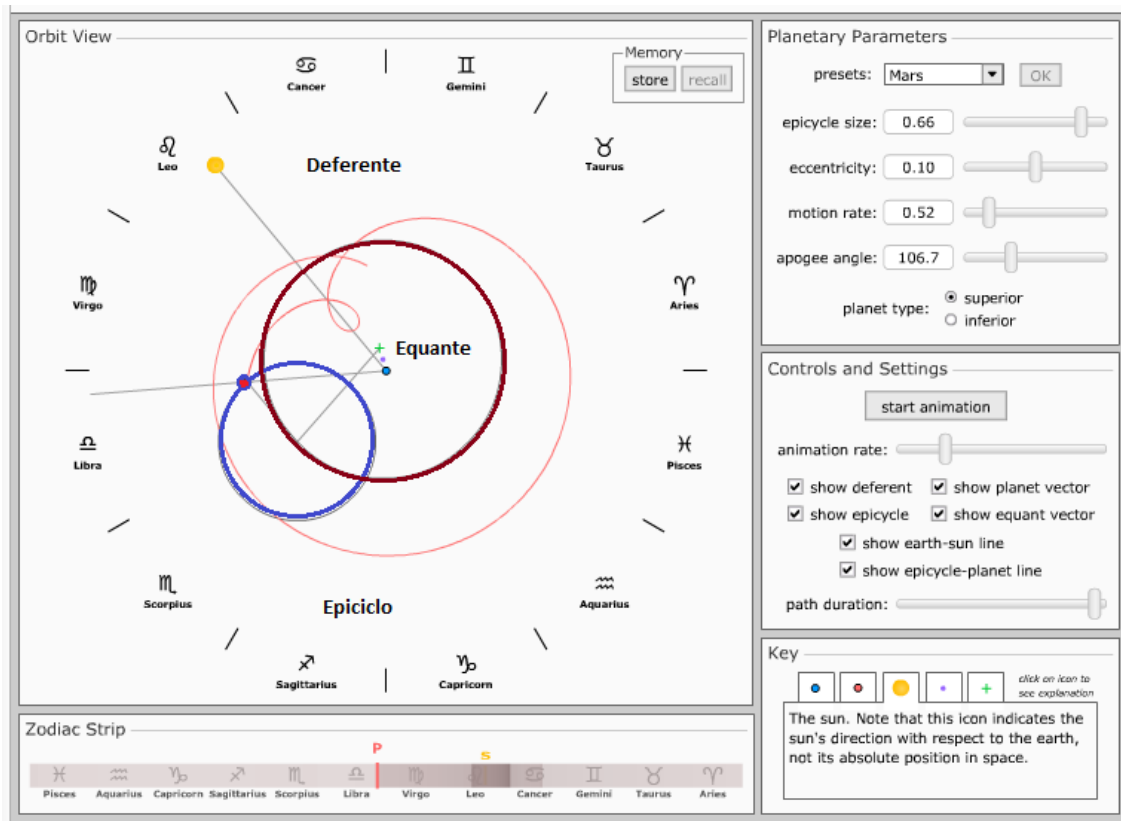


Figura 5.12. Modelo Ptolomaico. Fonte NAAP

Como atividade final os alunos desenharam o deferente e o epiciclo de um planeta qualquer (figura 5.13).

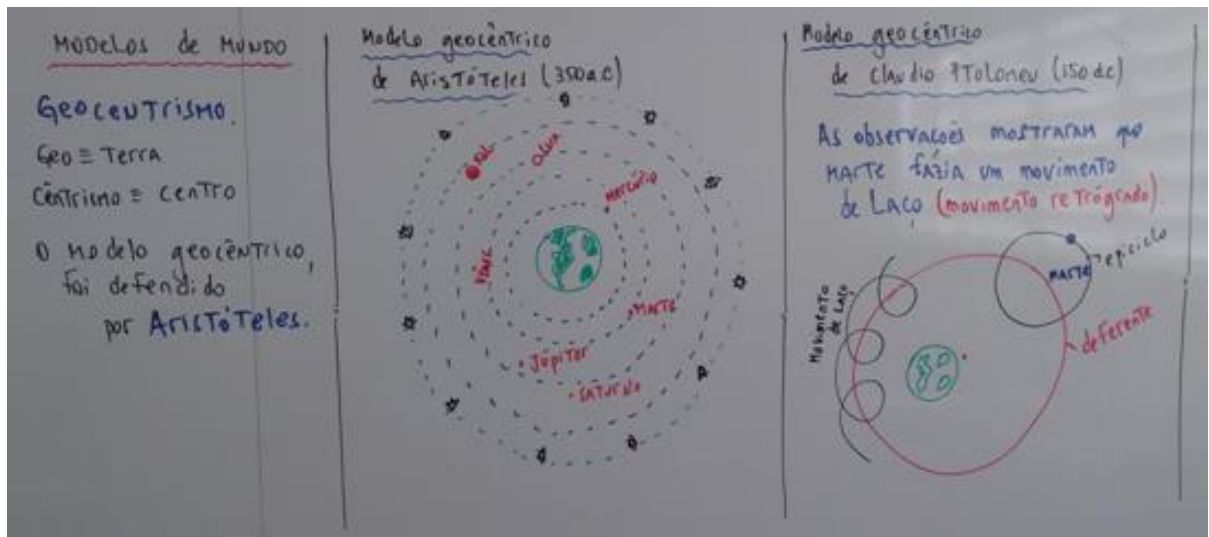
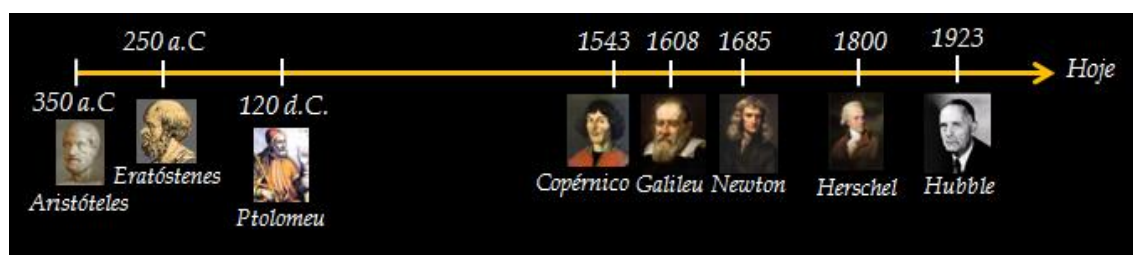


Figura 5.13. Desenho esperado dos alunos. Fonte: Autor 2017.

### 5.1.6 Breve histórico do modelo Aristotélico ao Big Bang

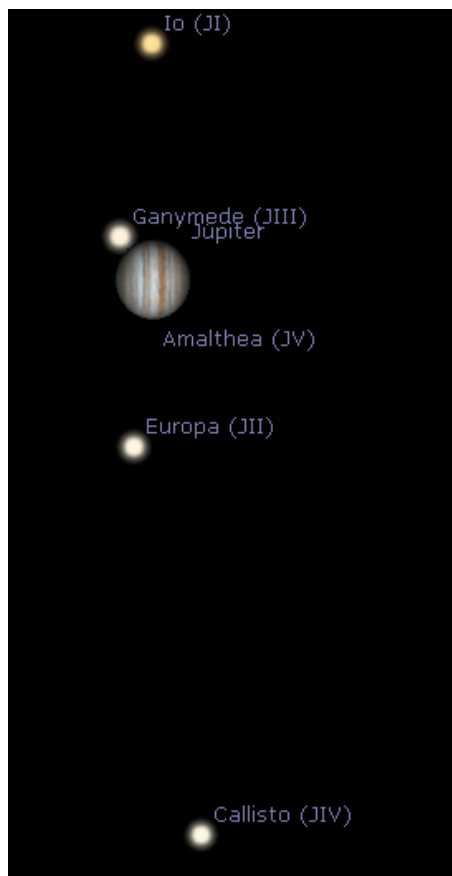
Foi realizado uma exposição histórica desde as ideias de Aristóteles até as observações de Hubble (figura 5.14), uma vez que os alunos já estavam familiarizados com os termos da linguagem científica. Essa aula serviu de introdução à visão científica mais aceita nos dias de hoje sobre a criação e evolução do universo: O Big Bang.



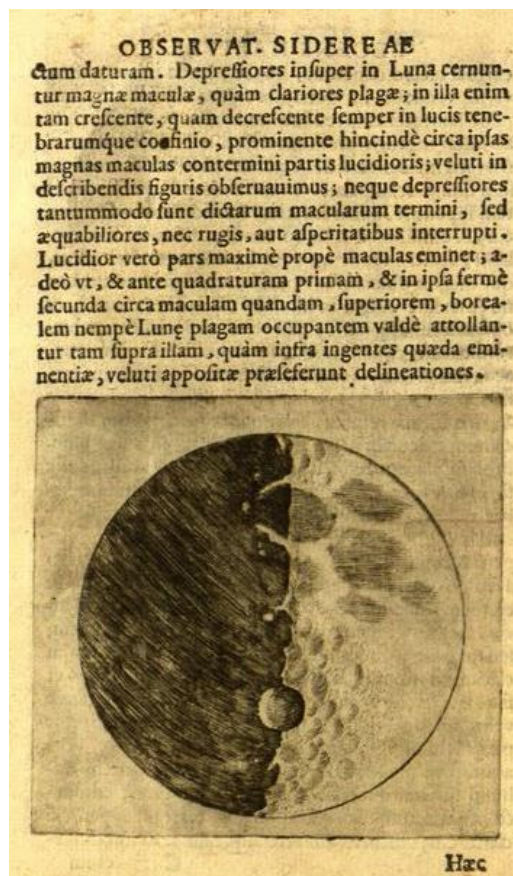
**Figura 5.14.** Evolução do Pensamento Cosmológico. Fonte: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/sessao-astronomia/>

### 5.1.7 Telescópio Caseiro

O uso do telescópio foi muito importante para o estabelecimento do sistema heliocêntrico. Não que o sistema geocêntrico fosse um fracasso, pelo contrário, ele era capaz de descrever empiricamente com notável regularidade o que se observava a partir de um referencial terrestre. Todavia ele falha na explicação física da dinâmica celeste, o que não exclui a grandiosidade do modelo que sobreviveu por dois mil anos não por acaso. É com o advento do telescópio que o modelo heliocêntrico ganha força pelas mãos de Galileu Galilei. Em 1609 Galileu conseguiu observar quatro luas de Júpiter (figura 5.15) e que as mesmas não giravam em torno da Terra, algo impensável na época. Ele observou que a Lua tinha crateras (figura 5.16), manchas solares e que Vênus tinha fases. Um dos principais argumentos contra o sistema heliocêntrico de Copérnico era que se Vênus estivesse entre a Terra e o Sol deveria existir fases, assim como observamos na Lua. Galileu ao apontar seu telescópio consegue observar essas fases. A partir de suas observações ele publica sua obra intitulada *Sidereus Nuncius* (Mensageiro das Estrelas), uma verdadeira epopeia científica. O principal objetivo é mostrar que o uso de novos equipamentos de observação permitiu o estabelecimento do modelo heliocêntrico.



**Figura 5.15.** Júpiter e suas 4 Luas. Hoje sabemos que o planeta tem 69 satélites. Fonte: Stellarium

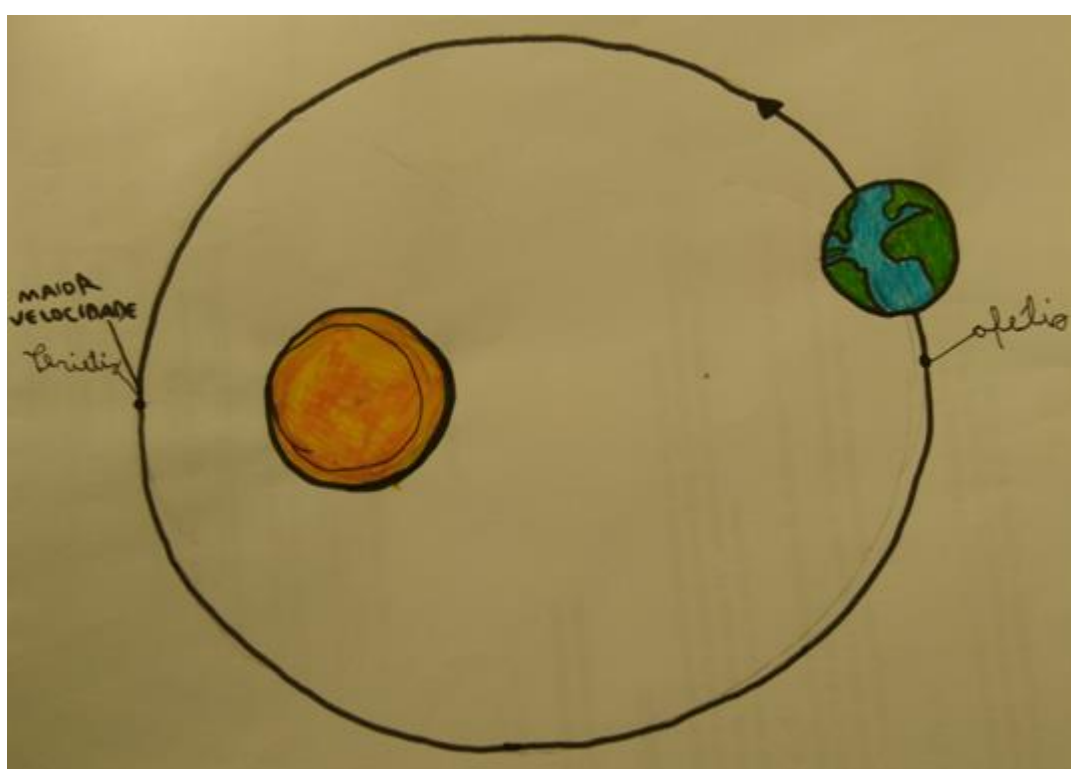


**Figura 5.16.** Desenhos da Lua feitos por Galileu<sup>1</sup>

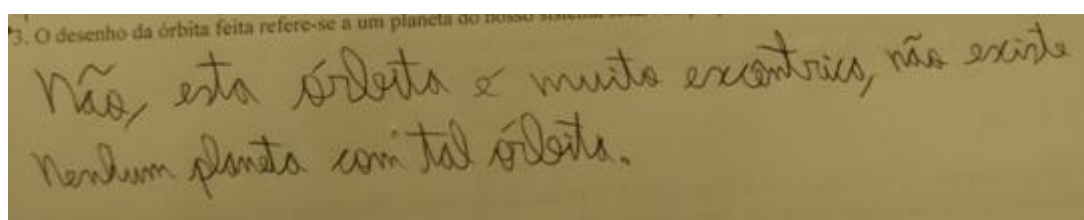
<sup>1</sup> Galileu Galilei - Sidereus Nuncius (1610). Primeiro Tratado Científico baseado em observações astronômicas. <http://apollotribute.blogspot.com/>

### 5.1.8 As Leis de Kepler

Nessa atividade os alunos puderam construir uma elipse de um planeta hipotético de excentricidade 0,8 (figura 5.17). Eles tiveram que localizar os pontos de maior e menor velocidade e identificarem se aquela excentricidade era de algum planeta do nosso sistema solar (figura 5.18). O professor se preocupou em dizer que as órbitas dos planetas são de baixa excentricidade, se parecem mais com círculos, pouco achatadas. As figuras abaixo referem-se as respostas dos alunos.



**Figura 5.17.** Órbita de um planeta de planeta qualquer de excentricidade hipotética 0,8.  
Fonte Autor 2017

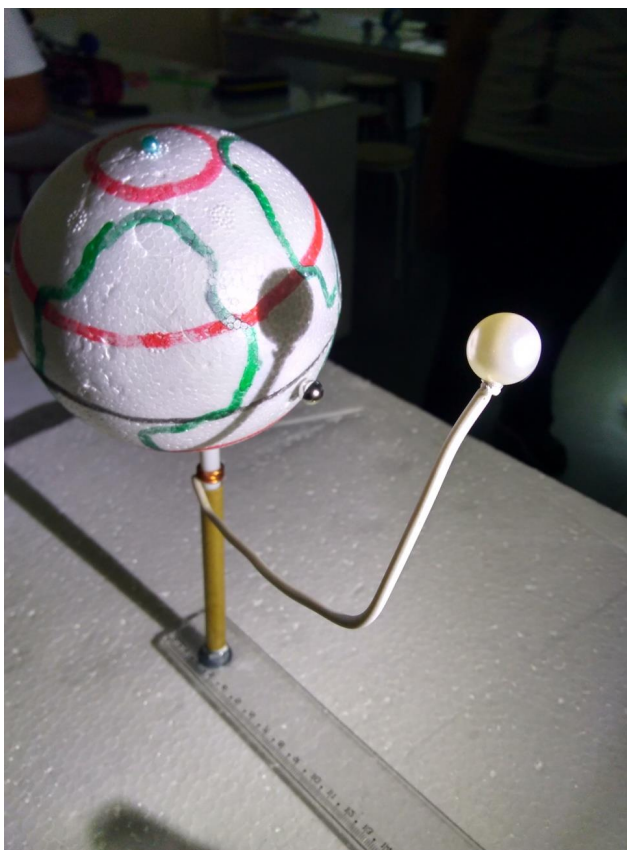


**Figura 5.18.** Resposta esperada do aluno. Fonte: Autor

### 5.1.9 Astronomia de Posição

Em razão da visão topocêntrica que todos nós temos dos movimentos celestes é importante que o aluno utilize ferramentas computacionais e maquetes funcionais para a correta descrição e observação da mecânica celeste. Utilizar-se apenas de desenhos 2D presentes na literatura não permite uma ruptura de observador absoluto (a partir do referencial terrestre) que temos dos movimentos celestes. Portanto, é necessário que o professor construa um telúrio funcional que permita visualizar os fenômenos relacionados aos movimentos do sistema terra-sol-lua. No caso de se tratar de alunos do 6º ano do EF, sugerimos que o professor leve o equipamento pronto. Para alunos do 1º ano do EM, sugerimos que os próprios alunos construam seus telúrios com a supervisão do professor. Essa ferramenta didática facilitará a observação da alternância do dia e da noite, movimento aparente do sol, estações do ano, eclipses, fases da lua e marés. É importante também que o professor estimule o aluno a explicar o fenômeno utilizando a maquete funcional com o objetivo de criar uma discussão científica com base no pensamento do aluno.

Após as discussões em grupo e as exposições com os simuladores virtuais, o professor explorou o uso do telúrio exaustivamente (figura 5.19).



**Figura 5.19.** Telúrio utilizado para demonstrar astronomia de posição. Eclipse solar. Fonte: Autor 2017



O professor utilizou o telúrio e simulou os movimentos da Terra e da Lua. Solicitou para os alunos se colocarem na posição do alfinete, no referencial terrestre (observador absoluto). Criou um ambiente favorável de discussões, a exemplo da discussão que se segue, sobre eclipses:

*Professor – Eu tenho eclipse nessas posições?*

*Todos – Não.*

*Professor - Em quais posições da Lua vai ter eclipse?*

*A1 – Na Lua Nova e Cheia*

*Professor – Isso!*

*A2 – A Lua tampa o Sol e pega a Terra inteira ou pega somente uma parte da Terra?*

*Professor – Você vai responder a sua pergunta. O que você vê?*

*A2 – Que a sombra da Lua tampa uma pequena parte da Terra.*

*A3 – Ah!*

*Professor – Então a única possibilidade para ter eclipse é...*

*Todos – Na Lua cheia e nova.*

*Professor – Tá vendo a Lua passar na sombra da Terra?*

*A4 - Olha que bacana...*

*Todos – Ah!*

*A5 – Professor aquela folhinha que o senhor deu, eu fui o único que respondeu certo.*

*Todos – Gargalhadas...*

*Professor - Então ora a Lua bloqueia a luz do Sol, ora a Terra bloqueia a luz do Sol que chega na Lua.*

*A6 – Professor então quando a Lua está entre o Sol e a Terra é eclipse solar e quando a Lua está na sombra da Terra é lunar.*

*Professor - Muito bem!*

*Todos entenderam?*

*Todos – Sim!*

*Professor – Boa! Legal...*

*Professor – Outra coisa importante... Vocês concordam comigo que temos Lua Nova e Cheia uma vez por mês?*

*A5 – Sim!*

*Professor - Se eu estou dizendo que os eclipses acontecem na Lua nova e na Lua cheia, por quê, então... não deveria ter dois eclipses todos os meses?*

*A4 – Eu sei, eu sei...*

*Professor - Concordam?*

*Todos – Sim!*

*A7 – Concordo...*

*Professor – Estou perguntando...*

*A4 – Por que não é todo mês que o Sol a Lua e a Terra se alinham perfeitamente.*

*Professor - Legal...! Muito bem!*

*Professor – Por quê? Por que não se alinham todo mês?*

*A2 – Porque o movimento de translação da Lua não é igual da Terra?*

*Professor - O que você está querendo dizer? Quem ajuda ele responder...*

### 5.1.10 Relógio de Sol

Na atividade do relógio de Sol os alunos tiveram a oportunidade de construir um aparato experimental de baixo custo que lhes permitissem verificar a hora local através da posição aparente do Sol. Após a construção do dispositivo o professor em sala de aula deve demonstrar o caminho aparente do Sol na esfera celeste utilizando uma lanterna “Sol”, desde a posição correspondente às 6h00 da manhã a posição correspondente às 18h00. O professor alertou os alunos sobre a posição que se deve colocar o aparato em relação ao Sol para que a leitura seja o mais próximo possível do horário real (figura 5.20).



**Figura 5.20.** Utilização do relógio de Sol. Fonte: Autor 2017

Como atividade de leitura e posicionamento do relógio de Sol os alunos fizeram a leitura do horário real e compararam com o horário civil, além dos ajustes segundo a equação do tempo (figura 5.21).

A atividades teve como pergunta central: “Compare a hora do relógio de Sol (real) com o horário civil (relógio). Quais foram os valores? É possível melhorar as leituras? Explique.”

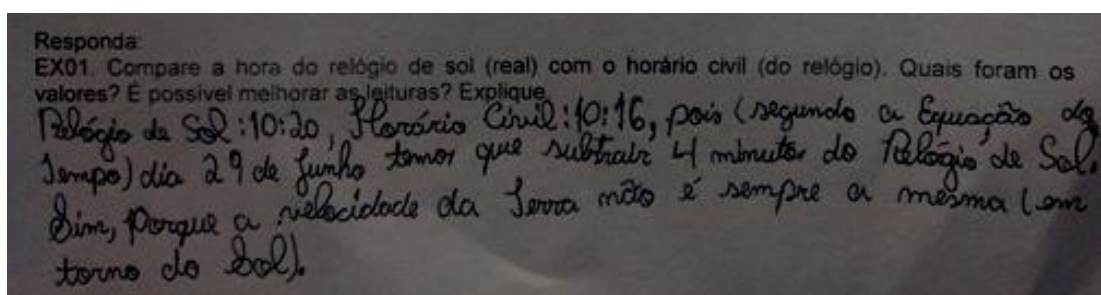


Figura 5.21. Resposta do grupo sobre a utilização da equação do tempo. Fonte: Autor 2017.

## 5.2 RESULTADOS

Ao longo do bimestre os alunos foram submetidos a diversas questões das mais variadas dificuldades, aplicadas depois das atividades, presentes em vestibulares de âmbito nacional, outras criadas pelo autor, sejam em provas regimentais ou em atividades extracurriculares, com vistas à avaliação do trabalho proposto. A ideia era verificar o nível de entendimento da linguagem científica e fomentar novas discussões sobre o assunto. As questões extracurriculares foram publicadas num ambiente virtual de aprendizagem (*QMágico*<sup>1</sup>) para facilitar a coleta dos dados. Foram realizadas cinco atividades de verificação ao longo da aplicação das sequências didáticas.

Os resultados médios da turma foram tabelados em dois status de saída, porcentagem das questões mais acertadas - e porcentagem das questões menos acertadas. A fim de facilitar a observação dos resultados foram publicadas apenas três questões de cada *status* de saída, sua descrição inicial além da média geral da turma. Todas as questões estão presentes na sua íntegra em anexos (**ANEXO A**).

<sup>1</sup>QMágico <https://www.qmagico.com.br/>

### 5.2.1 Diagnóstico do Desempenho dos Alunos

As atividades tiveram como objetivo central diagnosticar o desempenho médio dos alunos ao longo da execução da pesquisa. A atividade I (tabela 5.1) teve um aproveitamento de 93% revelando um bom entendimento dos fenômenos relacionados aos modelos de mundo. A razão de alto nível de desempenho talvez resida no fato da interdisciplinaridade com as demais disciplinas. A atividade II (tabela 5.2) teve um aproveitamento de 88%.

As questões relacionam-se com o contexto histórico e exigiram do aluno um conhecimento mais específico.

Na atividade III (tabela 5.3) houve um aproveitamento de 77%. Há muitas questões de vestibulares nacionais com boa quantidade de distratores que tendem a levar o aluno ao erro, além de exigir um domínio mais rigoroso da linguagem matemática, mesmo assim eles obtiveram um bom desempenho, já que estamos nos referindo a alunos do 6º ano do ensino fundamental II.

Na atividade IV (tabela 5.4), astronomia de posição, os alunos obtiveram um aproveitamento médio de 85%, revelando um bom domínio das estações do ano, fases da Lua, eclipses, esse bom desempenho revela que a manipulação das maquetes funcionais serviu de ferramenta pedagógica eficiente no entendimento dos fenômenos estudados.

Na atividade V (tabela 5.5) o aproveitamento foi de 72% com assuntos voltados a astrometria com questões com muitos distratores que confundiam os alunos. No geral o aproveitamento médio da turma foi de 83% revelando um bom desempenho médio geral da turma.

**Atividade I**

Tabela 5.1. Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual.

Mais acertadas	Média %
1. Quais foram os primeiros ensinamentos obtidos pelo homem ao olhar para o céu?	78
2. Como era o Universo de Aristóteles?	69
4. Quais são os astros errantes?	63
Menos acertadas	Média %
5. Marque a alternativa correta a respeito do modelo astronômico proposto por Ptolomeu.	59
3. O texto foi extraído da peça Tróilo e Créssida de William Shakespeare, escrita...	51
6. (Udesc) Analise as proposições a seguir sobre as principais características dos modelos...	47

**Tabela 5.1.** Fonte autor 2017**Atividade II**

Tabela 5.2. Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual.

Mais acertadas	Média %
4. Marque a alternativa correta a respeito do modelo astronômico	68
3. (Unir-RO) Em 1609, Galileu Galilei, pela primeira vez na história apontou um telescópio	66
1. O modelo de universo proposto por Kepler, apesar de heliocêntrico, tinha disparidades	60
Menos acertadas	Média %
2. Analise as proposições a seguir sobre as principais características dos modelos de	47
5. (UFPB) O astrônomo alemão J. Kepler, adepto do sistema heliocêntrico, desenvolveu um	42

**Tabela 5.2.** Fonte: autor 2017.**Atividade III**

Tabela 5.3. Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual.

Mais acertadas	Média %
11. Qual são os nomes dos planetas do nosso sistema solar?	89
2. (PUC MG/2006) Leia as informações abaixo. I A galáxia Andrômeda exerce uma força	81
7. (UFSCar SP/2015) A Lua dá uma volta em torno da Terra a cada 29,5 dias. Como sua	62
Menos acertadas	Média %
5. (UFSCar SP/2006) Leia a tirinha. Não é difícil que manolito desconheça a relação entre	35
10. (UFRN/2006) A órbita da Terra em torno do Sol ocorre em um plano. Considere, na	26
4. (UFG GO/2008) Considere que a Estação Espacial Internacional, de massa M, descreve	24

**Tabela 5.3.** Fonte: autor 2017

### Atividade IV

Tabela 5.4. Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual.

Mais acertadas	Média %
1. A rotação do Planeta Terra tem duração aproximadamente de	70
3. (UESPI/2011) Existem diversas expressões que são geralmente empregadas na relação	68
8. (UFRN/2012) Quando os raios solares atingirem verticalmente o trópico de Capricórnio	65
Menos acertadas	Média %
5. (UFG GO/2011) Sobre os movimento do planeta Terra, é CORRETO afirmar	44
9. (UFGD MS/2007) O movimento da Terra em torno do sol provoca fenômenos como	43
2. (UFPeL RS/2008) Em um determinado dia do ano uma experiência de observação de	37

**Tabela 5.4.** Fonte: autor 2017

### Atividade V

Tabela 5.5. Tabulação das questões e seu aproveitamento percentual.

Mais acertadas	Média %
5. Vários estudantes viajaram para o HN mais especificamente para a Europa Ocidental	59
1. A Terra é inclinada em relação ao plano da sua órbita ao redor do Sol e no seu próprio	50
Menos acertadas	Média %
3. Sobre o movimento de rotação, pode-se afirmar que: I	48
2. A relação Sol-Terra faz com que em qualquer lugar do planeta existam diferenças	45
4. Levando em consideração o horário, a posição do sol, a posição da sombra e a latitude	41

**Tabela 5.5.** Fonte: autor 2017

# Capítulo 6

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

---

Esse trabalho de pesquisa teve como ponto de partida elaborar um conjunto de 14 sequências de atividades didáticas voltadas para o ensino de astronomia para alunos do 6º ano do ensino fundamental II. Para que isso fosse possível utilizamos ferramentas computacionais que estão todas disponíveis gratuitamente, materiais de baixo custo na construção de maquetes funcionais em 3D e vídeos, revelando que é possível termos ensino de qualidade sem grandes gastos monetários. Espera-se que as sequências didáticas contribuam para uma melhor eficiência no processo de ensino e aprendizagem dentro das salas de aula e que possam ser reproduzidas por outros professores.

As aulas foram pensadas a fim de apresentar aos neófitos da ciência que vale a pena dedicar-se ao conhecimento científico. Também mostramos aos alunos que a ciência permite ao homem raciocinar e não ficar sujeito ao princípio de autoridade a exemplo da ousadia de Galileu Galilei e o “*status quo*” de sua época, decidir o que é bom ou ruim para si, de transformar o mundo ao seu redor, permitindo assim uma melhor qualidade de vida para ele e para o próximo. Mostramos a evolução dos modelos de mundo de Aristóteles ao Big Bang. Tentamos mostrar um ensino de qualidade, não propedêutico, mas sim um ensino voltado para a formação do cidadão, comprometido, com reverência ao conhecimento, autonomia e com equilíbrio pessoal. (ZABALA)

Houve uma preocupação em apresentar uma metodologia adequada à faixa etária dos alunos e que os envolvesse com os temas propostos.

Outro fator para obter-se uma melhor eficiência no processo de ensino e aprendizagem é a formação do professor. Esse deve ter domínio do assunto para que possa criar situações de

aprendizagens para os alunos. Sem as intervenções corretas do professor não haverá aprendizado. Infelizmente muitos professores não tem nenhum tipo de aperfeiçoamento na área de astronomia em razão do grande número de aulas que precisa assumir no início do ano. Há muitos cursos à distância EAD gratuitos<sup>1</sup> de astronomia básica para professores da rede pública, pensado no perfil desse professor sem tempo para se aperfeiçoar.

Outras atividades importantes que poderão ser alocadas dentro do assunto são visitas a observatórios astronômicos, concurso de foguetes de água e participação em olimpíadas nacionais. Alunos desta faixa etária se mostram muito receptivos a atividades desta natureza e ficam mais atraídas pelo assunto em sala de aula.

Outro fator importante na aplicação deste material é a quantidade de alunos presentes em sala de aula. Percebemos que em turmas numerosas a utilização dos aplicativos deve ser bem concisa para evitar desvios de atenção. Quando a sala for numerosa é importante que os alunos tragam os experimentos semiprontos de casa, há pouca habilidade manual por parte da maioria dos alunos nessa faixa etária, do contrário perde-se muito tempo em atender todos os alunos na preparação dos experimentos e a tendência é gerar indisciplina.

Obtivemos resultados muito positivos por parte dos alunos envolvidos alcançando uma média geral de acertos das questões avaliativas de 83% com uma forte sensação de que é gostoso ensinar e aprender Física de forma significativa. Sentimos a ausência da coleta de dados antes da aplicação das atividades diagnósticas, como também a sua realização depois de um período longo, em razão do pouco tempo que dispúnhamos para a coleta dos dados. Todavia sugerimos a quem se propuser a refazer essa metodologia que aplique os questionários antes e depois da aplicação das sequências didáticas.

---

<sup>1</sup>Há cursos gratuitos no INCTA, CDCC-USP, Observatório Nacional (ON).



# REFERÊNCIAS

---

[**ANDRÉ 1990**] M. D. André. A avaliação da escola e a avaliação na escola. Cadernos de Pesquisa: Fundação Carlos Chagas. 74(agosto): 68-70.

[**ATAM**] P. A. Atam. Introduction to Classical Mechanics. Second Edition. Prentice Hall International, Inc. p.238-1990.

[**BNCC**] Base Nacional Comum Curricular, p.326, 2017.

[**BRASIL 1998**] PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (5ª A 8ª SÉRIES): Ciências Naturais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC /SEF, 1998. p.32.

[**BONADIMAN 2007**] BONADIMAN, Hélio; NONENMACHER; Sandra E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. Departamento de Física, Estatística e Matemática (UNIJUÍ), Ijuí, RS, 2007.

[**COSTA 200**] R.D. D. Costa. Astronomia: Uma visão geral do universo. São Paulo. Usp, p.227, 2000.

[**DULCÍDIO 2002**] B. Jr. Dulcídio. Tópicos de Física Moderna. Editora CDE 2002.

[**DIAS 2007**] Wilton S. Dias e Luis Paulo Piassi. Por que a variação da distância Terra-Sol não explica as estações do ano? Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 325-329, (2007).

[**FARIA 1982**] R. P. Faria. Fundamentos de Astronomia. Coleção Universo, v.01, p.14,20,22;2010.

[**GALDINO 2011**] L. Galdino. A astronomia indígena. São Paulo. Nova Alexandria, p.31, 2011.

[**GAMAOW 1980**] GAMOW, JORGE. O incrível Mundo da Física Moderna. 2ªEdição. 1980.

[**GLEISER 1997**] GLEISER, MARCELO. A dança do Universo. Dos mitos de Criação ao Big Bang. 2ªed.Companhia das Letras, p.21-22,1997.

[**HALLIDAY 2016**] HALLIDAY, RESNICK e WALKER. Fundamentos de Física 4. 10ª Edição. Editora LTC, p.391, 2016.

[**IAU**] <https://www.astronomy2009.org/general/about/index.html> 11/07/2018.

[**LANGHI 2007**] R. Langhi, R. Nardi. Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Ciências, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v24, n1:p.87-111, 2007.

[LIMA 2003] LIMA, M.C.B.; CARVALHO, A.M.P. Linguagem e o ensino de Física na escola fundamental. Cadernos Brasileiros de Ensino de Física (Abril2003).

[LANGHI 2004] LANGHI, R. Um estudo exploratório para a inserção da astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental. Dissertação (Mestrado em educação em Ciências). UNESP, BAURU, 2004.

[MACIEL] W. J. Maciel. Astronomia e Astrofísica. Curso de Extensão Universitária IAG/USP. P. 29-37. São Paulo, 1991.

[PCN] <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>. Acessado em 11/07/2018. p.22-23.

[PIAGET 1998] PIAGET, J. A psicologia da criança. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1998.

[PIAGET 1975] PIAGET, J. A construção do real na criança. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Zahar; Brasília, INL, p.17, 1975.

[PIAGET 1987] PIAGET, J. O nascimento da inteligência na criança. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara S.A.1987.

[KEPLER 2004] SOUZA, KEPLER, SARAIVA, F.O. Astronomia e Astrofísica. 2ªed. São Paulo. p.51. 2004

[SYMON] K.R. Symon, Mecânica, Editora Campus- p.118-1982

[SILVA 2004] SILVA, D., MARTINES, A. F. P. (1997). Conflito cognitivo em sala de aula: atividade desencadeadora dos processos. Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Belo Horizonte. SBF, 185 - 195.

[SCARINCI 2006] SCARINCI, A.L, PACCA, J.L.A. Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 89 - 99, (2006).

[TIPLER 2014] TIPLER, PAUL., LIEWELLYN, RALPH. Física Moderna. 5ªEdição. Editora LTC. 2014.

[UNL 2018] Astronomy Education at the University of Nebraska-Lincoln. <<http://astro.unl.edu/>> Acessado em 16/07/2018

[ZABALA 1998] ZABALA, ANTONI. (1998). A prática Educativa-Como ensinar. Tradução Emani F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

# Apêndice A

## PRODUTO EDUCACIONAL

---

### 1. INTRODUÇÃO

O céu noturno sempre chamou muito a atenção do homem desde os tempos mais remotos. Ao olhar para o céu o homem aprendeu o tempo correto de plantar, colher, migrar, contar o tempo, estações do ano, etc. (GALDINO, 2011).

O conhecimento científico acumulado ao longo de milênios tem sua origem em sua grande parte ao estudo dos astros. Por exemplo, devemos os dias da semana ao estudo dos sete astros errantes conhecidos desde a antiguidade pelos mesopotâmios (Faria, 1982), conforme tabela 1.

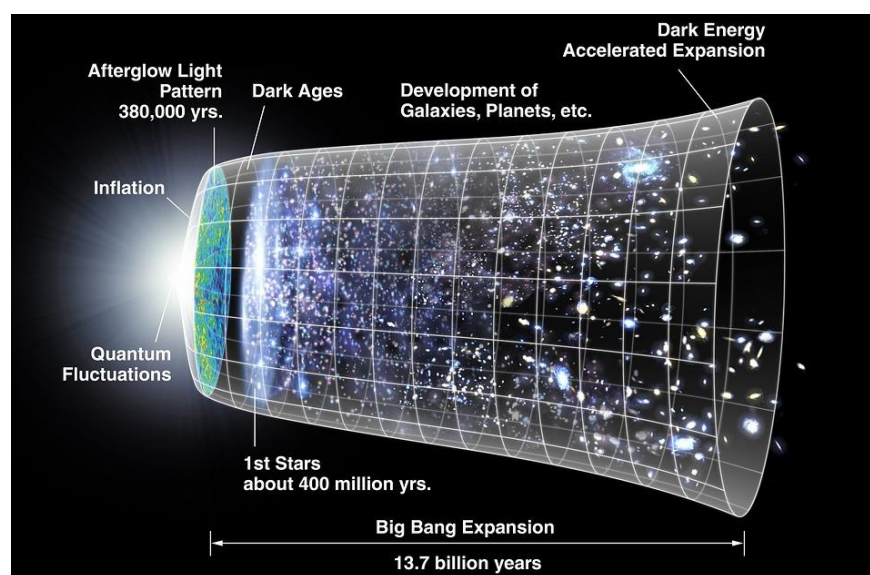
Astro	Espanhol	Italiano	Inglês	Português
Sol	Domingo	Domenica	Sunday	Domingo
Lua	Lunes	Lunedì	Monday	Segunda-feira
Marte	Martes	Martedì	Tuesday	Terça-feira
Mercúrio	Miercoles	Mercoledì	Wednesday	Quarta-feira
Júpiter	Jueves	Giovedì	Thursday	Quinta-feira
Vênus	Viernes	Venerdì	Friday	Sexta-feira
Saturno	Sabado	Sabato	Saturday	Sábado

**Tabela01.** Nome dos planetas em diversas línguas. Fonte: Faria 1992.

Os modelos de mundo de Aristóteles, Ptolomeu, Aristarco de Samos, Copérnico, entre outros ao longo dos séculos, nos fez pensar na evolução do Universo como um todo. O universo sempre existiu? O Universo foi criado num certo instante? Existe um criador? Existem outros mundos? E outros universos? Essas e outras perguntas sempre permeiam todos aqueles que percebem a natureza ao seu redor e têm uma curiosidade a respeito do mundo (Costa, 2000), (Faria, 1982).

A cosmologia é a ciência que estuda a origem e a evolução do Universo como a conhecemos hoje. Newton acreditava num universo infinito e estático (Gleiser, 1997). Heinrich

Wilhelm Mattaus Olbers (1758-1840) dizia que se o universo fosse infinito o céu noturno seria claro como dia (Kepler, 2004). Em 1916 Einstein publica a teoria da relatividade geral que sugere que a gravidade é o resultado da deformação do espaço-tempo e que o universo deve ser finito e dinâmico. Em 1929 Edwin Powell Hubble, observou com um potente telescópio que as galáxias mais distantes tinham uma maior velocidade de afastamento, isto é, quanto mais distante a galáxia, maior sua velocidade de afastamento, essa relação ficou conhecida como Lei de Hubble. Essas e outras observações levaram o homem a elaborar o modelo do *Big Bang*. Esse modelo é o mais bem aceito pela comunidade científica nos dias de hoje. Segundo esta teoria, todo o universo que conhecemos (tempo, espaço e energia) estava concentrado num ponto infinitesimal com densidade infinita e, num dado instante, por razões desconhecidas pela ciência, o Universo começou a expandir-se. Todavia a ciência não consegue descrever absolutamente nada no instante inicial ( $t = 0$ ). O modelo só faz sentido a partir do instante inicial  $t = 10^{-43}$  s que é o tempo em que as leis da Relatividade Geral de Einstein fazem sentido, abaixo deste tempo há necessidade uma teoria quântica da gravidade, ainda não estabelecida. A partir desse instante é que as leis da física fazem sentido, quando o universo era bem menor que um átomo. Nos  $10^{-34}$ s o universo sofre uma rápida expansão multiplicando seu tamanho em uma ordem de grandeza de  $10^{31}$ , permeado de fótons, quarks e léptons. Somente após os primeiros 379000 anos os primeiros átomos de hidrogênio e hélio, por influência da gravidade, começaram a formar as primeiras estrelas (Halliday,2016), figura01.



**Figura01.** Ilustração do universo desde as primeiras flutuações quânticas, logo após o instante  $t=0$  (extremidade esquerda), até a atual expansão acelerada,  $13,7 \cdot 10^9$  anos depois (extremidade direita).

Fonte: Nasa.

A seguir apresentaremos uma breve descrição da visão que povos antigos tinham do início do universo. Pré-Histórica, Mesopotâmica (sumérios, babilônicos, caldeus e assírios), egípcia, chinesa, indígena e civilizações Pré-Colombianas.

## 2. PRÉ-HISTÓRIA

As origens da astronomia datam de aproximadamente 50.000 anos atrás (Faria, 1982). Existem muitas gravações em pedras e em paredes de cavernas que representam agrupamentos estelares como as Plêiades e a constelação da Ursa Maior. Os megalíticos mais famosos são de Stonehenge na Inglaterra (figura02). A palavra “megalítico” vem do grego mega (grande) + lithos (pedra). Há muitos outros círculos de pedra espalhados pelo mundo. Eles serviam para marcar a entrada do solstício de verão.

Assim o homem deve ter notado que o Sol não surge sempre ao leste todos os dias, mas descreve um movimento pendular ao longo do ano alcançando um máximo deslocamento para o norte (entrada do verão no hemisfério norte) e um máximo deslocamento para o sul (entrada do inverno no hemisfério norte). A palavra solstício significa “parada do sol”.



**Figura02.** Stonehenge. O alinhamento de megálitos existentes nessas construções indicam com precisão os pontos do nascer e ocaso do Sol e da Lua, em diferentes épocas do ano. Fonte: Wikipédia.

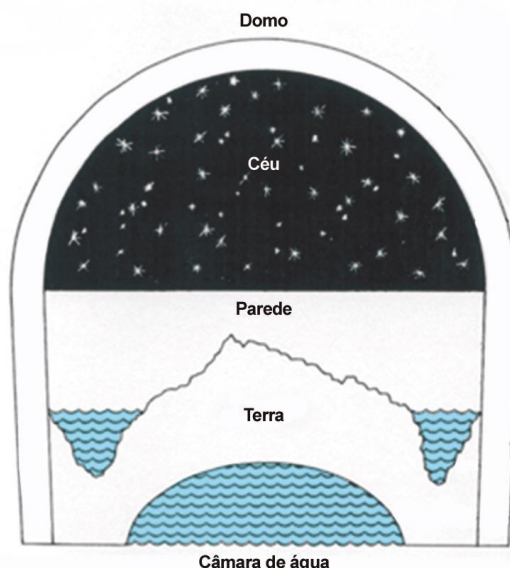
### 3. POVOS MESOPOTÂMICOS

A Mesopotâmia é uma região geográfica entre os rios Tigre e Eufrates, onde viveram vários povos, entre eles, os sumérios, babilônicos, caldeus e assírios. Hoje a maior parte dessa região é conhecida como Iraque e cada um desses povos tinha uma visão peculiar sobre o universo.

Os sumérios foram os primeiros povos a se estabelecerem na região da mesopotâmia (por volta de 2500 a.C.), esse povo deixa de existir no segundo milênio antes de Cristo. Parte do seu conhecimento foi transmitido aos assírios por meio da sua arte e mitologia (ON 2015).

A escrita, ciência, astrologia e astronomia babilônica tem uma forte origem no povo sumério (ON 2015).

A cosmologia desenvolvida pelos babilônicos continha muitos registros, contínuos e precisos, como posição de planetas, do sol, da lua e sobre eclipses. Eles conseguiram desenvolver uma aritmética capaz de fazer previsões. Eles conheciam o período de Saros, período de aproximadamente 18 anos depois do qual um eclipse volta a ocorrer com as mesmas características (Faria 1982). A figura03, mostra uma representação do universo babilônico.

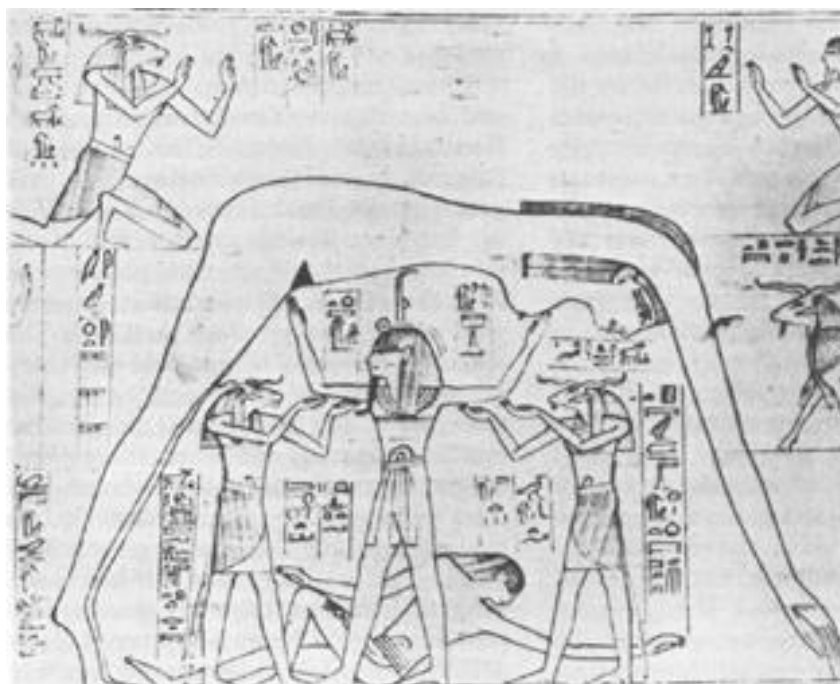


**Figura03.** O universo segundo os babilônicos. Temos representados: a terra que tinha uma forma circular, que estaria sobre uma câmara de água, e ainda um rio a circundando. E ao redor disso um domo onde todos os corpos celestes estariam circunscritos. Fonte: Observatório Nacional.

#### 4. COSMOLOGIA EGÍPCIA

O Egito, situado às margens do rio Nilo, teve seu início por volta de 3.500 a.C. O ano egípcio tinha 365 dias e dividia-se em 12 seções com 30 dias cada uma, em razão de observações feitas por eles com o fim de entender o Deus Rá que é representado pelo Sol (ON 2015).

“Nut (Figura04) frequentemente é representada como uma fêmea nua que se estica através do céu. O Sol, o deus Ra, é mostrado entrando em sua boca, passando através de seu corpo salpicado de estrelas e emergindo de seu "canal de nascimento" nove meses mais tarde (do equinócio da primavera ao solstício de inverno no hemisfério norte). Assim Ra se torna um deus que cria a si mesmo, isto é, o universo é auto-criante e eterno” (ON 2015).



**Figura04.** A imagem, extraída do Livro dos Mortos, Deir el-Bahri, do século X a.C., mostra a deusa egípcia do céu Nut, com o seu corpo suspenso pelo deus do ar Shu. O deus da terra Geb reclina-se a seus pés.  
Fonte: Observatório Nacional (ON).

## 5. COSMOLOGIA CHINESA

Os chineses também demonstraram preocupação com a astronomia. É deles o mapa estelar mais antigo que se tem notícia (figura05).



**Figura05.** Antigo mapa chinês do céu boreal do planeta Terra. Faz parte do Atlas Estelar de Dunhuang. Ele marca as posições de mais de 1.300 estrelas e delineia 257 grupos de estrelas ou asterismos chineses. Fonte: Copyright: J.-M. Bonnet-Bidaud(CEA, Saclay),F. Praderie (Obs. Paris)S. Whitfield (british Library).

Uma história interessante, com relação à criação, é que no início o céu e a terra estavam unidos numa forma de ovo, em uma nebulosidade. Então, o primeiro homem, Pagu, ao crescer, separou o mais leve (céu) do pesado (terra). Existe também uma versão em que Pagu, com um machado, separou o céu da terra. Apesar destas histórias, a astronomia chinesa era avançada e eles já sabiam diferenciar estrelas de planetas e já percebiam os movimentos celestes (ON 2015).

Marcelo Gleiser (1997) em seu livro “A dança do Universo” relata que a religião e seus mitos de criação são formas humanas de entender a natureza.

*“Quando refletimos sobre a origem do universo, imediatamente percebemos que devemos nos deparar com problemas bem fundamentais. Como compreender qual a origem de tudo? Se assumirmos que algo criou tudo, caímos em uma regressão infinita; quem criou o tudo? Como podemos entender o que existia antes de tudo existir?” (Gleiser, 1997, p.21)*



Sendo assim a ciência tem um papel preponderante em oferecer repostas às perguntas universais que não são exclusivas das motivações religiosas.

## 6. COSMOLOGIA INDÍGENA

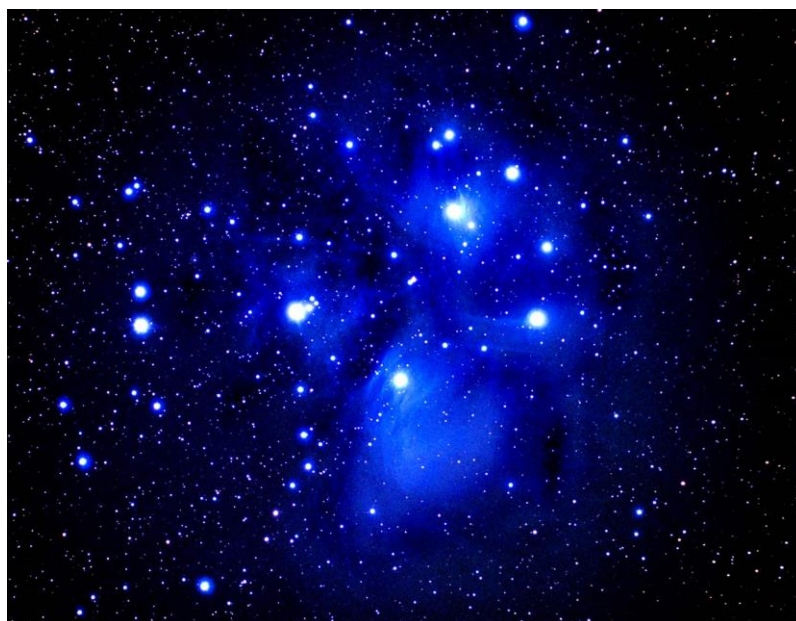
Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC 2016). O conhecimento indígena faz parte do conhecimento da humanidade.

*“Na unidade temática Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes.*

*Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo, como os conhecimentos próprios dos povos indígenas originários.” (BNCC 2016, p.138).*

Luiz Galdino (2011) em seu livro “Astronomia Indígena” discute que o fundamento da astronomia reside no fato de que o homem primitivo percebeu que os fenômenos climáticos, assim como as melhores épocas para caçar, pescar, plantar, migrar, correspondiam a eventos cíclicos registrados nos céus. Prever os movimentos dos astros era uma questão de sobrevivência. Galdino diz:

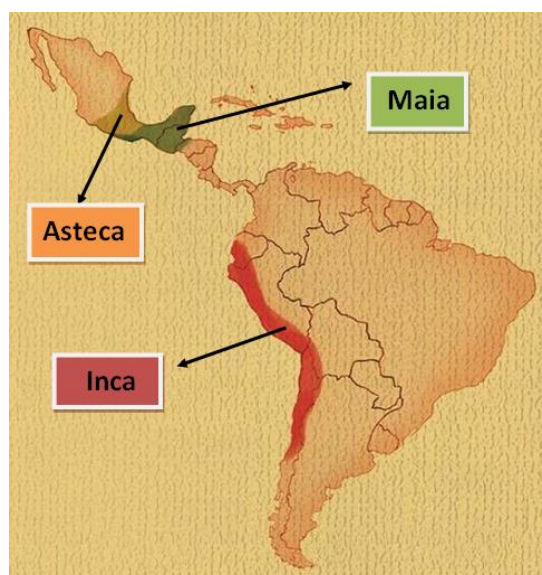
*“Em toda América do Sul, os ciclos destas constelações (Órion e Plêiades, figura06) prendem-se às estações do ano. As Plêiades, que recebem batismo como Colméia de Abelha, entre os Tupis do nordeste; Buquê de flores, entre os Bororos; e Punhado de Farinha, entre os Bacairis; são os mais populares.” (GALDINO 2011, p.34).*



**Figura06.** As Plêiades, também chamadas de aglomerado estelar (ou aglomerado aberto) **M45**, são facilmente visíveis a olho nu nos dois **hemisférios** e consistem de várias estrelas brilhantes e quentes, de **espectro** predominantemente azul. As Plêiades têm vários **significados em diferentes culturas e tradições**. Para os Tupis “Colméia de Abelha”.Fonte: Skyimagelab.

## 7. COSMOLOGIA NA AMÉRICA PRÉ-COLOMBIANA

As sociedades que viviam no continente americano antes da chegada dos europeus são denominadas pré-colombianas, destacamos os Astecas que viviam predominantemente ao norte do México, os Maias que viviam mais ao sul do México até Honduras e os Incas que se localizavam mais na América do Sul, principalmente na região Andina (figura07).



**Figura07.** Regiões habitadas pelas grandes civilizações Pré-Colombianas.  
Fonte: Alterado Autor 2017.

Denominados de índios pelos espanhóis, por acreditarem terem chegado às Índias, algumas dessas sociedades apresentavam um alto nível de organização social, político e econômico. (NAVARRO, LABJOR).

Para esses povos a observação dos astros era de vital importância para a sobrevivência das sociedades e seu controle cívico-religioso. O Sol e a Lua tinham relações com as divindades da criação e com o calendário. O calendário Tzolkin dos Maias apresentava 260 dias com 13 meses de 20 dias cada. O planeta Vênus era conhecido dos Maias como Chark Ek'. A figura 08 mostra o observatório Maia de Chichén Itzá, localizado na península de Iucatã, México.



**Figura08.** Observatório astronômico de Chichén Itzá. Repare na forma arredondada da cúpula para facilitar a observação da astros na esfera celeste.  
Fonte: Alexandre Guida Navarro (LABJOR).

## 8. CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Os conteúdos voltados ao ensino de Astronomia presentes no ensino fundamental, mais precisamente no 3º ciclo (EFII), 6º ano, estão presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências Naturais (Brasil, 1998). Esses parâmetros descrevem de forma clara os conteúdos que devem ser estudados ao longo do ciclo.

É responsabilidade da escola no ensino fundamental mostrar o conhecimento científico como uma criação humana, fruto de sua engenhosidade e questionamento, para compreensão do mundo ao redor (Brasil 1998). O ensino não deve ser propedêutico, com vistas apenas a um futuro distante. O aluno deve se sentir parte deste processo hoje, conhecer para saber opinar e tornar-se um cidadão completo.

A ciência moderna inicia-se (séculos XVI e XVII) com os avanços das observações dos movimentos celestes. Copérnico, Kepler, Galileu, Newton, estavam na vanguarda dessa mudança de paradigma. Em 2009 foi comemorado o ano internacional da astronomia, essa comemoração marcou o 400º aniversário do primeiro uso do telescópio astronômico por Galileu Galilei em 1609 (IAU 2009).

No terceiro ciclo do eixo temático Universo e Terra, conforme tabela02, é sugerido que o aluno entenda o sistema Terra-Sol-Lua e suas regularidades, saiba explicar as causas do dia e da noite, o movimento aparente do Sol ao longo do ano em diferentes posições do globo. O professor deve estimular os alunos expressarem suas próprias ideias no papel e confrontá-las com as explicações fenomenológicas utilizando maquetes e simuladores.

Conceitual	Procedimental	Atitudinal
Observação direta, busca e organização de informações sobre a duração do dia em diferentes épocas do ano e sobre os horários de nascimento e ocaso do Sol, da Lua e das estrelas ao longo do tempo, reconhecendo a natureza cíclica desses eventos e associando-os a ciclos dos seres vivos e ao calendário;	Busca e organização de informações sobre cometas, planetas e satélites do sistema Solar e outros corpos celestes para elaborar uma concepção de Universo;	Caracterização da constituição da Terra e das condições existentes para a presença de vida; valorização dos conhecimentos de povos antigos para explicar os fenômenos celestes.

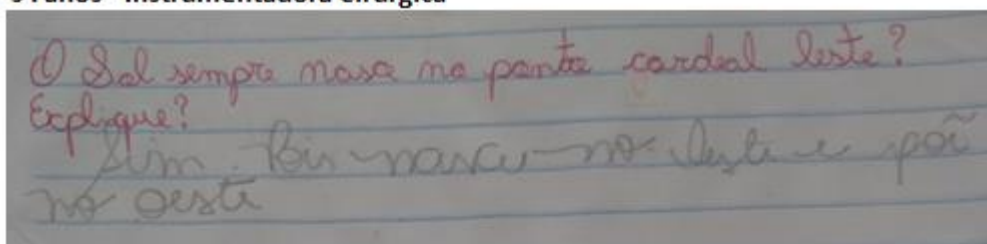
**Tabela02.** Conteúdos presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais.

## 9. A QUESTÃO DO ENSINO E APRENDIZAGEM EM ASTRONOMIA

Muito embora os conteúdos de astronomia estejam presentes nos parâmetros curriculares nacionais de forma clara, sua aplicação em sala de aula, não resultam numa evolução conceitual satisfatório, num aprendizado significativo e duradouro. Os alunos continuam com suas visões pré-conceituais. Os conteúdos de astronomia são muito pouco explorados na trajetória escolar do aluno (Langhi 2010).

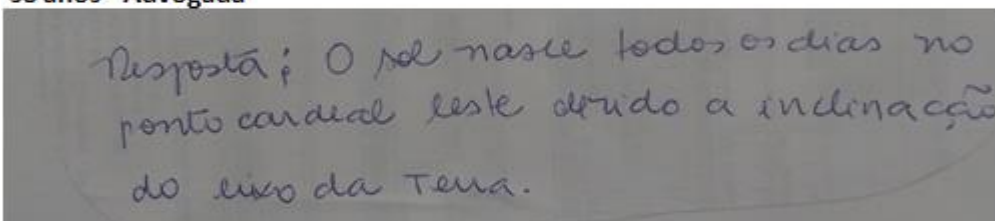
Como exemplo, em uma de nossas intervenções em sala de aula foi proposta para os familiares dos alunos a pergunta se o Sol sempre nasce exatamente no ponto cardinal leste todos os dias (figura09). Em muitos casos, com raríssimas exceções, a resposta foi que sim, para surpresa dos alunos. A pergunta foi feita para diversas pessoas de idades e formações diferentes. A resposta deveria ser apresentada imediatamente, sem tempo para buscas em ferramentas de pesquisa.

**34 anos - Instrumentadora Cirúrgica**



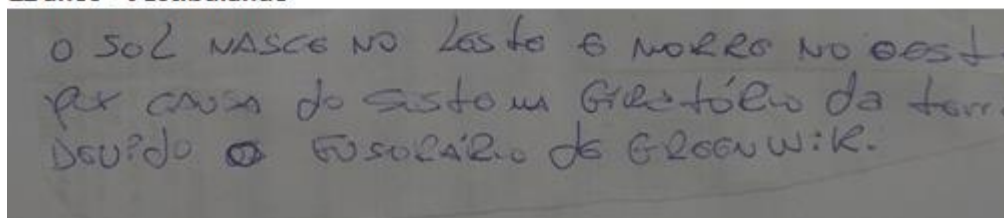
O Sol sempre nasce no ponto cardinal leste?  
Explique?  
Sim. Ele nasce no leste e põe no oeste.

**38 anos - Advogada**



Resposta: O sol nasce todos os dias no ponto cardinal leste devido a inclinação do eixo da Terra.

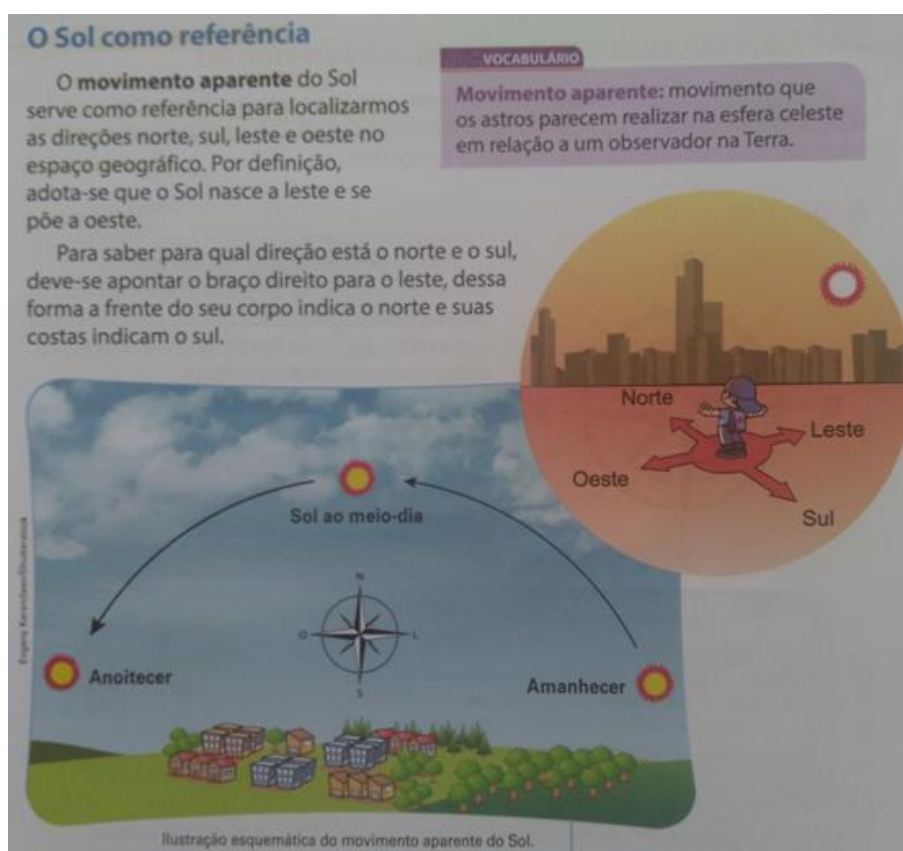
**22 anos - Vestibulando**



O SOL NASCE NO LESTE E NOROESTE NO OESTE  
POR CAUSA DO SISTEMA GIRETÓRIO DA TERRA  
DEVIDO A EQUINOQUIO DE EQUINOX.

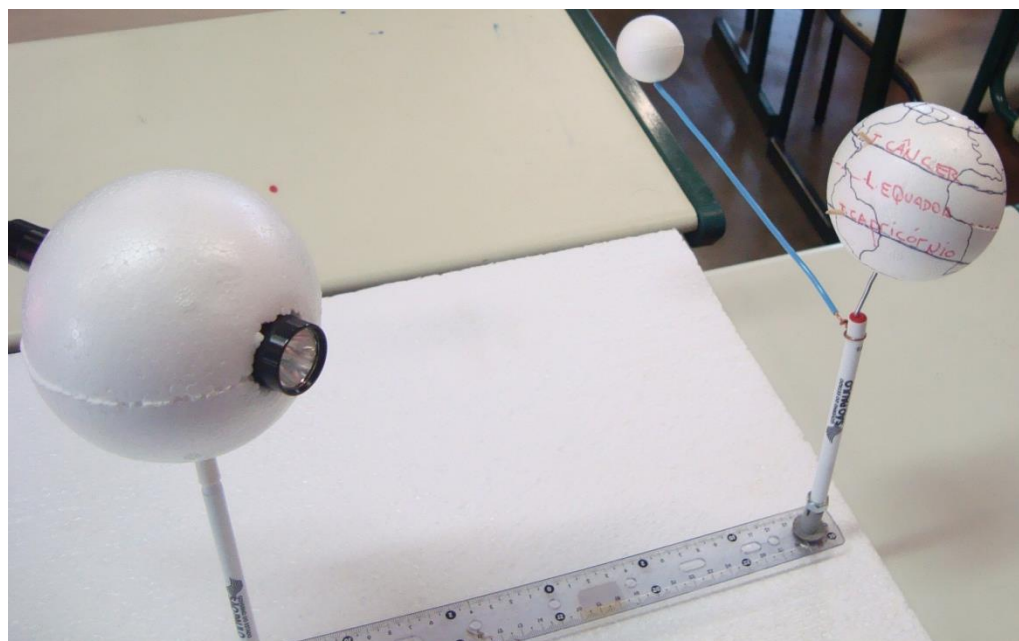
**Figura09.** Exemplo de respostas da Enquete “O Sol sempre nasce no ponto cardinal leste todos os dias do ano?”. Fonte: Autor 2017.

A razão desta resposta equivocada talvez esteja no erro conceitual dos materiais apostilados e livros didáticos apontados por Langhi e Nardi (figura10).



**Figura 10.** Material didático apostilado do 4º ano do Ensino Fundamental I. No primeiro parágrafo o autor do material escreve: “**Por definição, adota-se que o Sol nasce a Leste e se põe a oeste**”. Quando a frase correta deveria ser: “**O Sol nasce exatamente no ponto cardinal Leste duas vezes no ano, nos equinócios**”.  
Fonte: Autor 2017.

Outro problema apontado é a ausência de questionamentos relevantes que permitam os alunos pensarem por si próprios (Dias 2007). No caso da causa das estações do ano é comum os alunos responderem que são devidas à órbita elíptica terrestre (uma resposta que é favorecida pelas imagens clássicas apresentada nos livros didáticos). É importante frisar que o motivo desta imagem é devido a representação tridimensional (3D) que é apresentada de forma bidimensional (2D). Ao olharmos um círculo obliquamente teremos a impressão que se trata de uma elipse. Esse equívoco se transmite ao longo da trajetória de formação do aluno e inclusive do futuro professor. Outra dificuldade apontada está em visualizar os movimentos astronômicos (Langhi 2007). É muito importante que o aluno visualize tridimensionalmente a dinâmica dos astros celestes e essa deficiência pode ser corrigida construindo modelos funcionais do sistema Terra-sol-Lua em 3D, o Telúrio por exemplo (figura 11).



**Figura11.** TELÚRIO-Sistema Terra-Sol-Lua. Simulador funcional que permite visualizar os movimentos da Terra e Lua em 3D. Permite explorar as estações do ano, alternância entre o dia e a noite, eclipses, fases da lua e marés. Fonte Autor 2017.

Com a manipulação desta maquete funcional o aluno poderá verificar por si próprio a exatidão de suas respostas, poderá ainda confrontá-las com as imagens presentes nos livros didáticos que muitas vezes induzem ao erro. Esse simulador didático servirá para mostrar as causas do dia e da noite, as estações do ano, o movimento de rotação e translação terrestre, as fases da Lua, a causa das marés. Com o uso sistemático em sala de aula do Telúrio aliado aos simuladores virtuais da *Nebraska Astronomy Applet Project - NAAP* o professor terá um aporte pedagógico de altíssimo poder de visualização dos eventos astronômicos, o que os livros didáticos não trazem em razão das figuras serem bidimensionais.

## 10. DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Os conteúdos contemplam os PCNs. Observação do céu noturno, movimento aparente da esfera celeste, modelos de mundo, movimento aparente do sol, experimento de Eratóstenes, leis de Kepler, movimentos da terra, estações do ano, eclipses e marés. Os alunos devem construir um astrolábio para medir a posição angular dos astros no céu noturno e perceberem o seu movimento aparente, relógio de sol, elipse com a técnica do jardineiro, uma luneta astronômica, um planisfério, um sistema solar em escala e um telúrio multifuncional. Sugere-

se a realização de uma feira cultural com a apresentação do sistema solar em escala, um concurso de foguetes de água e visitas a observatórios ou planetários. Durante as aulas podem ser utilizados simuladores virtuais *STELLARIUM* e *NASA Eyes on the Solar System* e *applets* do *PHET* e da Universidade Nebraska-Lincoln (UNL 2018).

Essa sequência didática tem como foco principal tornar o aprendizado prazeroso e eficaz. Os assuntos relacionados aos fenômenos celestes estão presentes na literatura de forma abundante, todavia sua inserção no ensino fundamental ou até mesmo no ensino médio não é uma tarefa fácil, há uma dificuldade inerente de observar e replicar os eventos astronômicos. As figuras presentes nos livros didáticos induzem a erros que muitas vezes enganam até o professor. É necessário ferramentas, além das imagens clássicas, para facilitar o entendimento dos fenômenos. Não raras vezes o aluno só compreende a trajetória aparente do Sol na esfera celeste quando manipula o Telúrio funcional com as mãos. O uso de modelos funcionais é preponderante para o entendimento pleno dos fenômenos relacionados à mecânica celeste, além de aplicativos virtuais.

## 11. DESCRIÇÃO DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

### SEQUÊNCIA 1: O CÉU NOTURNO

Objetivo: Entender o movimento aparente do céu noturno

Duração: 2 aulas

Material: Planetário de código aberto Stellarium

Atividade Experimental: Construir um astrolábio e medir a posição angular do astro.

Foi apresentado aos alunos (utilizando o simulador virtual Stellarium) o céu noturno da cidade de Sumaré, região onde se localiza a escola. Foram feitas as seguintes questões iniciais:

- Quantas estrelas são possíveis enxergar durante a noite?
- Por que o céu noturno do simulador é diferente do céu noturno real observado? Por que no simulador há tantas estrelas?



No céu noturno é possível enxergar aproximadamente 3 mil estrelas, todavia as condições climáticas, poluição luminosa e de partículas presentes na atmosfera interferem na visualização da maioria das estrelas a olho nu.

Após execução do movimento aparente da esfera celeste ao longo do tempo no simulador os alunos construíram um astrolábio (figura12).



**Figura12.** Construção do astrolábio. Fonte: Autor 2017.

## SEQUÊNCIA 2: SISTEMA SOLAR

Objetivo: Entender a composição do Sistema Solar

Duração: 4 aulas

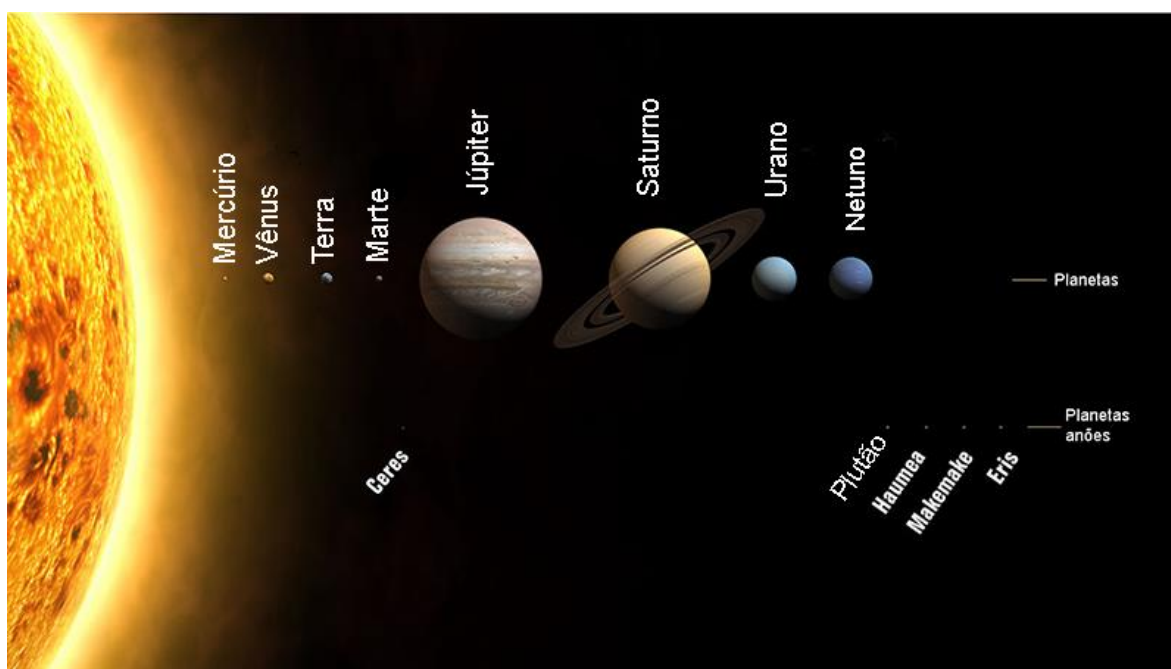
Material: Planetário de código aberto *Stellarium*; App *Nasa's Eyes*

Atividade Experimental: Desenhar o sistema solar em escala.

Logo após o professor deverá explorar a ordem dos planetas, seu tamanho, suas distâncias, sua composição (rochoso ou gasoso) e sua excentricidade. Utilizar o simulador *Nasa's Eyes* para mostrar as posições e o *Stellarium* para explorar os planetas e suas posições corretas (figura13). Explorar a página da UFRGS (<http://astro.if.ufrgs.br/ssolar.htm>). Discutir o que são planetas Terrestres (telúricos) e Jovianos (gasosos), conforme tabela03.

STATUS									
Diâmetro Equatorial (km)	4878	12100	12756	6786	142984	120536	51108	49538	2374
Massa ( $M_{Terra}$ )	0,055	0,815	1	0,107	317,9	95,2	14,6	17,2	0,002
Distância média ao Sol (UA)	0,387	0,723	1	1,524	5,203	9,539	19,18	30,06	39,44
Distância média ao Sol (milhões de km)	57,9	108,2	149,6	227,9	778,4	1423,6	2867	4488	5909
Excentricidade da Órbita	0,206	0,0068	0,0167	0,093	0,048	0,056	0,046	0,010	0,248
Período de Translação (d=dias, a=anos)	87,9d	224,7d	365,25d	686,98d	11,86a	29,46a	84,04a	164,8a	247,7a
Período de Rotação (d=dias, h=hora)	58,6d	243d	23h56m	24h37m	9h48m	10h12m	-17h54m	19h6m	6d9h
Inclinação do Eixo	0,1°	177°	23° 27'	25° 59'	3° 05'	27° 44'	98°	30°	120°
Densidade ( $g/cm^3$ )	5,4	5,2	5,5	3,9	1,3	0,7	1,3	1,6	1,9
Temperatura (C) (S=Sólido, n=nuvens)	407(S)dia -183(S)noite	-43(n) 470(S)	22(S)	-23(S)	-150(n)	-180(n)	-210(n)	-220(n)	-218(S)
Principais Componentes Atmosfera	traços de Na, He, H, O	98%CO <sub>2</sub> , 3,5%N	78%N <sub>2</sub> , 21%O <sub>2</sub>	95%CO <sub>2</sub> , 3%N	90%H, 10%He	97%H, 3%He	83%H, 15%He, CH <sub>4</sub>	74%H, 25%He, CH <sub>4</sub>	CH, N, CO
Gravidade Superficial em relação à Terra ( $g_{Terra}$ )	0,37	0,88	1	0,38	2,64	1,15	1,17	1,18	0,11
Nº. de Satélites Conhecidos	0	0	1	2	69	62	<u>27</u>	14	5
Velocidade de Escape (km/s)	4,3	10,4	11,2	5,0	60	35,4	21	24	1,21

Tabela03. Características astros presentes no Sistema Solar. Fonte UFGRS.



**Figura13.** Sequência dos planetas. Fonte UFRGS.

Após discussão das principais características dos astros presentes do sistema solar, foi solicitado aos alunos que refizessem as correções nos desenhos iniciais obedecendo a ordem de tamanho e distância (figura14).



**Figura14.** Sistema Solar em escala de tamanho e distância. Fonte: Autor 2017

### SEQUÊNCIA 3: MODELO GEOCÊNTRICO

Objetivo: Entender os modelos de mundo da antiguidade

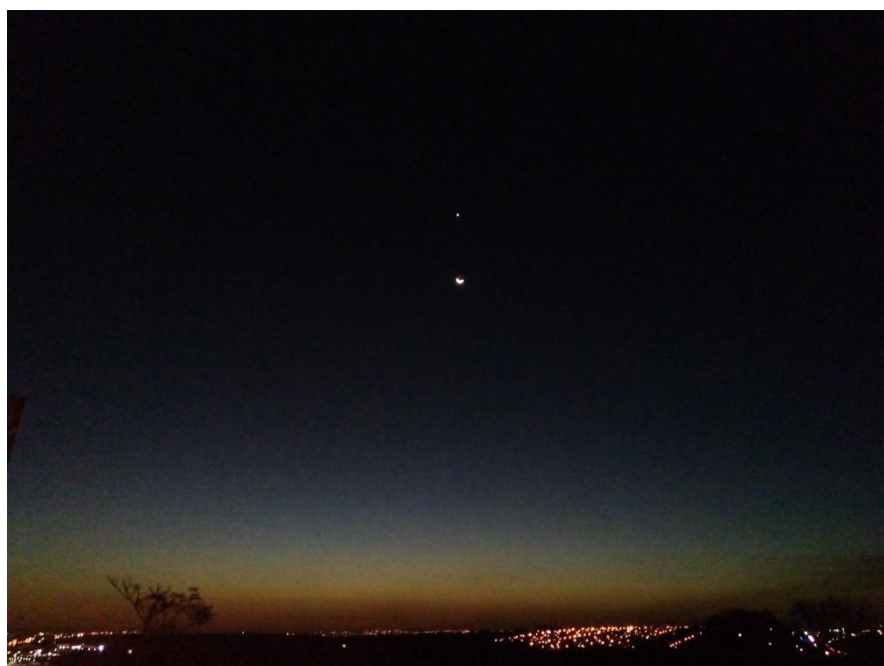
Duração: 2 aulas

Material: Planetário de código aberto Stellarium

Atividade Experimental: Identificar e coletar imagens de um dos cinco astros errantes.

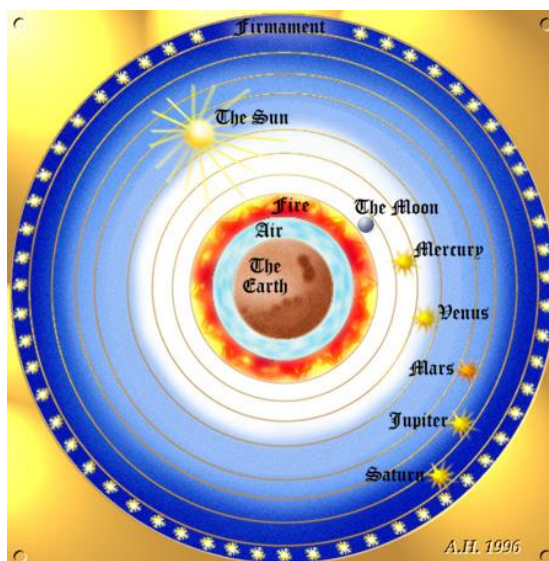
Os planetas históricos são os planetas que eram conhecidos desde a antiguidade. São os cinco planetas que conseguimos ver a olho nu (figura15). Os cinco planetas mais o sol e a lua eram conhecidos como astros errantes, *i.e*, são astros que não acompanham o movimento do firmamento. Eles ocupam posições diferentes ao longo do ano, “caminham pelo céu”.

Ao olharmos fixamente para um astro qualquer no firmamento ele parece percorrer uma trajetória de leste para oeste. Todavia hoje sabemos que esse movimento aparente é devido ao movimento de rotação da terra, de oeste para leste, em torno de seu próprio eixo de rotação imaginário que está inclinado  $23,5^\circ$ . Entretanto provar o movimento da terra não é uma tarefa fácil, muito menos na antiguidade.



**Figura15.** Vênus e a Lua. Fonte: Autor 2017.

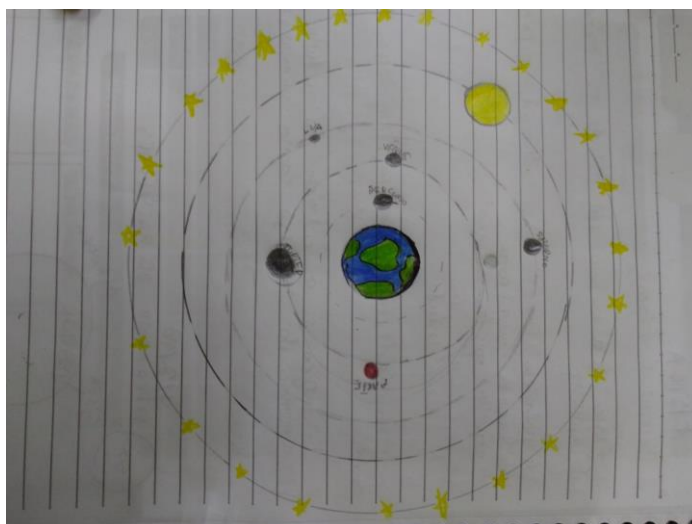
O modelo de universo mais conhecido era o modelo defendido por Aristóteles (figura16). Nesse modelo a terra se encontra imóvel no centro e os cinco planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), mais o sol e a lua giravam em órbitas circulares em torno da terra.



**Figura16.** O universo na visão de Aristóteles (384-322 a.C.). A Terra está imóvel no centro do Universo. Estrelas e planetas ocupam esferas cristalinas perfeitas que giram em torno da Terra. O universo é perfeito e imutável. Fonte: UFRGS.

Após a apresentação da visão de mundo de Aristóteles, os alunos deverão:

- Fazer um desenho baseado na visão de mundo de Aristóteles (figura17).
- Quais eram os planetas errantes? Qual é a razão desse nome?
- Identificar um planeta errante no céu noturno e tirar uma foto para discussão na próxima aula.



**Figura17.** Modelo do Sistema Solar Aristotélico. Fonte: Autor 2017

## SEQUÊNCIA 4: EXPERIMENTO DE ERATÓSTENES

Objetivo: Entender o experimento de Eratóstenes

Duração: 2 aulas

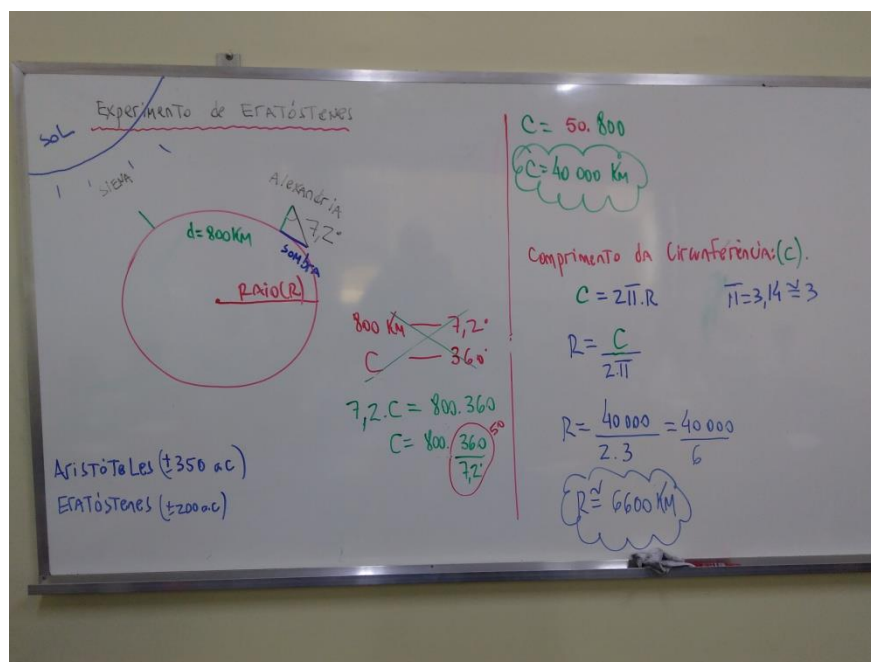
Material: Vídeo série Cosmos de Carl Sagan

Atividade Experimental: Medir a sombra projetada numa vareta ao meio dia local no equinócio de outono e solstício de inverno no hemisfério sul.

Apresentação do vídeo da série Cosmos de Carl Sagan: “Eratóstenes e a circunferência da Terra. (<https://www.youtube.com/watch?v=fu9Z7YuXLVE&t=3s>)

Breve relato histórico da biografia de Eratóstenes e discussão do conteúdo do vídeo com questões sobre o experimento de Eratóstenes e resolução de problemas:

- Em que época viveu Eratóstenes?
- Como Eratóstenes conseguiu medir a comprimento da terra?
- Sabendo que a distância entre as duas cidades é de aproximadamente 800 km e que a sombra projetada na vareta vale  $7,2^\circ$ . Calcule o comprimento da terra (figura18).
- Sabendo que o comprimento de uma circunferência é dado por  $C = 2\pi R$  calcule o raio aproximado da terra.



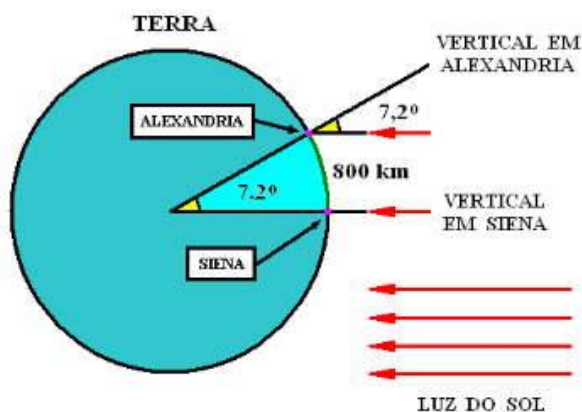
**Figura18.** Cálculo da circunferência terrestre. Como se trata de alunos do 3º ciclo o professor deve simplificar. Fonte: Autor 2017.

Eratóstenes realizou no século III a.C um dos experimentos mais espetaculares da antiguidade. Ele conseguiu determinar o comprimento da circunferência terrestre utilizando apenas uma vareta (gnômon, figura19) e matemática elementar.



**Figura19.** Material indicando o solstício de inverno no Hemisfério Sul (12h). Fonte: Autor 2017.

Chegou ao seu conhecimento que ao meio dia no dia do solstício de verão na cidade de Siena o reflexo do Sol aparecia no fundo de um poço. Isso significava que o Sol estava bem acima do poço e a sombra era a menor possível. Todavia na cidade de Alexandria que ficava a muitos quilômetros de Siena as construções produziam sombras. Isso significava que o Sol em Alexandria não estava a pino. Conta-se a história que ele solicitou a um viajante para medir a distância entre as duas cidades e mediu o ângulo da sombra projetada na cidade de Alexandria. Utilizando uma regra de três simples ele conseguiu medir o comprimento da circunferência terrestre (figura20).



**Figura20.** Esquema das sombras projetadas nas cidades de Siena e Alexandria. Fonte: Roberto F. Silvestre 2001.

Sabendo que 800 km corresponde a  $7,2^\circ$  e que uma volta completa vale  $360^\circ$ , podemos construir uma regra de 3 como se segue:

$$\frac{\text{Circunferência total } (C)}{800 \text{ km}} = \frac{360^\circ}{7,2^\circ}, \text{ então: } x = \frac{360^\circ}{7,2^\circ} \cdot 800 \text{ km}$$

Que resulta em,

$$C = 50.800 \text{ km} = 40.000 \text{ km}$$

Estimando que a distância entre as duas cidades seja de 800 km e o ângulo da sombra de  $7,2^\circ$  podemos chegar ao valor do comprimento terrestre (C) de 40.000 km. Sabendo que:

$$\text{Raio da Circunferência} = \frac{\text{Comprimento}}{2 \cdot \pi}$$

Então,

$$R = \frac{40000 \text{ km}}{2 \cdot (3,14)}$$

Que resulta em um Raio aproximado de 6369 km.

## SEQUÊNCIA 5: MODELO GEOCÊNTRICO DE CLAUDIUS PTOLOMEU

Objetivo: Entender o epiciclo, deferente e o equante.

Duração: 2 aulas

Material: Simuladores da UNL-NAAP

Atividade Experimental: Observar o movimento retrógrado dos planetas Vênus, Marte, Júpiter e Saturno no applet Sistema Ptolomaico do NAAP LABS. Desenhar o movimento retrógrado de Marte visto da Terra com o epiciclo e o deferente.

Um dos grandes problemas enfrentado pelo modelo geocêntrico foi o fato de que os planetas apresentavam um movimento denominado retrógrado, *i.e.*, o planeta fazia um movimento de laço no céu (figura21). Claudio Ptolomeu (85d.C-165d.C) criou uma

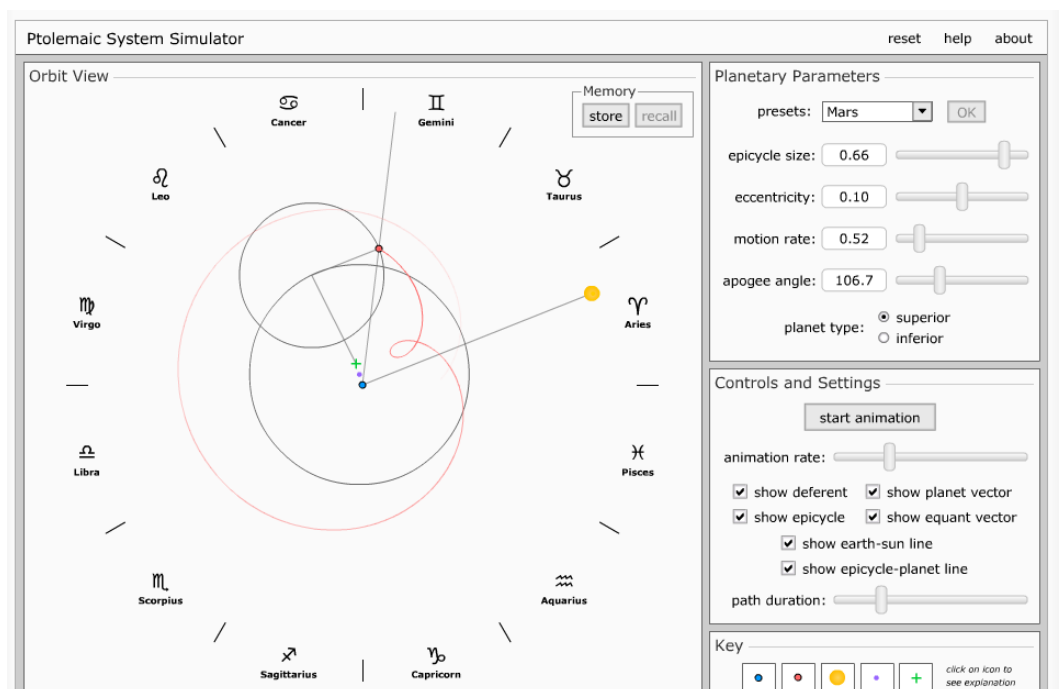


combinação de deferentes, epiciclos e equantes para resolver o problema dos planetas retrógrados, conforme figura 22.



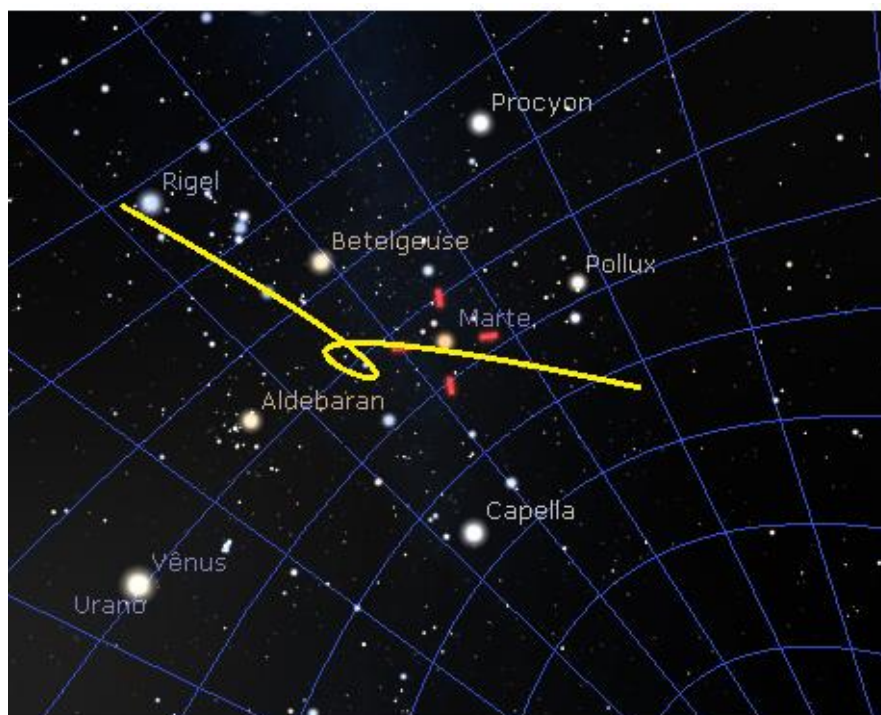
**Figura21.** Movimento retrógrado de Marte.

Fonte: Nasa <https://apod.nasa.gov/apod/ap031216.html>



**Figura22.** Fonte: Applet Universidade Nebraska-Lincoln. Sistema Ptolomaico.

O objetivo desta aula é fazer com que os alunos observem o movimento de laço (retrógrado) dos astros errantes. Utilizar o applet Stellarium em projeção perspectiva sem a superfície, e a opção “show planet trail” deve estar habilitada (figura23).



**Figura23.** Movimento retrógrado de Marte. Fonte: Stellarium

## SEQUÊNCIA 6: MODELO HELIOCÊNTRICO DE COPÉRNICO

Objetivo: Entender o processo de construção do conhecimento humano

Duração: 2 aulas

Material: Leitura paradidática. Recortes dos livros “Dança do Universo” de Marcelo Gleiser e “Astronomia e Astrofísica” de Kepler de Souza.

Na exposição do modelo heliocêntrico de Nicolau Copérnico é importante fazer um levantamento histórico desde as ideias de Aristóteles até as observações de Hubble (figura24), uma vez que os alunos já estarão familiarizados com os termos da linguagem científica. Essa aula deve servir de introdução à visão que temos do Universo hoje com a teoria do Big Bang.



**Figura24.** Evolução do Pensamento Cosmológico. Fonte: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/sessao-astronomia/>

Seria um absurdo nos dias de hoje dizer que a terra está imóvel no centro do Universo, muito embora alguns insistem em justificar uma terra plana<sup>1</sup>.

Por quase 2.000 anos o modelo de mundo Aristotélico, aperfeiçoado por Ptolomeu, foi o pensamento hegemônico no mundo ocidental. Ao contrário do que muitos pensam, não foi a Igreja a grande responsável pela longa duração desse pensamento equivocado da teoria geocêntrica, muito embora tenha sua parte de responsabilidade em tentar cercear a liberdade de pensamento e exercer ameaças de morte pelo crime de heresias. O próprio Galileu teve que abjurar em 1633 suas convicções sob o risco de ser morto.

*“Eu, Galileu Galilei, filho do finado Vincenzo Galilei de Florença, com setenta anos de idade, vindo pessoalmente ao julgamento e me ajoelhando diante de vós Eminentíssimos e Reverendíssimos Cardeais, Inquisidores Gerais da República Cristã Universal, contra a corrupção herética, tendo diante de meus olhos os Santos Evangelhos, que toco com minhas própria mãos, juro que sempre acreditei, e, com o auxílio de Deus, acreditarei no futuro, em tudo a que a Santa Igreja Católica e Apostólica de Roma sustenta, ensina e pratica.*

*Mas como fui aconselhado, por este Ofício, a abandonar totalmente a falsa opinião que sustenta que o Sol é o centro do mundo e que é imóvel, e proibido de sustentar, defender ou ensinar a falsa doutrina de qualquer modo; e porque depois de saber que tal doutrina era repugnante diante das Sagradas Escrituras, escrevi e imprimir um livro, no qual trato da mesma e condenada doutrina, e acrescentando razões de grande força em apoio da mesma, sem chegar a nenhuma solução, tendo sido portanto suspeito de grave heresia; ou seja porque mantive e acreditei na opinião que diz que o Sol é o centro do mundo e está imóvel, e que a Terra não é o centro e se move, desejo retirar esta suspeição da mente de vossas Eminências e de qualquer Católico Cristão, que com razão era feita a meu respeito, e por isso, de coração e com verdadeira fé, abjuro, amaldiçoo e detesto os ditos erros e heresias e de uma maneira geral todo erro ou conceito contrário à dita Santa Igreja; e juro não mais no futuro dizer ou asseverar qualquer coisa verbalmente ou por escrito que possa levantar suspeita semelhante sobre minha pessoa; mas que, se souber da existência de algum herege ou alguém suspeito de heresia, o denunciarei a este Santo Ofício, ou ao Inquisidor do lugar onde me encontrar.*

<sup>1</sup>A “ciência” da Terra plana. Por Guilherme Eler. Acessado em Dezembro de 2017 <https://super.abril.com.br/ciencia/a-ciencia-da-terra-plana/>

*Juro ainda mais e prometo que satisfarei totalmente e observarei as penitências que me forem ou me sejam ditadas pelo Santo Ofício. Mas se acontecer que eu viole qualquer de minhas promessas, juramentos e protestos (que Deus me defenda!) sujeito-me a todos os castigos que forem decretados e promulgados pelos cânones sagrados e outras determinações particulares e gerais contra crimes deste tipo. Assim, que Deus me ajude, bem como os Santos Evangelhos, os quais toco com as mãos, e eu, o acima chamado Galileu Galilei, abjuro, juro, prometo e me curvo como declarei; e em testemunho do mesmo, com minhas próprias mãos subscrevi a presente abjuração, que recitei palavra por palavra.”*

Fonte: Galileu – O Devassador do Infinito. Hernani Donato. Editora Ediouro, 1971.

Em 1992 o papa João Paulo II reconheceu o erro cometido contra Galileu Galilei, 350 anos depois de sua morte. O professor Filipe de Aquino escreve:

*“Em 03/07/1981, o Papa João Paulo II nomeou uma Comissão de teólogos, cientistas e historiadores, a fim de aprofundarem o exame do caso Galileu. Esta Comissão estudou o assunto e, após onze anos de trabalho, apresentou seus resultados ao Papa. Este então, perante a Pontifícia Academia de Ciências do Vaticano, proferiu um discurso, aos 31/10/1992, 350.º aniversário da morte de Galileu, em que reconhecia o erro dos teólogos contemporâneos a Galileu por parte do Santo Ofício em 1633.*

*Mas ao mesmo tempo o Papa chamou a atenção para a dificuldade que os homens do século XVII deviam experimentar, para aceitar a tão revolucionária teoria de Galileu; era preciso que, de um lado, se fixassem novos critérios de hermenêutica bíblica e, de outro lado, a proposição heliocêntrica se corroborasse com argumentos ainda mais sólidos do que os que Galileu podia apresentar.”*

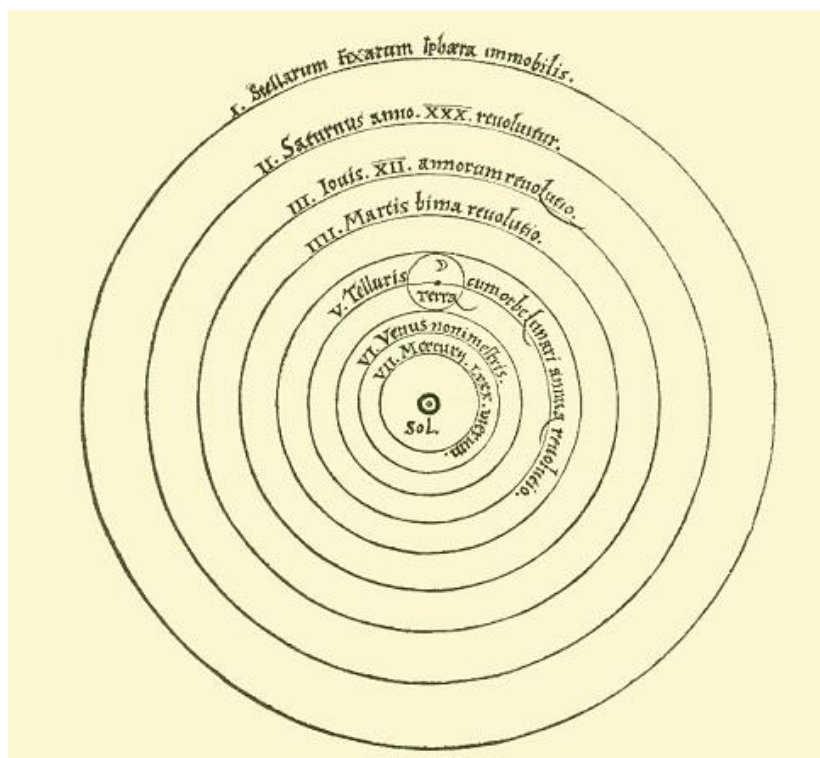
Fonte: Professor Felipe de Aquino. Editora Cléofas. <http://cleofas.com.br/o-caso-galileu-galilei-parte-1/>. Acessado em 17/07/2018.

A razão do grande sucesso do modelo geocêntrico seria a não observação do movimento terrestre, não a Igreja. Não sentimos a terra girar, muito menos percorrer uma volta em torno do sol. Como argumentar se não há observações convincentes? O que observamos a partir do referencial terrestre é justamente o modelo geocêntrico que é utilizado até hoje nas cartas de navegação, no GPS, por exemplo o *applet* de código aberto Stellarium simula a dinâmica celeste do ponto de vista geocêntrico.

Nicolau Copérnico (1473-1543) foi um astrônomo polonês e também cônego da Igreja Católica. Ao conhecer as ideias de Aristarco de Samos<sup>1</sup> (310-230 a.C) achou que o Sol no centro do Universo era mais simples do que a Terra imóvel no centro (Kepler 2004).

<sup>1</sup>É muito interessante saber que um modelo heliocêntrico já tinha sido proposto por Aristarco de Samos por volta do III a.C. Nicolau Copérnico publicou no ano de sua morte em 1543 *De revolutionibus orbium coelestium* ("Da revolução de esferas celestes"), sua teoria do modelo heliocêntrico. Fonte: A Dança do Universo de Marcelo Gleiser. p.78.1998.

Kepler manteve as ideias de Ptolomeu, órbitas circulares, epiciclos e equantes. Ele reposicionou o Sol no centro, lugar da Terra (figura25).



**Figura25.** Ilustração do livro *Da Revolução dos Orbes Celestes*, de Copérnico, com o modelo heliocêntrico do sistema solar. Fonte: Biblioteca Digital Mundial.

Após a leitura dos recortes e discussão em grupo os alunos deverão responder:

- Por que o modelo geocêntrico durou tantos anos?
- Por que o modelo de Aristóteles precisou ser alterado por Claudius Ptolomeu?
- Por que o modelo de Aristarco não obteve sucesso na antiguidade?
- Você acreditaria no modelo de Copérnico se fosse contemporâneo a ele?
- Faça um desenho do modelo de Copérnico.

## SEQUÊNCIA 7: GALILEU GALILEI

Objetivo: Entender a importância das descobertas de Galileu.

Duração: 2 aulas

Material: Dois rolos de papelão (papel alumínio ou papel toalha com diâmetros diferentes).

Duas lentes convergentes.

Atividade Experimental: Construir um telescópio caseiro.

Galileu Galilei (1564-1642) foi o primeiro a utilizar o telescópio<sup>1</sup> em 1609 para observar os astros (figura26). Ele é considerado o pai da física experimental. Ao apontar o seu telescópio para o céu ele fez importantes descobertas:

1. Observou as luas de Júpiter. Levando a constatação de que nem todos os astros giram em torno da Terra.
2. A Via Láctea é constituída de uma infinidade de estrelas.
3. Verificou que o planeta Vênus tinha fases. Um dos argumentos contra a teoria heliocêntrica de Copérnico era que não se observavam fases em Vênus, por se tratar de um planeta interno.
4. Descobriu que a Lua estava longe de ser uma esfera perfeita, pois possuía crateras;
5. Manchas no Sol.



**Figura26.** Alunos construindo um telescópio refrator caseiro. Fonte: Autor 2017.

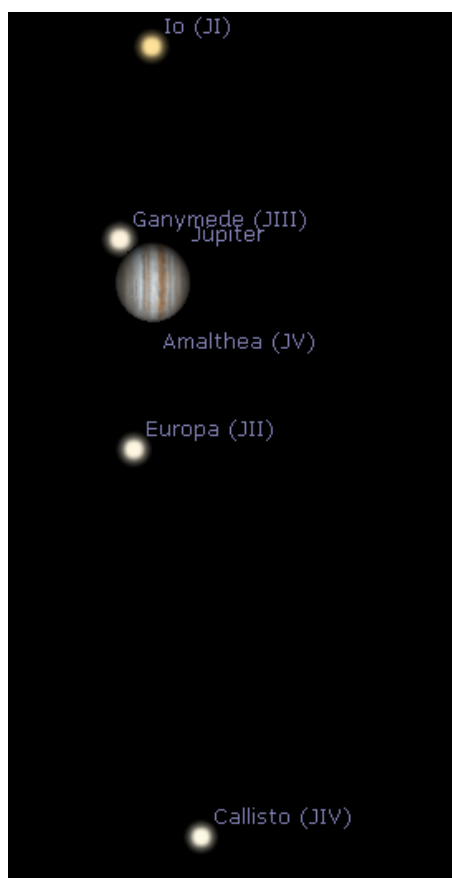
<sup>1</sup>Não cabe a Galileu a invenção do telescópio. O primeiro telescópio foi patenteado pelo Holandês Hans Lippershey em 1609. Ao saber da descoberta Galileu constrói um melhor com aumento 30x. Fonte: Astronomia e Astrofísica. Kepler de Souza.p.61. 2004.

Essas descobertas feitas por Galileu, a despeito de seu confronto com a Igreja regente da época, corroboram com a revolução científica iniciada por Nicolau Copérnico. É importante registrar que o conhecimento científico é fruto de muito trabalho, tentativas e erros ao longo da história. Nada é construído da noite para o dia. Essa construção do conhecimento científico deve ser observada pelo professor em sala de aula.

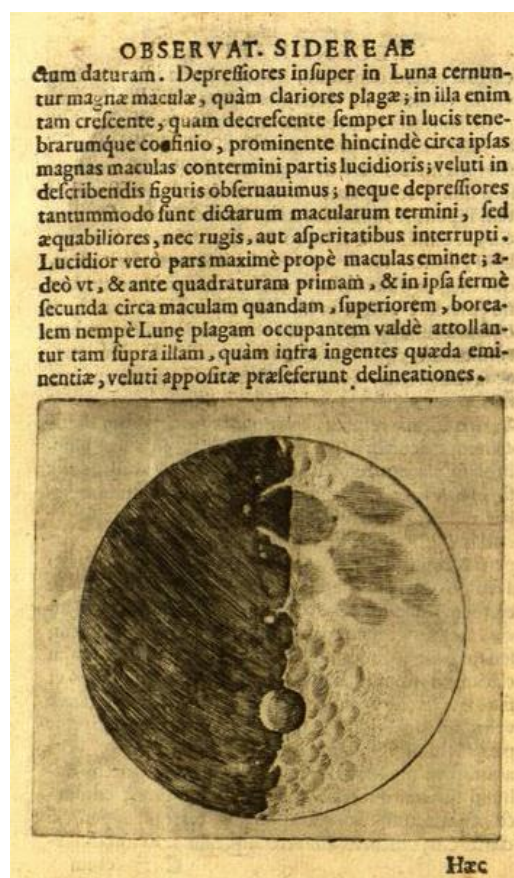
### **Questões problematizadoras:**

- Como o modelo heliocêntrico conseguia explicar com mais simplicidade o movimento retrógrado dos planetas? Acessar o *applet* “Movimento retrógrado”<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/retrograde.htm>.
- Por que os planetas Mercúrio e Vênus sempre eram vistos perto do Sol? E os planetas Marte, Júpiter e Saturno, distantes do Sol?
- Por que foi importante perceber que Vênus tinha fases? Acessar <http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/venusphases.html>.

O uso do telescópio foi muito importante para o estabelecimento do sistema heliocêntrico. Não que o sistema geocêntrico fosse um fracasso, pelo contrário, ele era capaz de descrever empiricamente com notável regularidade o que se observava a partir de um referencial terrestre. Todavia ele falha na explicação física da dinâmica celeste, o que não exclui a grandiosidade do modelo que sobreviveu por dois mil anos não por acaso. É com o advento do telescópio que o modelo heliocêntrico ganha força pelas mãos de Galileu Galilei. Em 1609 Galileu conseguiu observar quatro luas de Júpiter (figura27) e que as mesmas não giravam em torno da Terra, algo impensável na época. Ele observou que a Lua tinha crateras (figura28), manchas solares e que Vênus tinha fases. Um dos principais argumentos contra o sistema heliocêntrico de Copérnico era que se Vênus estivesse entre a Terra e o Sol deveria existir fases, assim como observamos na Lua. Galileu ao apontar seu telescópio consegue observar essas fases. A partir de suas observações ele publica sua obra intitulada *Sidereus Nuncius* (Mensageiro das Estrelas), uma verdadeira epopeia científica. O principal objetivo é mostrar que o uso de novos equipamentos de observação permitiu o estabelecimento do modelo heliocêntrico.



**Figura27.** Júpiter e suas 4 Luas. Hoje sabemos que o planeta tem 69 satélites. Fonte: Stellarium



**Figura28.** Desenhos da Lua feitos por Galileu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Galileu Galilei - Sidereus Nuncius (1610). Primeiro Tratado Científico baseado em observações astronômicas. <http://apollotribute.blogspot.com/>



## SEQUÊNCIA 8: LEIS DE KEPLER

Objetivo: Entender as três leis de Kepler

Duração: 2 aulas

Material: Duas tachinhas, um metro de barbante,

Atividade Experimental: Construir uma elipse com o método do jardineiro.

Johannes Kepler (1571-1630) era um grande defensor e admirador do heliocentrismo. Ao trabalhar com Tycho Brahe teve acesso a inúmeros dados de observações precisas das posições de planetas, principalmente de Marte. Kepler ao dedicar muitos anos de sua vida ao estudo da órbita marciana conseguiu representar sua trajetória na forma achatada, diferentemente das órbitas circulares perfeitas aceitas até então. Kepler descobriu que uma elipse representava muito bem aos dados herdados de Tycho Brahe.

Kepler publica suas duas primeiras leis em 1609 no seu livro “Astronomia Nova”. A terceira lei foi publicada em 1619 no livro intitulado *Harmunices Mvndi*, (Harmonias do Mundo).

### As três leis de Kepler:

#### 4. Lei das órbitas elípticas (1609):

A órbita de cada planeta é uma elipse, com o Sol ocupando um dos focos. Então a distância do planeta em relação ao Sol varia com o tempo;

#### 5. Lei das áreas (1609):

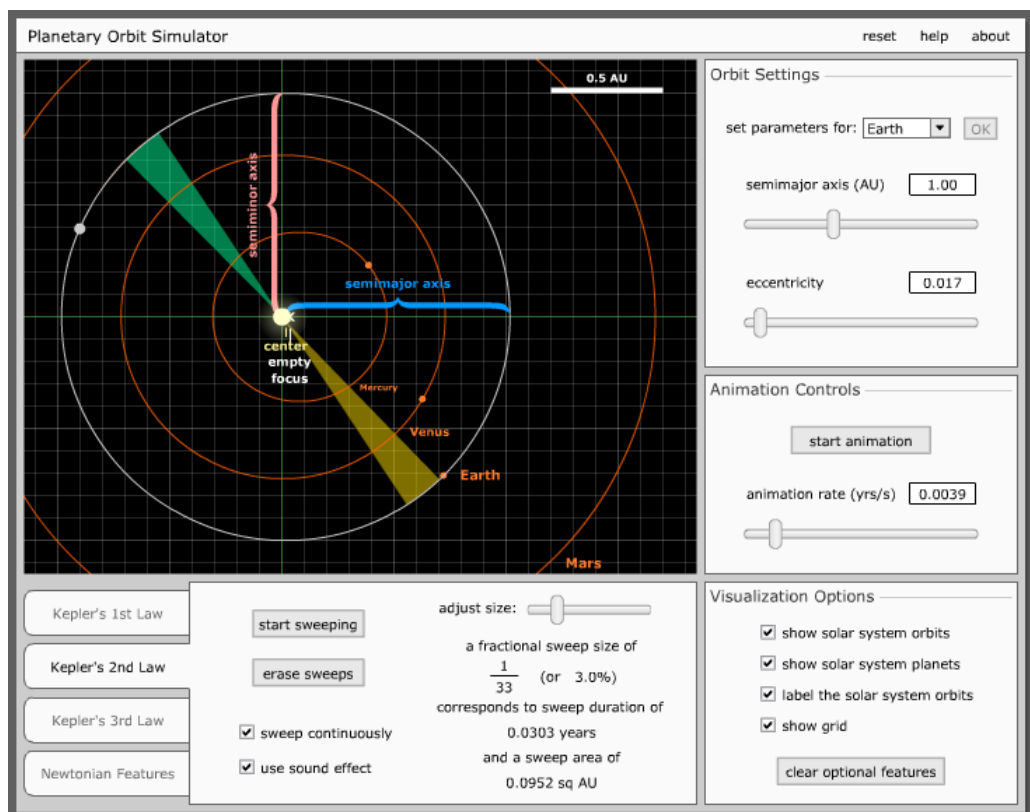
A reta imaginária unindo o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais. Isso significa que quanto mais próximo o planeta estiver do Sol, maior sua velocidade orbital.

#### 6. Lei Harmônica (1619).

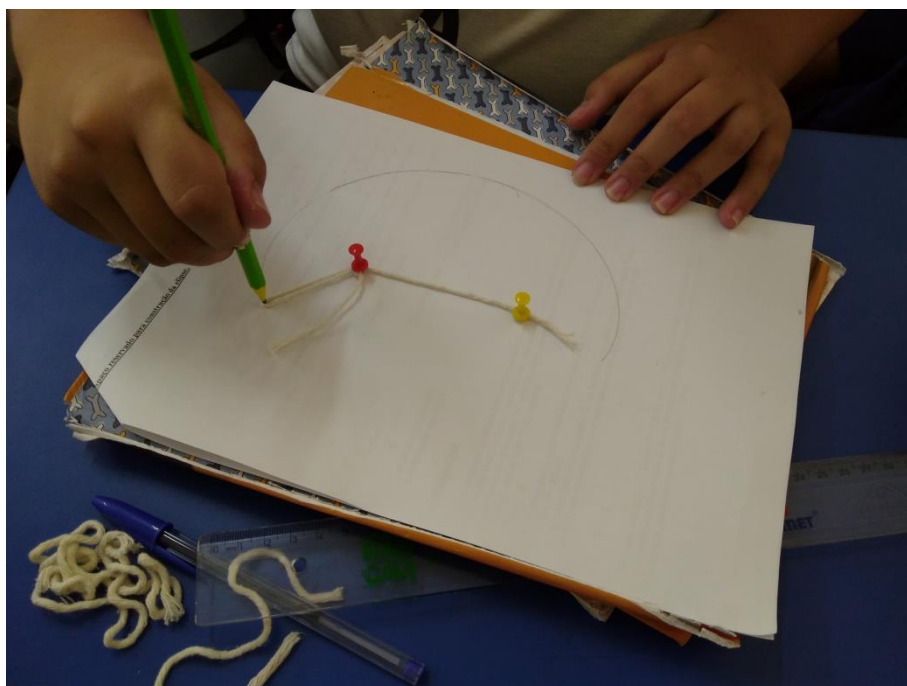
Quanto mais afastado o planeta do Sol, maior o seu período orbital.

### Atividade:

- Utilizar o *applet* “Simulador de Órbita planetária” da UNL (figura29). É importante mostrar aos alunos que as órbitas são de baixa excentricidade, *i.e.*, pouco achatada, se parecendo mais com uma órbita circular que elíptica.
- Utilizando o método do jardineiro (Observatórios Virtuais - Oficina de Astronomia p.65), construir a órbita de um planeta genérico (figura30).

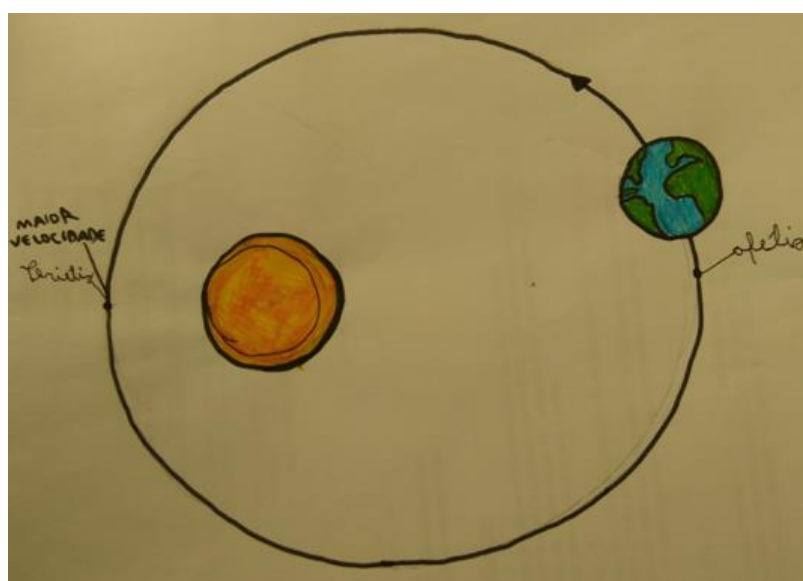


**Figura29.** Simulador das três leis de Kepler. Fonte: [UNLhttp://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/kepler.html](http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/kepler.html).



**Figura30.** Construção de uma elipse pelo método do jardineiro. Fonte: Autor 2017.

Nessa atividade os alunos deverão construir uma elipse de um planeta hipotético de excentricidade 0,8. Além de utilizarem a técnica de jardineiro eles tiveram que localizar os pontos de maior e menor velocidade e identificarem se aquela excentricidade era de algum planeta do nosso sistema solar (figura31). O professor deve explorar que as órbitas dos planetas são de baixa excentricidade, se parecem mais com círculos.



**Figura31.** Órbita de um planeta de planeta qualquer de excentricidade hipotética 0,8. Fonte: Autor 2017.

## SEQUÊNCIA 9: O BIG BANG (ANEXO X)

Objetivo: Entender a visão do Universo atual

Duração: 2 aulas

Material: Folha do planisfério, tachinha e linha.

Atividade Experimental: Construir um planisfério e localizar as constelações (figura32).



**Figura32.** Montagem do Planisfério Celeste Sul. Fonte: Autor 2017.

Assistir o vídeo Big Bang (<https://www.youtube.com/watch?v=aYlMrwxNqHk>)

- O que diz a teoria do Big Bang?
- Qual é a lei de Hubble?

O matemático Alexander Friedmann foi o primeiro a descrever matematicamente algumas ideias que levam ao Big Bang. Ao publicar suas soluções matemáticas das equações de Einstein, ele deixou claro que o universo estava em expansão e ainda que a geometria do espaço possui curvatura. Com os dados de Hubble ficou claro que o universo estava em expansão. Em seguida, Georges Lemaître reforça essa ideia matematicamente de universo em expansão. Um aluno de Friedmann chamado George Gamow, teve também um papel importante, ao tentar explicar a origem da matéria. Ele acreditava em uma espécie de “sopa primordial” um ponto muito denso e quente que deu origem aos núcleos mais simples, hidrogênio e hélio nos instantes iniciais da grande expansão. Os cálculos dele além de explicar

a origem de 99% da matéria existente, previu a radiação cósmica de fundo que apoia a ideia de um início do universo.

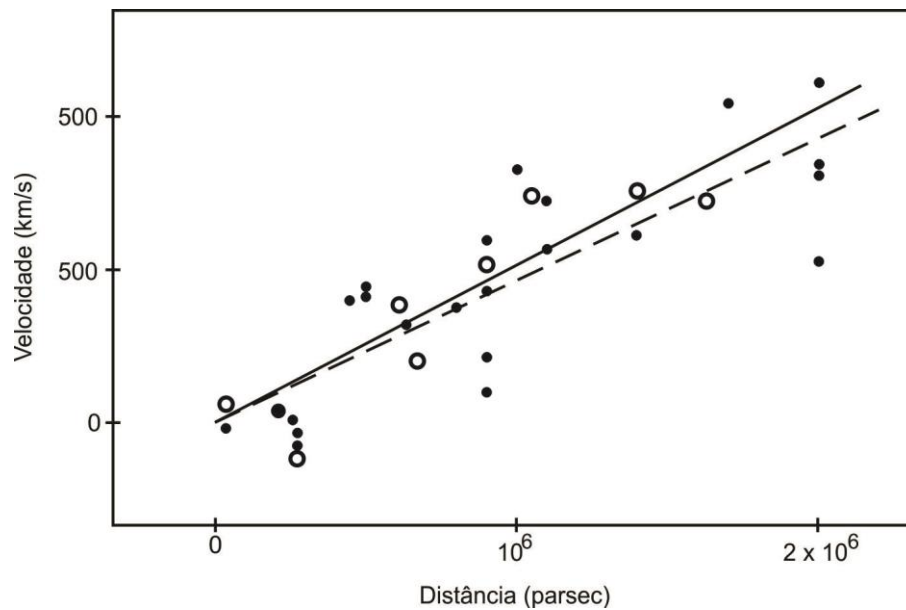
Muitos outros objetos de iluminação difusa foram detectados e catalogados por Charles Messier. Esses objetos foram chamados de nebulosas, objetos que não eram cometas nem estrelas, com um aspecto difuso. Dentre os muitos catalogados a nebulosa de Andrômeda M31 (figura33) podia ser visto à olho nu no hemisfério norte. Criou-se um grande debate na época se tal nebulosa fazia ou não parte da nossa galáxia a via láctea.



**Figura33.** Galáxia de Andrômeda. Está a 2,5 milhões de anos luz da terra. É uma entre bilhões de galáxias presentes no universo observável. Fonte: Nasa.

Esse mistério foi esclarecido em 1923 pelas observações de Edwin Powell Hubble que utilizou um potente telescópio de 2,5 m de diâmetro locado no Monte Wilson na Califórnia. Ele conseguiu localizar estrelas do tipo Cefeidas na galáxia de Andrômeda e calcular que não faziam parte da nossa via Láctea. Suas medidas revelaram que Andrômeda estava a 1 milhão de anos luz da terra. Sendo que nossa Galáxia tem aproximadamente 100 anos luz de comprimento.

Com o advento de telescópios mais potentes em 1929 Edwin Hubble conseguiu medir a velocidade de afastamento de diversas galáxias e observou que quanto mais distante a galáxia estava da via láctea maior sua velocidade de afastamento. Essa constatação levou Hubble a criar uma relação que ficou conhecida como lei de Hubble (eq. 1). A figura 34 mostra o ajuste linear representando a constante de Hubble.



**Figura34.** Ajuste linear representando a constante de Hubble. Embora o valor de  $H$  apareça constante é importante lembrar que é uma medida de hoje. Seu valor hoje é de aproximadamente  $80 \text{ km/s.Mpc}$ . Fonte: UFRGS

Como:

$$v = H \cdot d \quad (1)$$

onde:

$v$ , é a velocidade de afastamento. Medido em  $\text{km/s}$ ;

$H$ , é a constante de Hubble. Medida em  $\text{km/s.Mpc}$ ;

$d$ , é a distância da galáxia à terra. Medida em  $\text{km}$ .

Considerando uma velocidade constante, temos:

$$d = v \cdot T \quad (2)$$

Substituindo as equações (1) em (2), temos:

$$T = H^{-1} \quad (3)$$

Sabendo que  $1 \text{ Mpc}$  vale  $3,086 \cdot 10^{19} \text{ km}$  e  $H = 80 \text{ km/s.Mpc}$ , temos:

$$T = 1/80/3,086 \cdot 10^{19}$$

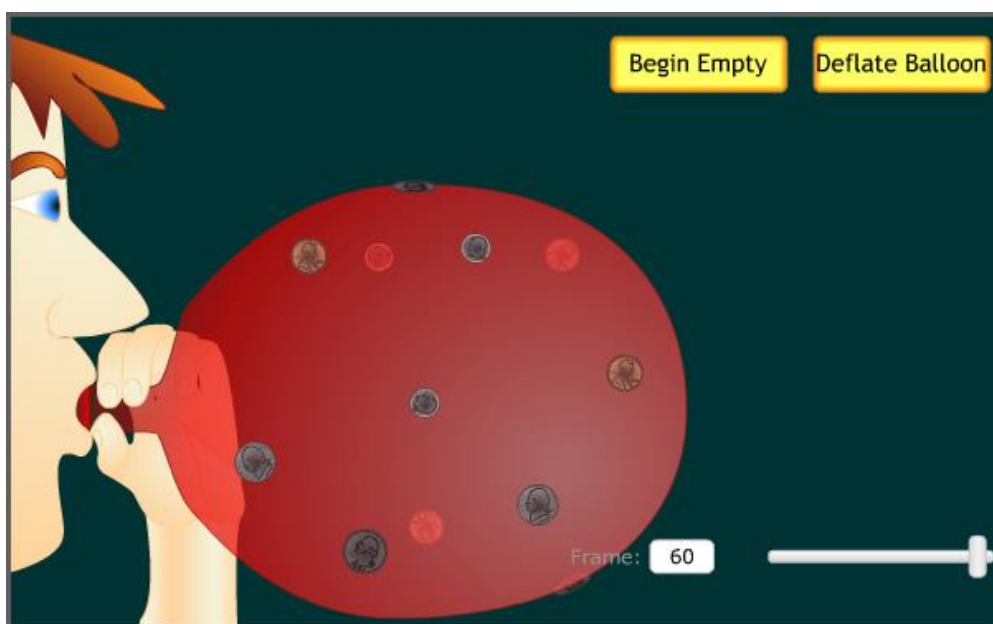
que resulta aproximadamente:

$$3,86.10^{17} \text{ segundos}$$

Transformando o total de segundos em anos, temos:

$$T = 12,2 \text{ bilhões de anos}$$

Esse valor é uma estimativa levando em consideração o valor da constante de Hubble de 80 km/s. Hoje os cálculos levam a um universo em expansão (figura35) de aproximadamente 13,7 bilhões de anos.



**Figura35.** A figura mostra uma animação de moedas anexadas a um balão, fornecendo uma analogia à expansão do universo. As moedas representam galáxias, que mantêm sua escala enquanto o espaço entre elas cresce. Essa representação poderá ser feita pelo professor para demonstrar a expansão do universo.

Fonte: NAAP.

## SEQUÊNCIA 10: MOVIMENTOS DA TERRA

Objetivo: Entender a alternância do dia e da noite

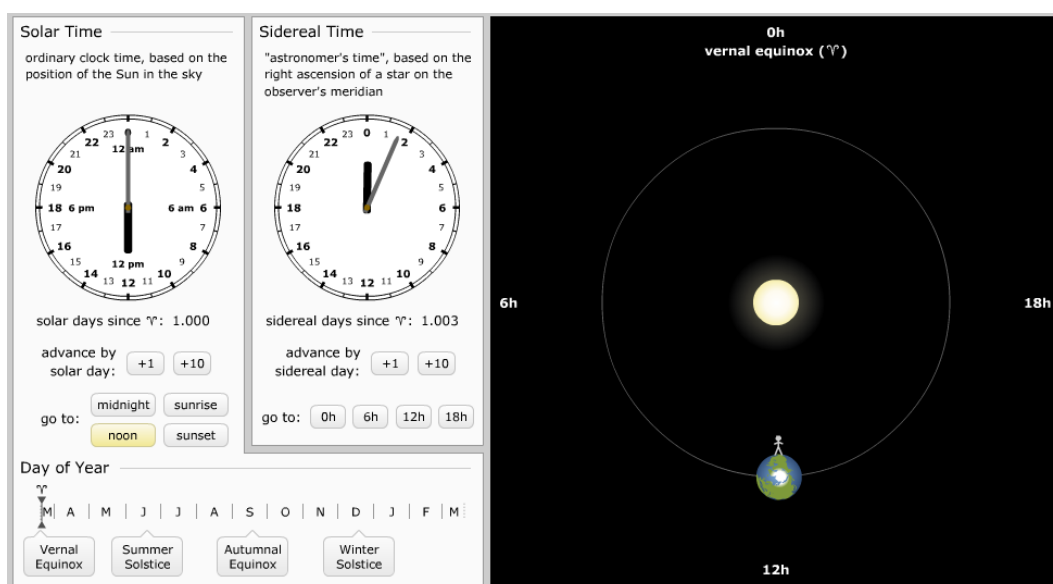
Duração: 2 aulas

Material: Applet da UNL-NAAP. Disponível em:

<http://astro.unl.edu/naap/motion3/animations/siderealSolarTime.html>

Atividade Experimental: Construir o planeta terra com bola de isopor e simular o dia e a noite com uma lanterna.

Questões problematizadoras. Os alunos devem dividir-se em grupos e fazer as simulações com o auxílio do professor. Após as discussões conforme a figura36.



**Figura36.** Simulador das horas do dia. Fonte: NAAP

- Colocar o simulador na posição de “Vernal Equinox”. Fazer o desenho das posições: Meio dia (noon); Meia Noite (midnight); nascer do Sol(sunrise); pôr do Sol(sunset).
- Para que lado a terra gira?
- O que acontece com a Terra com o passar dos meses? Acessar <http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/eclipticsimulator.html>.
- Explique a rotação e translação da Terra? Qual é o período aproximado de cada um deles?
- Qual é a causa do dia e da noite?



Após a modelagem no simulador, os alunos devem fazer a simulação com as maquetes funcionais, conforme a figura37.



**Figura37.** Maquete da Terra. Demonstração do Fenômeno do dia e da noite.  
Fonte: Autor 2017.

## SEQUÊNCIA 11: ESTAÇÕES DO ANO

Objetivo: Entender a causa das estações do ano

Duração: 2 aulas

Material: *Applet* da UNL-NAAP. Disponível em:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/eclipticsimulator.html>

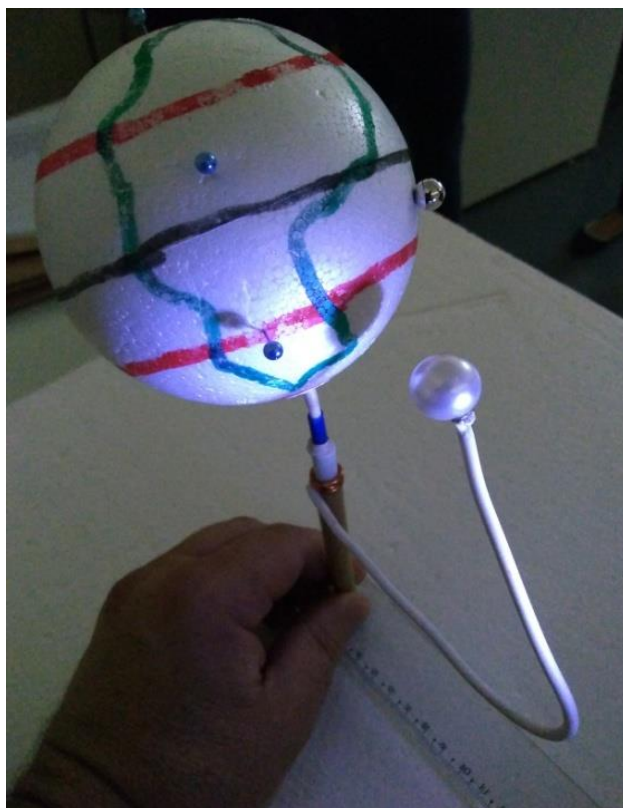
<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/horizon.html>

Atividade Experimental: Construir o Telúrio (Sistema Terra-Sol-Lua).

Questões problematizadoras.

3. Qual é a causa das estações do ano? Explique.
4. O sol sempre nasce exatamente no ponto cardeal no Leste? Explique.

Utilizar a maquete (figura38) para demonstrar possíveis equívocos das respostas. Solicitar que demonstrem as quatro estações do ano utilizando a maquete. Reforçar o fenômeno explorando o *applet* da NAAP.



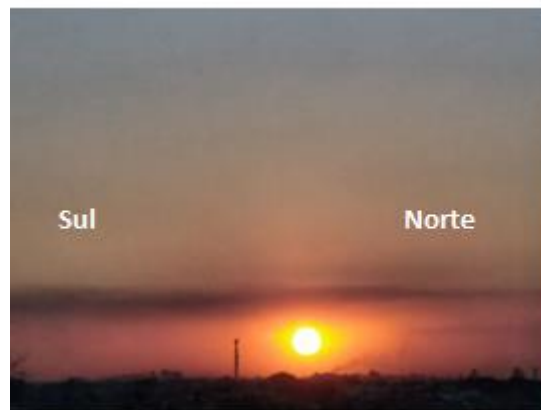
**Figura38.** Telúrio funcional. Simula eventos astronômicos. Fonte: Autor 2017.

Explorar as posições de solstício e equinócio nos dois hemisférios. Salientar que se as causas das estações do ano fossem em razão da distância do planeta ao sol deveria ser inverno ou verão em todo o globo, não de forma alternada. Discutir as quantidades de luz nos círculos polares e os trópicos.

A presença dos alfinetes, na maquete, é importante para mostrar a obliquidade dos raios solares. Mostrar que o Sol nasce exatamente no ponto cardinal leste somente nos equinócios, *i.e.*, duas vezes ao ano.

O professor deve solicitar que os alunos registrem imagens do nascer ou ocaso do Sol para perceber que o sol faz um movimento pendular aparente de máximo deslocamento para o norte (solstício de verão no Hemisfério Norte.) e um máximo deslocamento para o sul (solstício de verão no Hemisfério Sul). As figuras 39 e 40 mostram o movimento do Sol em seu

deslocamento aparente em diferentes meses do ano. Em junho está mais deslocado para o norte, em Julho desloca-se para o Sul.

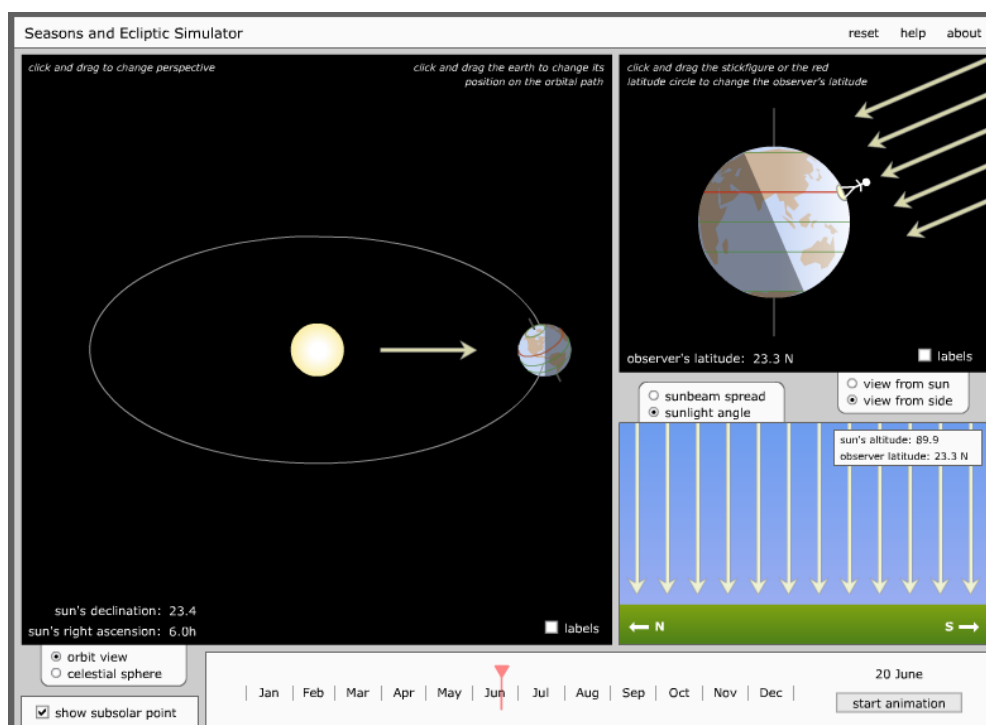


**Figura39.** Pôr do Sol em Julho. Fonte: Autor 2017 **Figura40.** Pôr do Sol em Junho; Fonte: Autor 2017.

Os *applets* (figura41 e 42) devem ser usados simultaneamente para que o aluno tenha diferentes referencias de observação.



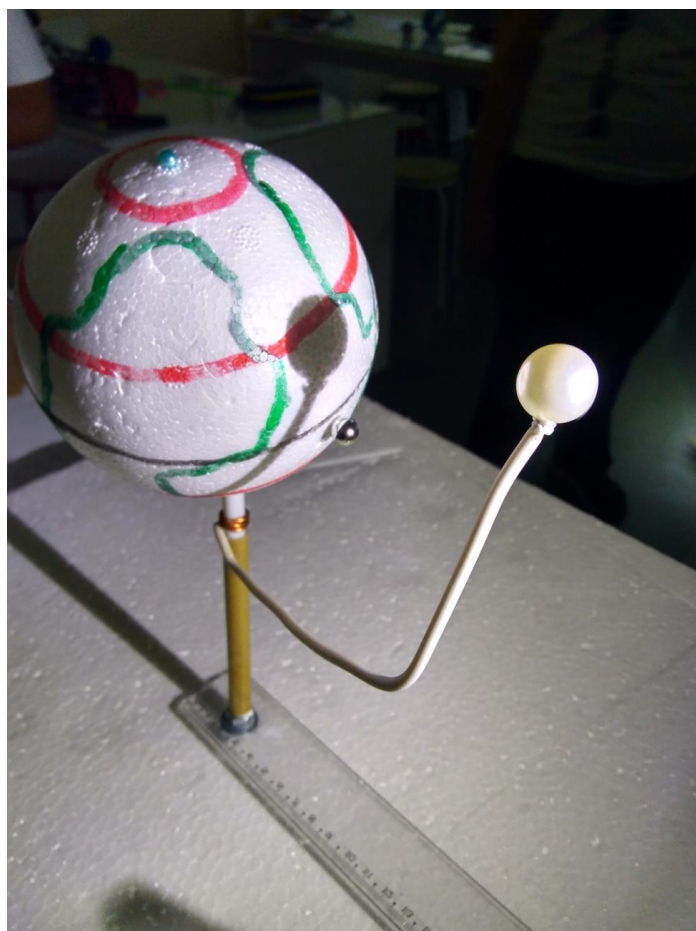
**Figura41.** Applet NAAP. Fonte: <http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/horizon.html>



**Figura42.** Estações do ano. Fonte:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/eclipticsimulator.html>

Em razão da visão topocêntrica que todos nós temos dos movimentos celestes é importante que o aluno utilize ferramentas computacionais e maquetes funcionais para a correta descrição e observação da mecânica celeste, utilizar-se apenas de desenhos 2D presentes na literatura não permite uma ruptura de observador absoluto que temos dos movimentos celestes. Portanto sugere-se a construção de um telúrio funcional que permita visualizar os fenômenos relacionados aos movimentos do sistema terra-sol-lua. No caso de se tratar de alunos do 6º ano do EF, sugerimos ainda que o professor leve o equipamento pronto, para alunos do 1º ano do EM, sugerimos que os próprios alunos construam seus telúrios com a supervisão do professor. Essa ferramenta didática facilitará a observação da alternância do dia e da noite, movimento aparente do sol, estações do ano, eclipses, fases da lua e marés. É importante também que o professor estimule o aluno a explicar o fenômeno utilizando a maquete funcional com o objetivo de criar uma discussão científica com base no pensamento do aluno. Após as discussões em grupo e as exposições com os simuladores virtuais o professor deve explorar bem o uso do telúrio (figura43). O professor deve utilizar o telúrio e simular os movimentos da Terra e da Lua. Solicitar para os alunos se colocarem na posição do alfinete, no referencial terrestre. Deve criar um ambiente de discussões.



**Figura43.** Telúrio utilizado para demonstrar astronomia de posição. Eclipse solar. Fonte: Autor 2017.

## SEQUÊNCIA 12: FASES DA LUA

Objetivo: Entender as fases da Lua e seu movimento em torno da Terra

Duração: 2 aulas

Material: Applet da UNL-NAAP. Disponível em:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/lunarapplet.html>

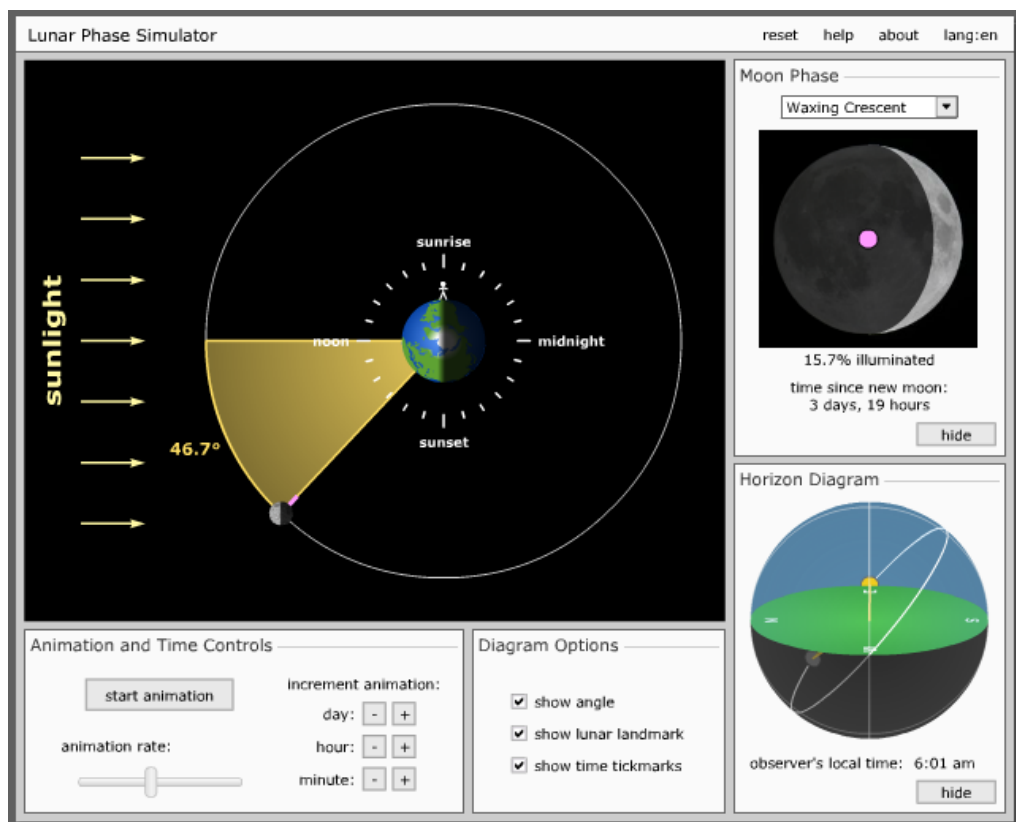
Atividade Experimental: Construir um relógio de Sol

### Questões problematizadoras:

- Quantas e quais são as fases da lua? Explique.
- Por que a lua apresenta sempre a mesma face voltada para a terra? Explique.
- Existe um lado escuro da lua? Explique.

- A lua aparece de dia?
- Todas as coisas próximas a Terra “caem”. Por que a lua não “cai”? Explique.

Após o compartilhamento, utilizar a maquete funcional e o simulador da NAAP (figura44).



**Figura44.** É importante explorar cada posição da Lua e mostrar que fase é a aparência da sua luminosidade da Lua Nova (0%) a Lua Cheia (100%). Portanto apresentará infinitas fases. Registrar as quatro principais fases. Solicitar aos alunos imagens da LUA durante o dia. Explorar que horas que tipo de lua poderá ser vista ao longo do dia-Fonte: NAAP.

Utilizar o PHET (figura45) para demonstrar o equilíbrio entre a força de atração gravitacional e a velocidade da Lua.

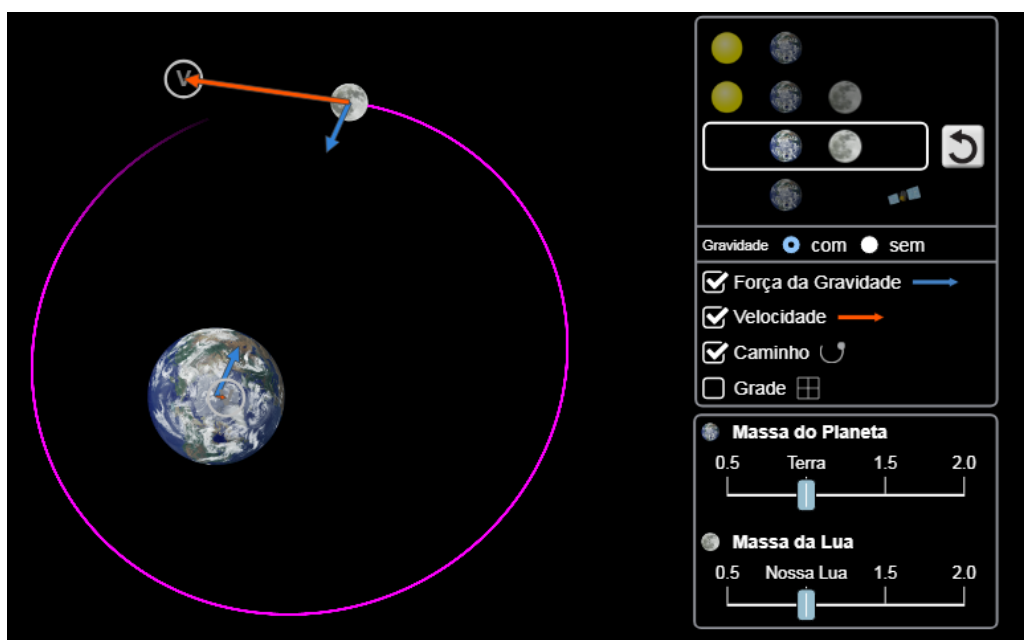


Figura45. Simulador efeito da gravidade na órbita lunar. Fonte: PHET

### SEQUÊNCIA 13: ECLIPSES

Objetivo: Entender os tipos de eclipses

Duração: 2 aulas

Material: Applet da UNL-NAAP. Disponível em:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/shadowsim.html> - Eclipses

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/mooninc.html> -

#### Inclinação da Lua

Atividade Experimental: Simular no telúrio os tipos de eclipses.

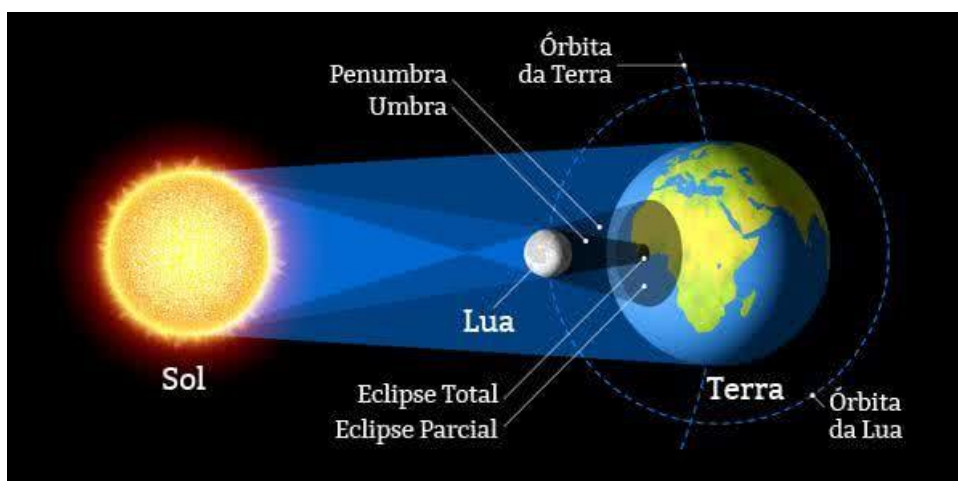
#### Assistir o vídeo “Espaçonave Terra”

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=O6ZXoiHORMw>

- O que são eclipses? Quais são os tipos?
- Os eclipses acontecem em qual lua? Explique.
- Se a lua gira em torno da terra, por que não existem dois eclipses a cada mês?

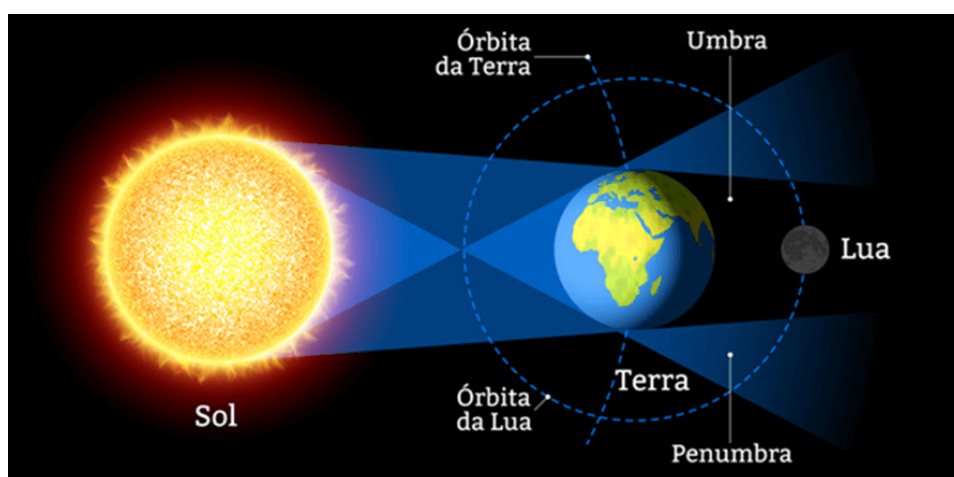
A palavra eclipse vem do grego *ekleipsis* que significa “deixar de fora” ou “deixar de aparecer”. Quando acontece um eclipse os raios solares são bloqueados pela Terra ou pela Lua.

Há dois tipos de eclipses o solar, quando a lua está entre a Terra e o Sol que acontece somente na Lua Nova (figura46).



**Figura46.** Eclipse Solar. Acontece na Lua Nova. Na região da Umbra há eclipse total. Na região de penumbra há eclipse parcial. Fonte: Semeadores da Ciência UFRJ.

O eclipse Lunar acontece quando a Lua está na sombra da Terra ou a Terra está entre o Sol e a Lua, acontece somente na Lua Cheia (figura47).

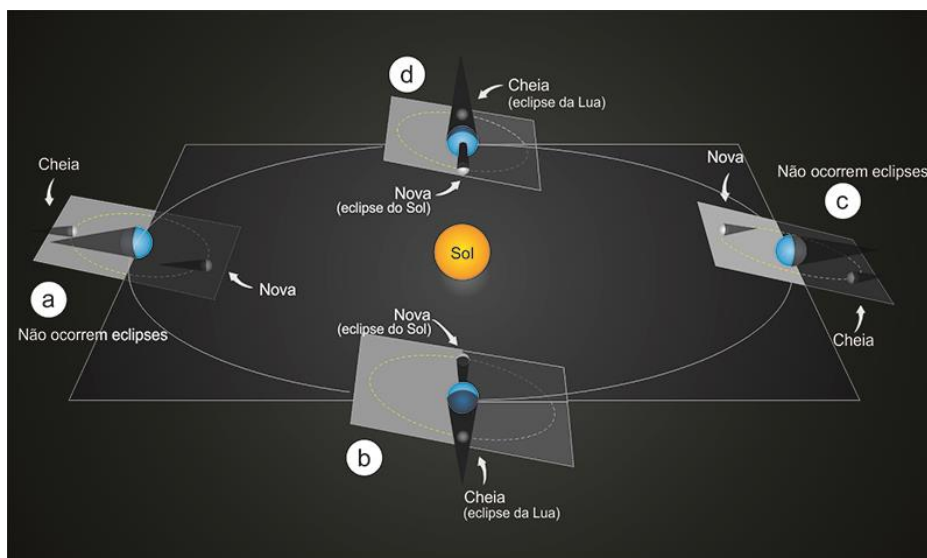


**Figura47.** Eclipse Lunar. Acontece na Lua Cheia. A Lua fica na sombra da Terra. Fonte: Semeadores da Ciência UFRJ.

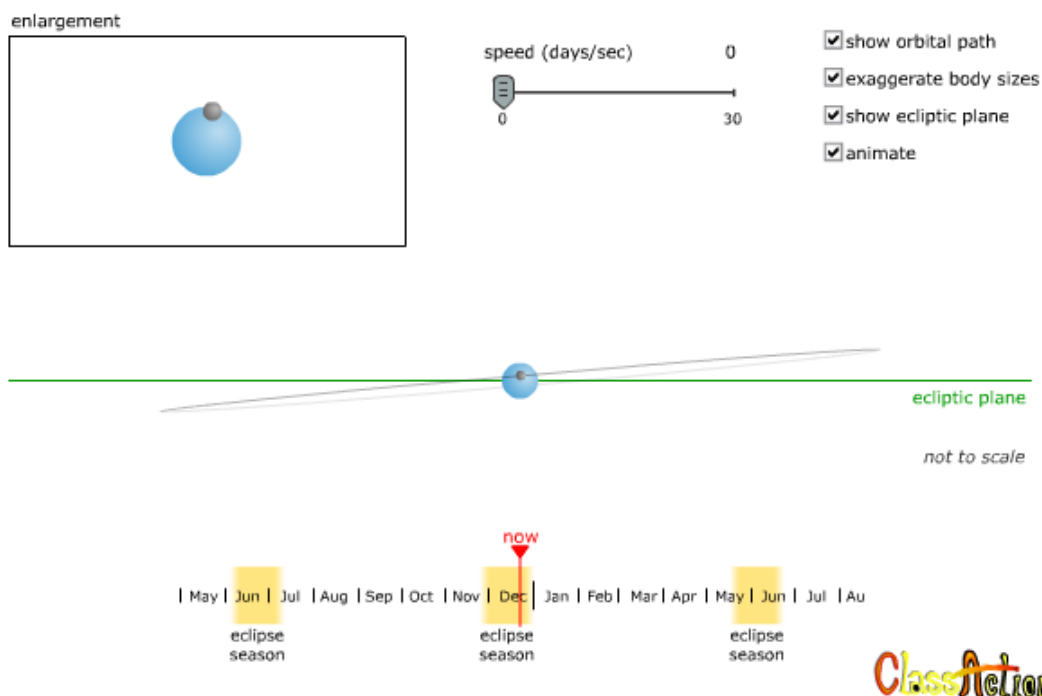
Não acontecem dois eclipses todos os meses em razão do plano orbital da Lua não coincidir com o plano orbital terrestre em torno do Sol (figura48). Quando os dois planos se coincidem (nodos) na mesma linha, há eclipse. O plano orbital da Lua fica inclinado aproximadamente



5,2° em relação à eclíptica e não é fixo (figura49), o plano orbital da Lua completa uma volta em torno do eixo da eclíptica a cada 18,6 anos, repetindo assim os eclipses<sup>1</sup>.



**Figura48.** Mostra os pontos nodais onde acontecem os eclipses. Fonte: UFRGS.



**Figura49.** O applet demonstra a inclinação da órbita da Lua e seu movimento durante o ano. Fonte: NAAP.

<sup>1</sup> O ciclo de Saros, é um período de aproximadamente 6585 dias (18 anos, 11 dias e 8 horas), é útil para prever as épocas nas quais eclipses praticamente idênticos irão ocorrer. Eram conhecidos pelos Babilônicos a 2500 anos atrás. Disponível em: <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros.html>.

## SEQUÊNCIA 14: MARÉS

Objetivo: Entender os tipos e a razão da ocorrência das marés

Duração: 2 aulas

Material: Applet da UNL-NAAP. Disponível em:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/tidesim.html>

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/gravcalc.html> -

Atividade Experimental: Simular no Telúrio os tipos de Marés

Assistir o vídeo “History Channel”. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=VQyBe9xy66g>

Qual é a causa das marés? Explique.

Quais são os tipos de marés?

Em quais Luas ocorrem as marés de sizígia e quadratura?

Por que não vemos marés em pequenos lagos?

O que é amplitude de maré?

Na tabela de marés aparece o coeficiente de marés que nos mostra a amplitude da maré que é a diferença de altura entre a maré alta (preia-mar) e a maré baixa (baixa-mar). As marés de sizígia ou águas vivas ocorrem quando o Sol, a Lua e a Terra estão alinhados, *i.e.*, nas Luas Novas e Cheias. As marés de quadratura ou águas mortas ocorrem nas Luas quarto crescente e minguante (figura40).

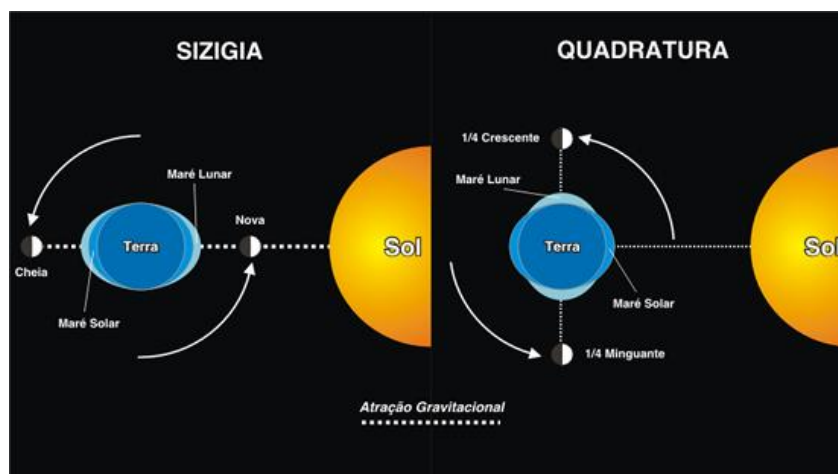


Figura 4.40. Fonte: Projeto Litoral Nota CEM-UFPR

Veja a tabela de marés de Porto de Galinhas no estado de Pernambuco (figura41). Em média ocorrem duas marés altas e duas marés baixas ao dia.

América do Sul > Brasil > Pernambuco > Porto de Galinhas									
04 05 06 07 08 09 10 SET 2016 09:26 UTC -3 Pernambuco (BR)									
DIA	☾	☀	MARÉS DE PORTO DE GALINHAS					COEFICIENTE	ATIVIDADE MÉDIA
			1ª MARÉ	2ª MARÉ	3ª MARÉ	4ª MARÉ			
1 Qui	☾	☀	3:35 ▲ 2,4 m	9:45 ▼ 0,3 m	15:55 ▲ 2,4 m	22:00 ▼ 0,3 m	91 muito alto	🐟🐟🐟	
2 Sex	☾	☀	4:15 ▲ 2,4 m	10:20 ▼ 0,3 m	16:30 ▲ 2,3 m	22:35 ▼ 0,3 m	90 muito alto	🐟🐟🐟	
3 Sáb	☾	☀	4:50 ▲ 2,4 m	10:55 ▼ 0,3 m	17:05 ▲ 2,3 m	23:10 ▼ 0,3 m	86 alto	🐟🐟🐟	
4 Dom	☾	☀	5:25 ▲ 2,3 m	11:30 ▼ 0,4 m	17:35 ▲ 2,2 m	23:45 ▼ 0,4 m	80 alto	🐟🐟	
5 Seg	☾	☀	6:00 ▲ 2,2 m	12:00 ▼ 0,5 m	18:10 ▲ 2,1 m		72 alto	🐟	
6 Ter	☾	☀	0:15 ▼ 0,5 m	6:30 ▲ 2,1 m	12:35 ▼ 0,6 m	18:40 ▲ 2,0 m	62 médio	🐟	
7 Qua	☾	☀	0:50 ▼ 0,6 m	7:05 ▲ 2,0 m	13:10 ▼ 0,7 m	19:15 ▲ 1,9 m	52 médio	🐟	
8 Qui	☾	☀	1:30 ▼ 0,7 m	7:50 ▲ 1,9 m	13:55 ▼ 0,9 m	20:00 ▲ 1,8 m	44 baixo	🐟	
9 Sex	☾	☀	2:20 ▼ 0,8 m	8:50 ▲ 1,7 m	15:00 ▼ 1,0 m	21:10 ▲ 1,7 m	37 baixo	🐟	
10 Sáb	☾	☀	3:40 ▼ 0,9 m	10:15 ▲ 1,7 m	16:35 ▼ 1,0 m	22:50 ▲ 1,7 m	36 baixo	🐟	
11 Dom	☾	☀	5:15 ▼ 0,9 m	11:45 ▲ 1,8 m	18:00 ▼ 0,9 m		44 baixo	🐟	

**Figura41.** Tabela de Marés do Porto de Galinhas. Observe que na lua nova, quinta feira dia 1, tem-se o maior coeficiente de maré, portanto maior amplitude de maré. Fonte: <https://tabuademares.com/br/pernambuco/porto-de-galinhas>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[BNCC] Base Nacional Comum Curricular, p.326, 2017.

[BRASIL 1998] PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (5ª A 8ª SÉRIES): Ciências Naturais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC /SEF, 1998. p.32.

[COSTA 200] R.D. D. Costa. Astronomia: Uma visão geral do universo. São Paulo. Usp, p.227, 2000.

[DIAS 2007] Wilton S. Dias e Luis Paulo Piassi. Por que a variação da distância Terra-Sol não explica as estações do ano? Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 325-329, (2007).

[ORTIZ 2011] Ortiz, R. Experimentos de Astronomia para EF e EM.  
[http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/experimentos\\_2011.pdf](http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/experimentos_2011.pdf) - Acessado em 30/07/2018.

[ORTIZ 2011] Ortiz, R. O céu que enxergamos.  
<http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/oceu.pdf> - acessado em 30/07/2018

[FARIA 1982] R.P. Faria. Fundamentos de Astronomia. Coleção Universo, v.01, p.14,20,22;2010.

[GALDINO 2011] L. Galdino. A astronomia indígena. São Paulo. Nova Alexandria, p.31, 2011.

[GLEISER 1997] GLEISER, MARCELO. A dança do Universo. Dos mitos de Criação ao BigBang. 2ªed. Companhia das Letras, p.21-22,1997.

[HALLIDAY 2016] HALLIDAY, RESNICK e WALKER. Fundamentos de Física 4. 10ª Edição. Editora LTC, p.391, 2016.

[IAU] União Astronômica Internacional. Acessado em 11/07/2018  
<https://www.astronomy2009.org/general/about/index.html>

[LANGHI 2007] R. Langhi, R. Nardi. Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Ciências, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v24, n1:p.87-111, 2007.

[UNL] Universidade Nebraska-Lincoln. NAAP – Nebraska Astronomy Applet.  
<http://astro.unl.edu/animationsLinks.html> - acessado em 10/07/2018.

[ON] Observatório Nacional. História da Cosmologia – Módulo I. 2015. Acessado em 10/07/2018. <http://www.fisica.net/giovane/astro/index.html>.

[KEPLER 2004] SOUZA, KEPLER, SARAIVA, F.O. Astronomia e Astrofísica. 2ªed. São Paulo. p.51. 2004.

# Concurso de Foguetes de água

## REGRAS GERAIS

### 1. DA EQUIPE

As equipes deverão ser formadas no limite máximo de cinco alunos por grupo. Cada grupo deverá no ato da inscrição apresentar o nome de guerra da equipe, o nome do capitão (também responsável pelo lançamento), e o nome dos demais integrantes (nome, número e série). Será permitido apenas equipes formadas por alunos da mesma sala.

### 2. DO MATERIAL

O grupo deverá utilizar **SOMENTE** garrafa do tipo Pet 2 litros, sem fissuras ou amassados em seu corpo. Deve ser perfeitamente lisa, sem defeitos. Não poderá utilizar qualquer objeto metálico em seu corpo. Sua construção deverá conter apenas materiais moles: Cartolinas, papel cartão, plásticos, fitas, colas, papéis moles, barbantes, papelão, etc. A equipe que infringir esses critérios será sumariamente desclassificada. Casos omissos serão julgados pela banca de organização. A utilização de máquinas digitais no corpo do foguete será autorizada mediante vistoria prévia da banca, nesse caso a **equipe é responsável por qualquer possível dano ao dispositivo.**

### 3. DO PROPELENTE

Cada equipe deverá encher o foguete somente com água limpa, na quantidade estudada pela equipe. A pressão de lançamento não deve ultrapassar a 80 lib/pol<sup>2</sup>. A equipe que infringir esse critério será sumariamente desclassificada.

### 4. DO LANÇAMENTO

Cada equipe terá o direito a dois lançamentos, um teste, outro valendo. A critério da equipe pode-se optar para o lançamento direto, sem o voo teste. O capitão da equipe será o responsável pela **COLOCAÇÃO NA PLATAFORMA E IGNIÇÃO** do foguete; os demais integrantes serão responsáveis pelo resgate do foguete. Os espectadores deverão permanecer no mínimo 5 metros da base de lançamento.

### 5. DO PROJETO

Cada equipe deverá entregar seu projeto de construção ao professor responsável, uma semana antes do lançamento. Esse projeto deverá conter:

1. Nome da Equipe, e integrantes;
2. Introdução;
3. Material utilizado;

4. Explicação do funcionamento do foguete de água.
5. Estimativa do tempo de voo;
6. Fotos da construção;
7. Referências

## 6. DO JULGAMENTO

A banca de jurados será composta por funcionários, professores e direção. Cada equipe antes do lançamento deverá mostrar o foguete a banca, já pronto para o lançamento. Obedecer as regras do lançamento. Comportar-se adequadamente de acordo com as orientações do professor desde a saída do Colégio até o retorno.

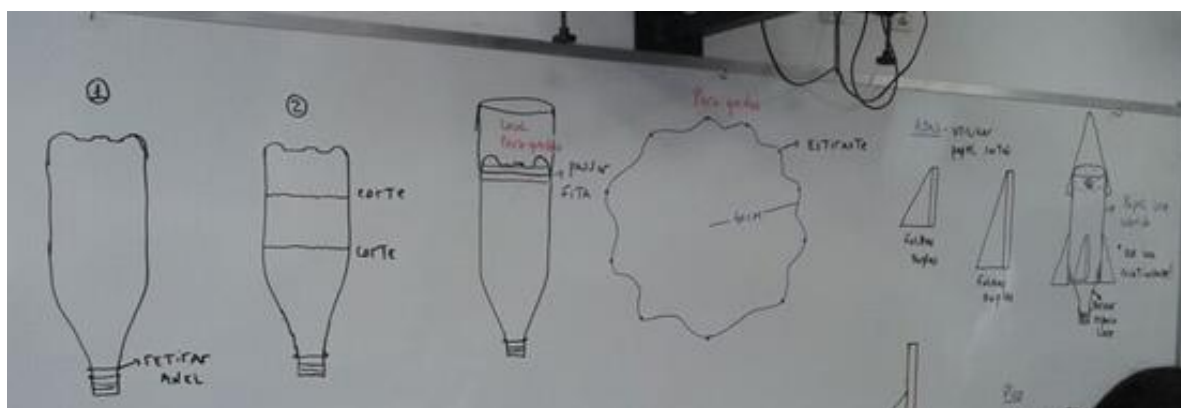
### Os critérios são:

1. Criatividade – notas de 0 a 10
2. Beleza – notas de 0 a 10
3. Tempo de voo – tempo em segundos multiplicado por 10
4. Segurança – notas de 0 a 10
5. Abertura do paraquedas – notas de 0 a 10

**Os casos omissos serão tratados segundo os critérios da comissão de organização do evento.**

## EXEMPLOS DE FOGUETES

Um projeto simples é o uso de duas garrafas PET de 2L, sendo que uma delas servirá como tanque do propelente (água pressurizada a 80 psi). A segunda garrafa servirá como compartimento do paraquedas, conforme figura 01. Na construção das asas poderá ser utilizado isopor ou papel cartão em corte triangular, o bico deverá ser construído em forma de cone, com papel cartão, em razão da força de arraste do ar. As figuras de 02 a 05 referem-se modelos de foguetes construídos pelos alunos, presentes na base de lançamento.



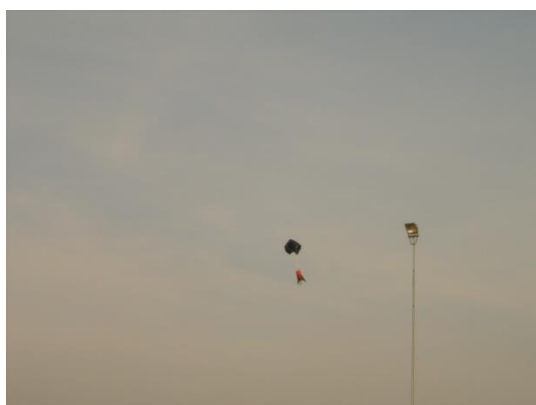
**Figura01.** Projeto de construção do foguete e paraquedas. Fonte: Autor



**Figura02.** Foguete I. Fonte: Autor



**Figura03.** Foguete II. Fonte: Autor



**Figura04.** Paraquedas. Foto: Autor



**Figura05.** Foguete III. Fonte: Autor

## Referências

### **Base Lançadora. Eduardo Lourenço Pinto Jr.**

[http://web.archive.org/web/20091027151832/http://geocities.com/brasilfoguete/bf\\_pr oj\\_082001.htm](http://web.archive.org/web/20091027151832/http://geocities.com/brasilfoguete/bf_pr oj_082001.htm). Acessado em 2017.

**Cacep**-<http://www.cacep.com.br/saiba-como-construir-um-foguete-a-agua-para-praticar-o-espaco-modelismo/>. Acessado em 2017.

**Professor Carlos Lima** - <https://www.youtube.com/watch?v=Rmr-4ghWPx4&t=56s>. Acessado em 2017.

# Montagem do Telúrio

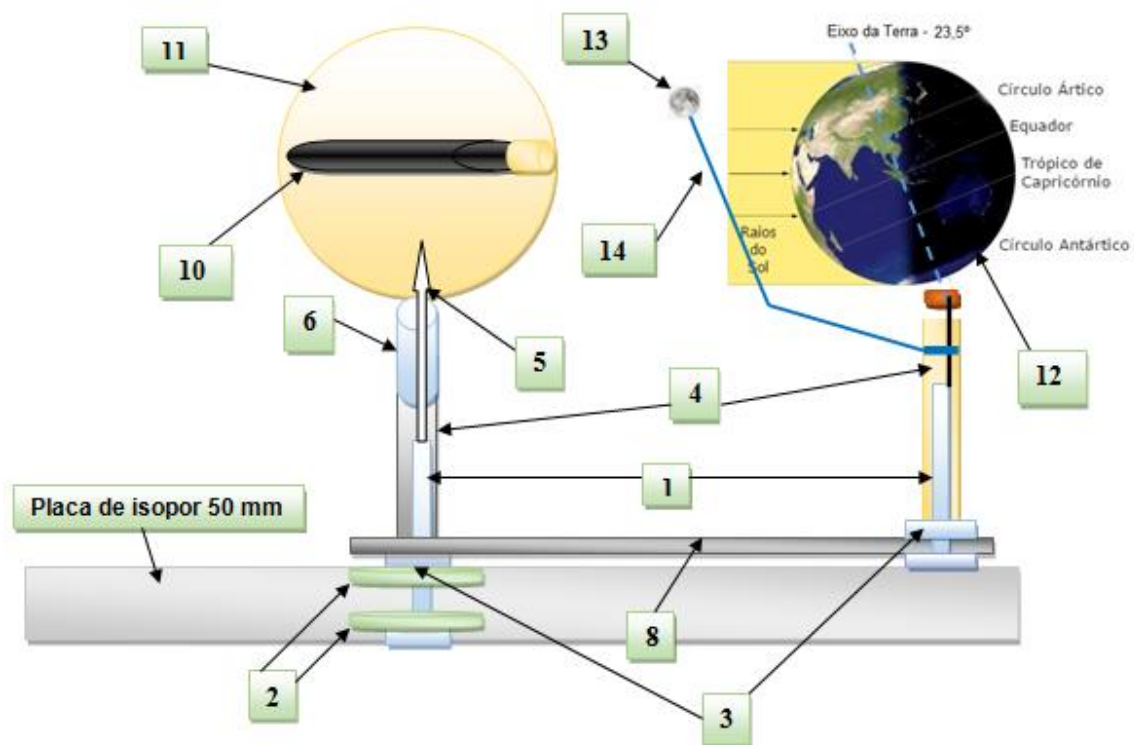
## Material e Orientações

A tabela 01 lista os materiais necessários para montagem da maquete funcional denominada telúrio (figura01). Um parafuso sextavado deverá se encaixar na placa de isopor de acordo com as figuras de 02 a 04. A caneta deverá se encaixar no parafuso (figura05) que por sua vez servirá de base para a esfera de isopor que representa o Sol. A régua deverá ser encaixada no parafuso fixo na placa de isopor; na extremidade oposta da régua colocará o segundo parafuso sextavado, conforme as figuras de 06 a 09. Uma vez fixado os parafusos na placa e régua, esses devem receber as canetas, os canudos e gravetos, conforme as figuras de 10 a 12. Posicionar a esfera que representa a Lua com arame, deixando uma inclinação, para simulação da revolução do astro em torno da esfera de isopor que representa a Terra, conforme a figura 13. Colocar no interior da esfera de isopor que representa o Sol uma lanterna pequena, conforme as figuras 14 e 15. A figura 16 mostra o produto final.

Qtd	Material	Nº	Medida	Qtd	Material	Nº	Medida
02	Parafusos	1	sextavado 1.4x3	01	Régua	8	30 cm
04	Arruelas	2	zincada 1.4 e 3.8	01	Ferro de solda	9	30 w
04	Porcas	3	sextavada 1,4	01	Lanterna pequena	10	
02	Canetas	4	Bic – SEESP	01	Esfera Isopor oca (Sol)	11	150 mm
02	Espetos churrasco	5	espeto pequeno de madeira	01	Esfera Isopor maciça (Terra)	12	75 mm
02	Canudos de bexiga	6	canudos plásticos padrão	01	Esfera Isopor maciça (Lua)	13	15 mm
01	Alicate	7	Universal	01	Arame ou fio rígido	14	0,5m

**Tabela01.** Materiais necessários para construção do Telúrio funcional





**Figura1.** Esquema de montagem do telúrio funcional em 3D. Fonte: Autor 2017.



**Figura02.** Espetar um parafuso com arruela no centro da placa de isopor.



**Figura03.** Parafuso com arruela. Lado inferior do Telúrio.



**Figura04.** Base superior do Telúrio.  
Onde será encaixada a caneta.



**Figura05.** Caneta encaixada no  
Parafuso da fig.01



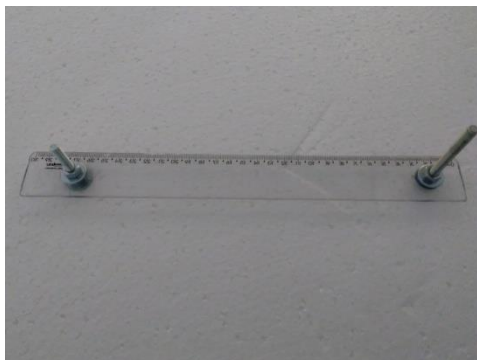
**Figura06.** Fazer dois furos na régua  
de 30 cm nas duas extremidades.  
Utilizar um ferro de solda.



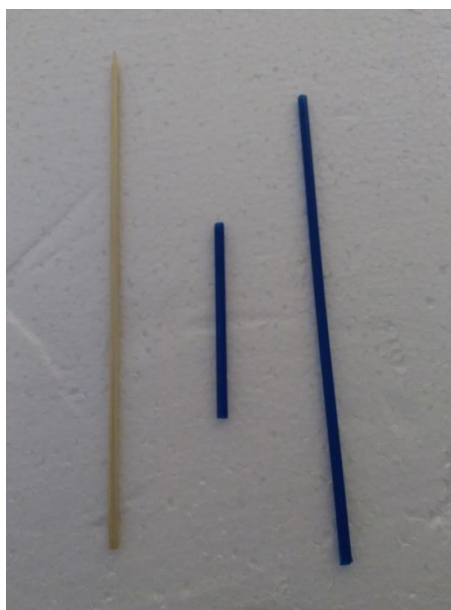
**Figura07.** Fixar o parafuso com  
arruela e porca em uma das  
extremidades da régua.



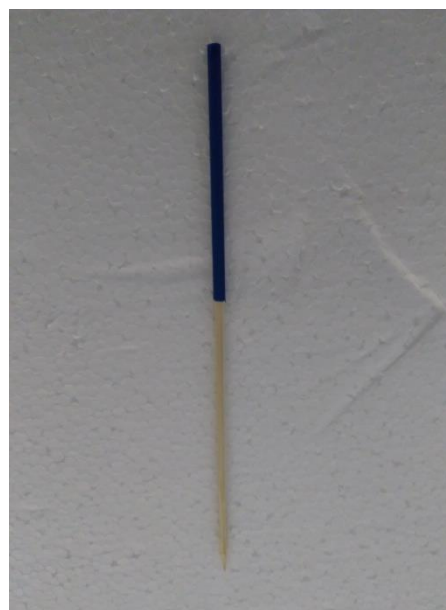
**Figura08.** Régua com o parafuso e porca



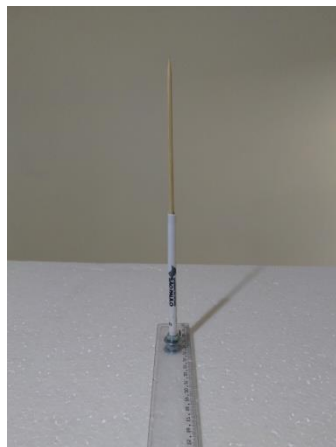
**Figura09.** Fixar a régua com o parafuso  
na base superior.



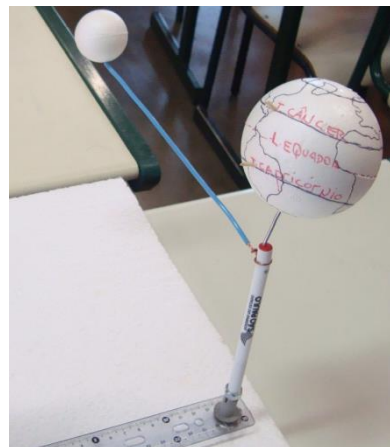
**Figura10.** Introduzir um canudo de bexiga  
Numa vareta de churrasco.



**Figura11.** Uma extremidade é espetada  
Na esfera de isopor (Sol).



**Figura12.** Extremidade do Sol.  
Espetar o Sol no espeto  
de churrasco



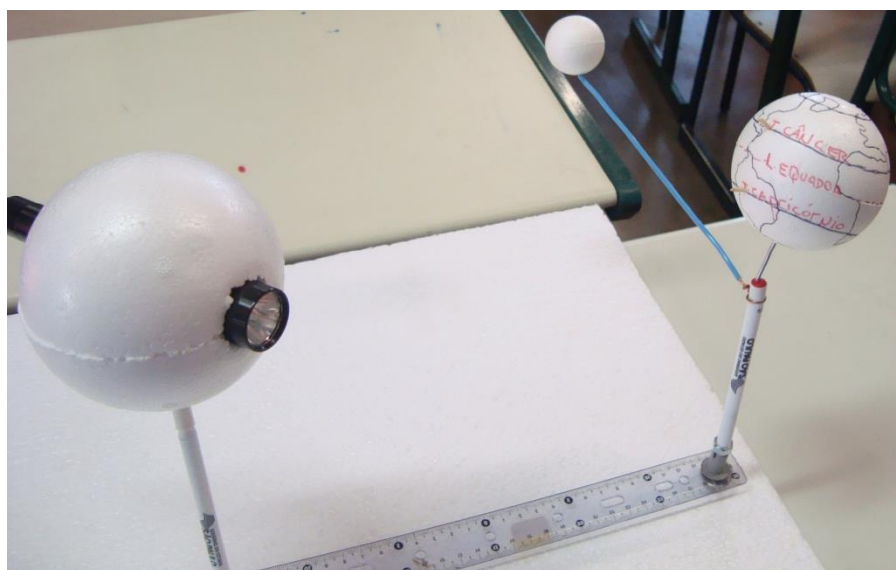
**Figura13.** Na outra extremidade  
fixar a Terra e a Lua



**Figura14.** Instalar uma lanterna numa Esfera de isopor.



**Figura15.** Espetar um canudo de bexiga e a seguir no espeto de churrasco da figura 11.



**Figura16.** Instalar a Terra com um arame e inclinar  $23,5^\circ$ . Instalar a Lua. A Terra poderá mover-se em torno de seu próprio eixo e também em torno do Sol. A Lua poderá executar seus dois movimentos de rotação e revolução.

## Referências

### Astronomia para docentes

<https://www.youtube.com/watch?v=R5uZdVpXrv0>. Acessado em julho de 2017.

### Construção do Telúrio

<http://vjornadalicenciaturas.icmc.usp.br/CD/EIXO%202/23.pdf>. Acessado em julho de 2017.

# Feira de Ciências

## Orientações

O professor deverá dividir a sala em grupos de 4 alunos. Escrever na lousa todos os astros que fazem parte do sistema solar. Deixar que os alunos façam suas escolhas livremente. Solicitar que escrevam seus nomes nas colunas correspondentes.

Solicitar que o grupo faça uma pesquisa sobre o astro escolhido. Cor, tamanho, composição química, distância da Terra, curiosidades, imagens coloridas do planeta, etc. Essa data deve ser bem antes da feira.

Na data de entrega da pesquisa, avaliar grupo por grupo chamando-os na mesa do professor. Corrigir erros e solicitar nova data para entrega de cartaz e planeta em escala.

Cartaz: deve ser em papel cartão preto. A imagem do planeta e suas características escolhidas devem ser colorida e impressa em papel sulfite A4.

Planeta: Deve ser feito de isopor na escala escolhida. Colorido na cor do planeta real.

A exposição poderá ser feita fixando os planetas no teto da sala de aula com fio de nylon ou num Tecido não Tecido-TNT na cor preta fixado na parede, à critério do professor. No caso de se utilizar o TNT, o professor deve utilizar 6m de comprimento no mínimo para representação do Sol aparente de 1m de diâmetro, conforme figuras de 01 a 04. No caso de se utilizar o teto da sala de aula, fazer a representação do sistema Solar na diagonal, com o Sol medindo 2m de diâmetro. Confeccionar a representação do Sol com papelão, emendar os pedaços e forrar com papel crepom amarelo, conforme figuras de 05 a 08.

No dia da apresentação solicitar que os alunos permaneçam em seus estandes para receber os convidados. Apresentação de vídeos e colóquios é interessante durante a exposição.

### O Sistema Solar em Escala – 2016



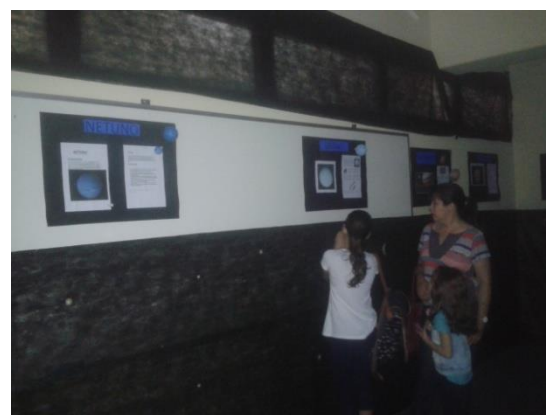
**Figura01.** Fonte autor 2016



**Figura02.** Fonte autor 2016



**Figura03.** Fonte autor 2016

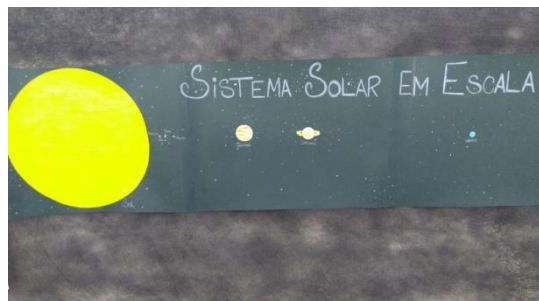


**Figura04.** Fonte autor 2016

### Sistema Solar em Escala – 2017



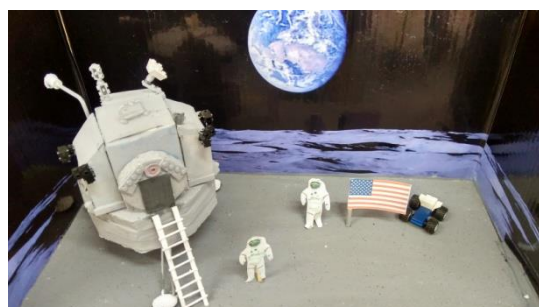
**Figura05.** Fonte autor 2017



**Figura06.** Fonte autor 2017



**Figura07.** Fonte autor



**Figura08.** Fonte autor

### Referência – Oficina de Astronomia p.30

[http://www.cienciamao.usp.br/dados/tne/\\_oficinadeastronomia.arquivoempdf.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/tne/_oficinadeastronomia.arquivoempdf.pdf).  
Acessado em 2017.

## Visita ao observatório

Com o objetivo de vivenciar uma experiência prática de observação astronômica os alunos visitaram o Observatório Municipal. Nessa visita os alunos tiveram a oportunidade de observarem alguns corpos celestes, e conhecerem protótipos de estações espaciais e naves espaciais, além de incentivarem a construir seu próprio telescópio caseiro, conforme as figuras de 01 a 04.



**Figura01.** Fonte autor 2017



**Figura02.** Fonte autor



**Figura03.** Fonte autor 2017



**Figura04.** Fonte autor 2017.



# Anexo A

## QUESTÕES DE AVALIAÇÃO E ROTEIROS DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

---

---

### Questões de Avaliação

**Exercício 1.** Quais foram os primeiros ensinamentos obtidos pelo homem ao olhar para o céu?

- (a) O momento correto de caçar, plantar, pescar, colher, migrar. Estações do ano e contagem do tempo.
- (b) Que as estrelas se movimentam no céu do leste para o oeste.
- (c) Que o planeta terra fica imóvel no céu e que todos os planetas e estrelas se movimentam em movimentos circulares em torno da terra.
- (d) Que a terra gira em torno do sol em movimentos circulares.
- (e) Que o comprimento da terra é de 40000 km e foi medido por Eratóstenes.

**Exercício 2.** Como era o universo para Aristóteles?

- (a) A terra girava em torno do seu eixo, as estrelas ficavam todas na mesma distância e os astros errantes giravam em torno da terra.
- (b) A terra ficava imóvel no centro do universo, as estrelas ficavam todas na mesma distância e os astros errantes giravam em torno da terra em movimentos circulares.
- (c) A terra girava em torno do sol, as estrelas ficavam todas em distâncias diferentes e os astros errantes giravam em torno da terra.
- (d) A terra girava em torno do seu eixo e em volta do sol, as estrelas ficavam todas na mesma distância e os astros errantes giravam em torno da terra.
- (e) Para Aristóteles o sol ficava no centro e os planetas e estrelas giravam em torno do sol.

**Exercício 3.** O texto foi extraído da peça Tróilo e Créssida de William Shakespeare, escrita, provavelmente, em 1601.

“Os próprios céus, os planetas, e este centro reconhecem graus, prioridade, classe, constância, marcha, distância, estação, forma, função e regularidade, sempre iguais;

eis porque o glorioso astro Sol  
está em nobre eminência entronizado  
e centralizado no meio dos outros,  
e o seu olhar benfazejo corrige  
os maus aspectos dos planetas malfazejos,  
e, qual rei que comanda, ordena  
sem entraves aos bons e aos maus."  
(personagem Ulysses, Ato I, cena III).

SHAKESPEARE, W. *Tróilo e Créssida*: Porto: Lello & Irmão, 1948.

A descrição feita pelo dramaturgo renascentista inglês se aproxima da teoria:

- (a) Geocêntrica do grego Claudius Ptolomeu
- (b) Da reflexão da luz do árabe Alhazen
- (c) Heliocêntrica do polonês Nicolau Copérnico
- (d) Da rotação terrestre do italiano Galileu Galilei.
- (e) Da gravitação universal do inglês Isaac Newton.

**Exercício 4.** Quais são os astros errantes e relacione com os dias da semana.

- (a) Sol = Segunda; Lua = Domingo; Marte = Terça; Mercúrio = Quarta; Júpiter = Quinta; Vênus = Sexta; Saturno = Sábado.
- (b) Sol = Domingo; Lua = Mercúrio; Marte = Terça; Lua = Quarta; Júpiter = Quinta; Vênus = Sexta; Saturno = Sábado.
- (c) Sol=Domingo; Vênus=Segunda; Marte=Terça; Mercúrio=Quarta; Júpiter= Quinta; Lua=Sexta; Saturno = Sábado.
- (d) Sol = Domingo; Lua = Segunda; Marte = Terça; Mercúrio = Quarta; Júpiter = Quinta; Vênus = Sexta; Saturno = Sábado.
- (e) Sol = Domingo; Saturno = Segunda; Marte = Terça; Mercúrio = Quarta; Júpiter = Quinta; Vênus = Sexta; Lua = Sábado.

**Exercício 5.** Marque a alternativa correta a respeito do modelo astronômico proposto por Cláudio Ptolomeu.

- (a) O modelo ptolomaico propunha que o Sol girava ao redor da Terra e todos os outros planetas giravam ao redor do Sol
- (b) Nicolau Copérnico no século XVI propôs que a Terra era o centro do sistema planetário, proposta que era contrária à de Ptolomeu.
- (c) O sistema planetário proposto por Ptolomeu trazia a ideia de que a Terra era o centro do Universo e os demais astros giravam ao seu redor com epiciclos e deferentes.
- (d) A proposta de Ptolomeu era a de um universo simples, por isso, o Sol deveria ser o centro e os demais planetas girariam ao seu redor.
- (e) O modelo planetário proposto por Ptolomeu não foi aceito por muito tempo porque confrontava as ideias da Igreja.

**Exercício 6.** (Udesc) Analise as proposições a seguir sobre as principais características dos modelos de sistemas astronômicos.

- I. Sistema dos gregos: a Terra, os planetas, o Sol e as estrelas estavam presas em esferas que giravam em torno da Lua.
- II. Ptolomeu supunha que a Terra se encontrava no centro do Universo e os planetas moviam-se em círculos, cujos centros giravam em torno da Terra.
- III. Copérnico defendia a ideia de que o Sol estava em repouso no centro do sistema e que os planetas (inclusive a Terra) giravam em torno dele em órbitas circulares.
- IV. Kepler defendia a ideia de que os planetas giravam em torno do Sol, descrevendo trajetórias elípticas, e o Sol estava situado em um dos focos dessas elipses.

Assinale a alternativa correta.

- (a) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- (b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- (c) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- (d) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- (e) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.

**Exercício 7.** O modelo de universo proposto por Kepler, apesar de ser heliocêntrico, tinha disparidades com o modelo de Copérnico. Marque a alternativa que contém tais disparidades.

- (a) No modelo de Copérnico as trajetórias dos planetas eram circulares, enquanto no de Kepler as trajetórias eram elípticas. Como sabemos hoje, as trajetórias dos planetas ao redor do sol são elípticas.
- (b) No modelo de Copérnico as trajetórias dos planetas eram elípticas, enquanto no de Kepler as trajetórias eram circulares. Como sabemos hoje, as trajetórias dos planetas ao redor do sol são elípticas.
- (c) A terceira lei de Kepler é a lei das órbitas.
- (d) Copérnico acreditava que o movimento no céu era circular e uniforme. A 3ª lei de Kepler nos mostra que o movimento dos planetas ao redor do Sol é variado.
- (e) No modelo de Kepler a terra era o centro do universo e estava imóvel no centro.

**Exercício 8.** (Udesc) Analise as proposições a seguir sobre as principais características dos modelos de sistemas astronômicos.

- I. Sistema dos gregos: a Terra, os planetas, o Sol e as estrelas estavam incrustadas em esferas que giravam em torno da Lua.
- II. Ptolomeu supunha que a Terra se encontrava no centro do Universo e os planetas moviam-se em círculos, denominados epiciclos, que por sua vez giravam em torno da Terra, o deferente.
- III. Copérnico defendia a ideia de que o Sol estava em repouso no centro do sistema e que os planetas (inclusive a Terra) giravam em torno dele em órbitas circulares.

IV. Kepler defendia a ideia de que os planetas giravam em torno do Sol, descrevendo trajetórias elípticas, e o Sol estava situado em um dos focos dessas elipses.

- (a) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- (b) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- (c) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- (d) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- (e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

**Exercício 9.** (Unir-RO) Em 1609, Galileu Galilei, pela primeira vez na história, apontou um telescópio para o céu. Em comemoração aos quatrocentos anos desse feito, o ano de 2009 foi considerado pela ONU o Ano Internacional da Astronomia. Entre suas importantes observações astronômicas, Galileu descobriu que o planeta Júpiter tem satélites. Qual a importância histórica dessa descoberta?

- (a) Comprovou a veracidade da Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton.
- (b) Permitiu a Johannes Kepler formular suas leis da mecânica celeste.
- (c) Existem corpos esféricos maiores que o Planeta Terra, o que implica que a Terra não é o único corpo sólido do Universo.
- (d) Mostrou que as Leis de Newton são válidas também para a interação gravitacional.
- (e) Existem corpos celestes que não orbitam a Terra, o que implica que a Terra poderia não ser o centro do Universo.

**Exercício 10.** Marque a alternativa correta a respeito do modelo astronômico proposto por Cláudio Ptolomeu.

- (a) O modelo ptolomaico propunha que o Sol girava ao redor da Terra e todos os outros planetas giravam ao redor do Sol.
- (b) Nicolau Copérnico no século XVI propôs que a Terra era o centro do sistema planetário, proposta que era contrária à de Ptolomeu.
- (c) O sistema planetário proposto por Ptolomeu trazia a ideia de que a Terra era o centro do Universo e os demais astros giravam ao seu redor com epiciclos e deferentes.
- (d) A proposta de Ptolomeu era a de um universo simples, por isso, o Sol deveria ser o centro e os demais planetas girariam ao seu redor.
- (e) O modelo planetário proposto por Ptolomeu não foi aceito por muito tempo porque confrontava as ideias da Igreja.

**Exercício 11.** (UEPB) O astrônomo alemão J. Kepler (1571-1630), adepto do sistema heliocêntrico, desenvolveu um trabalho de grande vulto, aperfeiçoando as ideias de Copérnico. Em consequência, ele conseguiu estabelecer três leis sobre o movimento dos planetas, que permitiram um grande avanço no estudo da astronomia. Um estudante ao ter tomado conhecimento das leis de Kepler concluiu, segundo as proposições a seguir, que:

- I. Para a primeira lei de Kepler (lei das órbitas), os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do sol. O sol ocupa um dos focos.
- II. Para a segunda lei de Kepler (lei das áreas), a velocidade de um planeta é maior quando ele está no periélio.
- III. Para a terceira lei de Kepler (lei dos períodos), o período orbital (ano) de um planeta em torno do sol, é tanto maior quanto maior for sua distância do sol.

Com base na análise feita, assinale a alternativa correta:

- (a) apenas as proposições II e III são verdadeiras
- (b) todas as alternativas estão corretas
- (c) apenas a proposição III é verdadeira
- (d) apenas as proposições I e II são verdadeiras
- (e) apenas a proposição II é verdadeira

**Exercício 12.** (FUVEST SP/1995)

A melhor explicação para o fato de a Lua não cair sobre a Terra é que:

- (a) a gravidade terrestre não chega até a Lua.
- (b) a Lua gira em torno da Terra.
- (c) a Terra gira em torno do seu eixo.
- (d) a Lua também é atraída pelo Sol.
- (e) a gravidade da Lua é menor que a da Terra.

**Exercício 13.** (PUC MG/2006)

Leia as informações abaixo.

I.A galáxia Andrômeda exerce uma força sobre a Via Láctea.

II.O Sol exerce uma força sobre a Terra.

III.A Terra exerce uma força sobre o homem.

Assinale a alternativa que se refere à natureza das forças mencionadas nas três situações.

- (a) de contato.
- (b) elétrica.
- (c) nuclear.
- (d) gravitacional.
- (e) NDA

**Exercício 14.** (UFMG PB/2009)**DADOS**

Pressão Atmosférica	$1,0 \times 10^5$ Pa
Densidade da Água	$1,0 \times 10^3$ kg/m <sup>3</sup>
Accleração da Gravidade :	10 m/s <sup>2</sup>
Massa da Terra	$6,0 \times 10^{24}$ kg
Distância média Terra - Sol	$1,5 \times 10^{11}$ m
Constante Gravitacional	$7,0 \times 10^{-11}$ N.m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
$\pi$	3
Velocidade da luz no vácuo	$3,0 \times 10^8$ m/s
Velocidade do som no ar	$3,4 \times 10^2$ m/s

Leia o texto que se segue:

“No dia 7 de janeiro de 1610, Galileu observou um fato espantoso. Viu, próximo a Júpiter, três minúsculas estrelas alinhadas com o equador de Júpiter, duas a leste e uma a oeste. Nas noites seguintes, ele observou o planeta com grande atenção. Como Júpiter se move contra o fundo de estrelas, Galileu supunha que as estrelinhas que ele avistara ficariam para trás. Mas, em 15 de janeiro, suas observações deixaram claro que estava acontecendo coisa diferente. Aquelas pequenas estrelas acompanhavam Júpiter, e apareciam em números diferentes ora de um lado, ora de outro. Em 13 de fevereiro, Galileu viu quatro estrelinhas pela primeira vez, três a oeste e uma a leste.

Convenceu-se então de que não eram estrelas, mas luas. Orbitavam Júpiter como a nossa Lua orbita a Terra — ou, como ele disse, do mesmo modo que Vênus e Mercúrio orbitam o Sol.”

*MACLACHLAN, James. Galileu Galilei: o primeiro físico*

*São Paulo: Companhia das Letras, 2008, p98.*

As observações astronômicas de Galileu, narradas no texto, muito contribuíram para a construção do conhecimento físico a respeito do Universo. Das afirmativas seguintes, a ÚNICA que NÃO está de acordo com o desenrolar desse relato é:

- as observações poderiam testemunhar a favor das ideias de Copérnico.
- o estudo das “luas de Júpiter” permitiu a Kepler enunciar suas leis da cinemática do Sistema Solar.
- as observações contrariaram a visão de mundo aristotélica.

- (d) embora Galileu, usando seu telescópio, mostrasse as “luas de Júpiter”, muitos estudiosos foram incapazes de enxergá-las.
- (e) Kepler confirmou as descobertas de Galileu, observando, ele mesmo, as “luas de Júpiter”.

**Exercício 15.** (UFG GO/2008) Considere que a Estação Espacial Internacional, de massa  $M$ , descreve uma órbita elíptica estável em torno da Terra, com um período de revolução  $T$  e raio médio  $R$  da órbita. Nesse movimento,

- (a) o período depende de sua massa.
- (b) a razão entre o cubo do seu período e o quadrado do raio médio da órbita é uma constante de movimento.
- (c) o módulo de sua velocidade é constante em sua órbita.
- (d) a energia mecânica total deve ser positiva.
- (e) a energia cinética é máxima no perigeu.

**Exercício 16.** (UFSCar SP/2008)

Leia a tirinha.



(*Toda Mafalda*, Quino. Adaptado.)

Não é difícil imaginar que Manolito desconheça a relação entre a força da gravidade e a forma de nosso planeta. Brillantemente traduzida pela expressão criada por Newton, conhecida como a lei de gravitação universal, esta lei é por alguns aclamada como a quarta lei de Newton. De sua apreciação, é correto entender que:

- (a) em problemas que envolvem a atração gravitacional de corpos sobre o planeta Terra, a constante de gravitação universal, inserida na expressão newtoniana da lei de gravitação, é chamada de aceleração da gravidade.
- (b) é o planeta que atrai os objetos sobre sua superfície e não o contrário, uma vez que a massa da Terra supera muitas vezes a massa de qualquer corpo que se encontre sobre sua superfície.
- (c) o que caracteriza o movimento orbital de um satélite terrestre é seu distanciamento do planeta Terra, longe o suficiente para que o satélite esteja fora do alcance da força gravitacional do planeta.
- (d) a força gravitacional entre dois corpos diminui linearmente conforme é aumentada a distância que separa esses dois corpos.
- (e) aqui na Terra, o peso de um corpo é o resultado da interação atrativa entre o corpo e o planeta e depende diretamente das massas do corpo e da Terra.

**Exercício 17.** (UDESC/2013) Analise as proposições sobre o planeta Mercúrio, com base nas três leis de Kepler.

- I.A órbita de Mercúrio é circular, com o Sol localizado no centro da circunferência.
- II.A magnitude da velocidade de translação de Mercúrio varia ao longo de sua trajetória.
- III.A magnitude da velocidade de translação de Mercúrio é constante em toda a sua trajetória.
- IV.O período de translação de Mercúrio independe do raio de sua órbita circular.

Assinale a alternativa correta

- (a) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- (b) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- (c) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- (d) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- (e) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.

**Exercício 18.** (UFSCar SP/2015) A Lua dá uma volta em torno da Terra a cada 29,5 dias. Como sua órbita não é realizada em uma circunferência perfeita, em alguns momentos ela encontra-se mais afastada da Terra e, em outros, mais próxima. O ponto de maior afastamento da Lua em relação à Terra é o apogeu, e o de maior aproximação, o perigeu da órbita. No último mês de agosto, pôde-se observar no céu a chamada SUPERLUA cheia. Esse fenômeno ocorre quando a Lua entra na fase cheia no mesmo dia em que se encontra no perigeu.



Google imagem

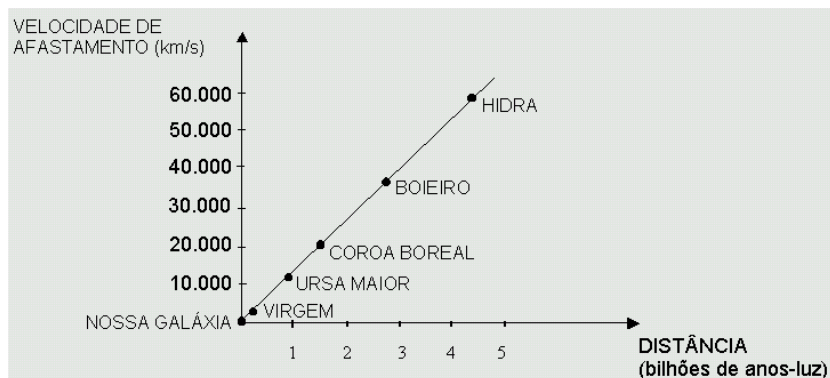
Essas duas coincidências fizeram a lua brilhar mais, aparentar ser maior que o normal e

- (a) o Sol encontrava-se entre a Terra e a Lua.
- (b) a Lua encontrava-se entre a Terra e o Sol.
- (c) a Terra encontrava-se entre a Lua e o Sol.
- (d) a Terra, a Lua e o Sol encontravam-se nos vértices de um triângulo retângulo.
- (e) a Terra, a Lua e o Sol encontravam-se nos vértices de um triângulo equilátero.

**Exercício 19.** (UFRN/1999) A Lei de Hubble fornece uma relação entre a velocidade com que certa galáxia se afasta da Terra e a distância dela à Terra. Em primeira aproximação, essa relação é linear e está mostrada na figura abaixo, que apresenta dados de seis galáxias: a nossa,



Via Láctea, na origem, e outras ali nomeadas. (No gráfico, um ano-luz é a distância percorrida pela luz, no vácuo, em um ano.)



Da análise do gráfico, conclui-se que:

- (a) Quanto mais distante a galáxia estiver da Terra, maior a velocidade com que ela se afasta da Terra.
- (b) Quanto mais próxima a galáxia estiver da Terra, maior a velocidade com que ela se afasta da Terra.
- (c) Quanto mais distante a galáxia estiver da Terra, menor a velocidade com que ela se afasta da Terra.
- (d) Não existe relação de proporcionalidade entre as distâncias das galáxias à Terra e as velocidades com que elas se afastam da Terra.

**Exercício 20.** (FMTM MG/2005) Em seu livro intitulado *Harmonis Mundi* (1619), Kepler, considerado pai da mecânica celeste, publica a terceira lei do movimento planetário. A respeito desta e das outras leis, analise:

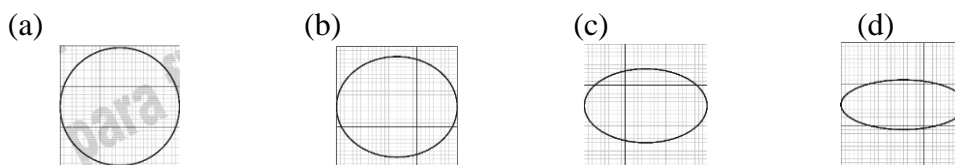
- I. Os planetas mais próximos do Sol completam a sua revolução num tempo menor que os mais distantes;
- II. O Sol ocupa o centro da trajetória elíptica descrita pelo planeta quando este completa seu período;
- III. O movimento de translação é variado, isto é, pode ser acelerado e retardado, durante o trajeto do planeta.

Está correto o contido apenas em:

- (a) I.
- (b) II.
- (c) I e II.
- (d) I e III.
- (e) II e III.

**Exercício 21.** (UFRN/2006) A órbita da Terra em torno do Sol ocorre em um plano. Considere, na representação abaixo, que esse plano é o plano desta folha. Considere também que a distância entre a Terra e o Sol varia entre um mínimo de 147,1 milhões de quilômetros e um máximo de 152,1 milhões de quilômetros. Em cada opção de resposta abaixo, está representada uma possibilidade para aquela órbita. Nem o Sol nem a Terra estão indicados nas figuras, apenas a linha que representa tal órbita.

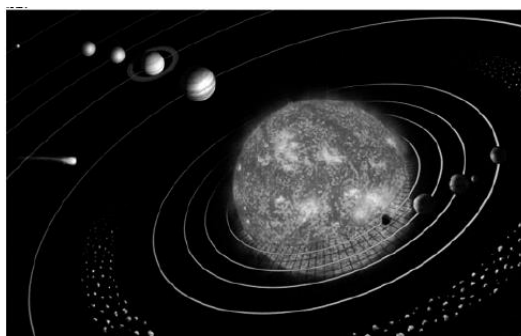
A opção que melhor representa a órbita da Terra em torno do Sol é:



**Exercício 22.** Qual são os nomes dos planetas do nosso sistema solar?

- (a) Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno
- (b) Terra, Saturno, Urano, Netuno, Plutão, Ceres, Vênus, Marte
- (c) Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno
- (d) Terra, Saturno, Urano, Netuno, Plutão, Mercúrio, Júpiter
- (e) Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, Plutão

**Exercício 23.** (UEPB/2009) Em 24 de agosto de 2006, sete astrônomos e historiadores reunidos na XXVI Assembleia Geral da União Astronômica Internacional (UAI), em Praga, República Tcheca, aprovaram a nova definição de planeta.



Visão panorâmica do Sistema Solar

Plutão foi reclassificado, passando a ser considerado um planeta-anão. Após essa assembleia o Sistema Solar, que possuía nove planetas passou a ter oito. (Adaptado de Mourão, R. R. Freitas. Plutão: planeta anão. Fonte: [www.scipione.com.br/mostra\\_artigos](http://www.scipione.com.br/mostra_artigos).)

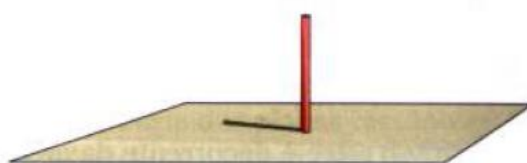
Acerca do assunto tratado no texto, tendo como base a história dos modelos cosmológicos (gravitação), assinale a alternativa correta.

- (a) A segunda Lei de Kepler assegura que o módulo da velocidade de translação de um planeta em torno do Sol é constante.
- (b) Copérnico afirma, em seu modelo, que os planetas giram ao redor do Sol descrevendo órbitas elípticas.
- (c) Segundo Newton e Kepler a força gravitacional entre os corpos é sempre atrativa.
- (d) Tanto Kepler como Newton afirmaram que a força gravitacional entre duas partículas é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao cubo da distância entre elas.
- (e) O modelo heliocêntrico de Ptolomeu supunha a Terra como o centro do Universo e que todos os demais astros, inclusive o Sol, giravam ao redor dela fixos em esferas invisíveis cujos centros coincidiam com a Terra.

**Exercício 24.** A rotação do Planeta Terra tem duração aproximadamente de:

- (a) 25 horas
- (b) 365 minutos 6 segundos
- (c) 24 horas
- (d) 365 dias e 6 horas
- (e) NDA

**Exercício 25.** (UFPel RS/2008) Em um determinado dia do ano uma experiência de observação de sombras é realizada por alunos de uma escola de Pelotas. Utiliza-se uma vareta de aproximadamente 30 cm, disposta verticalmente sobre uma folha de cartolina colocada no chão para marcação da sombra projetada ao longo do dia, como ilustra a figura. Durante a atividade a vareta e o papel permanecem imóveis.



Vareta, cartolina e papel utilizados para marcação da sombra.

Com base na experiência descrita é correto afirmar que

- (a) às 9 h a sombra será projetada para oeste e será maior do que ao meio-dia quando o sol estará próximo do zênite.
- (b) às 12 h a sombra será projetada para o norte, pois o sol estará ao sul do Trópico de Capricórnio.
- (c) às 15 h a sombra será projetada para o leste e será menor do que ao meio dia em função da rotação da Terra de oeste para leste.
- (d) em função de a cidade estar ao sul do Trópico de Capricórnio, não se observará sombra projetada para o sul.
- (e) quanto mais o sol se afasta do meridiano de Greenwich maior será a sombra projetada pela manhã.

**Exercício 26.** (UESPI/2011) Existem diversas expressões que são geralmente empregadas na relação Terra-Sol, tais como Afélio, Equinócios, Solstícios, Eclíptica, Periélio etc. Afélio é:

- (a) a parte do hemisfério sul que não fica iluminada durante o inverno.
- (b) o momento em que a Terra se afasta mais do Sol.
- (c) o tempo em que tem início a primavera no hemisfério norte.
- (d) a porção mais iluminada do Sol voltada à Terra.
- (e) o conjunto de explosões gigantescas que se verificam na coroa solar.

**Exercício 27.** (Mackenzie SP/2006)

	6/9	7/9	8/9	9/9	10/9
Nascente	06h12	06h11	06h10	06h09	06h08
Poente	17h58	17h58	17h58	17h59	17h59

<http://www4.climatempo.com.br/climatempo/efemeridesphp>, 06/09/2005

A respeito da região representada na tabela, é possível afirmar que:

- (a) está localizada no hemisfério norte.
- (b) está ocorrendo a proximidade do inverno.
- (c) ocorre a aproximação do equinócio.
- (d) se encontra a leste de Greenwich.
- (e) é uma região com alta latitude; portanto, de clima polar.

**Exercício 28.** (UEG GO/2011)

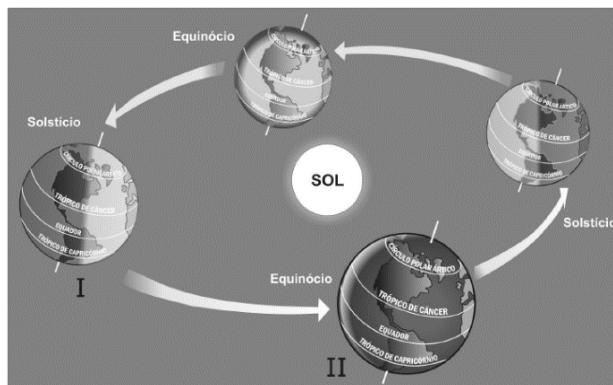
Sobre os movimentos do planeta Terra, é CORRETO afirmar:

- (a) equinócio corresponde ao momento em que os raios solares se encontram perpendicularmente à Linha do Equador, fazendo com que o dia e a noite apresentem a mesma duração nos hemisférios sul e norte.
- (b) afélio refere-se ao momento em que a Terra se encontra mais próxima do Sol, enquanto o periélio corresponde ao momento em que a Terra está mais afastada do Sol.
- (c) ao período em que os dias são mais curtos e frios no hemisfério sul, e mais longos e quentes no hemisfério norte, denomina-se de solstício de verão para o hemisfério sul.
- (d) solstício é o momento em que o planeta se encontra menos inclinado em seu eixo de rotação, em relação ao Sol.

**Exercício 29.** (ACAFE SC/1998) Sobre os movimentos da Terra, a alternativa **FALSA** é:

- (a) O tempo necessário para a Terra completar o movimento de translação é de 365 dias, 5 horas e cerca de 48 minutos.
- (b) Os diferentes horários da Terra são consequência do movimento de rotação.
- (c) O movimento de rotação é o giro da Terra ao redor de seu próprio eixo.
- (d) A velocidade média da Terra ao redor do Sol é de 106.920 km por hora.
- (e) Os dias e as noites são consequência do movimento de translação.

**Exercício 30.** (UCS RS/2011) À medida que a Terra vai realizando o movimento de translação, ela ocupa diferentes posições, o que faz com que a incidência dos raios solares não seja a mesma na superfície do planeta, no decorrer do ano. Observando a representação do movimento de translação e as estações do ano, na figura ao lado, identifique e relacione os desenhos I e II, respectivamente, às estações do ano, no Hemisfério Sul.



(Fonte: LUCCHI, E. A.; BRANCO, A. L. *O universo, o sistema solar e a terra: descobrindo as fronteiras do universo*. São Paulo: Atual, 2006. p. 31.)

- (a) inverno, primavera
- (b) verão, outono
- (c) outono, primavera
- (d) inverno, outono
- (e) verão, inverno

**Exercício 31.** (UFRN/2012) Quando os raios solares atingirem verticalmente o Trópico de Capricórnio, iluminando com mais intensidade o Hemisfério Sul, ocorrerá o dia mais longo e a noite mais curta do ano nesse hemisfério. Esse fenômeno é conhecido como

- (a) Equinócio de Primavera.
- (b) Solstício de Verão.
- (c) Equinócio de Outono.
- (d) Solstício de Inverno.
- (e) NDA

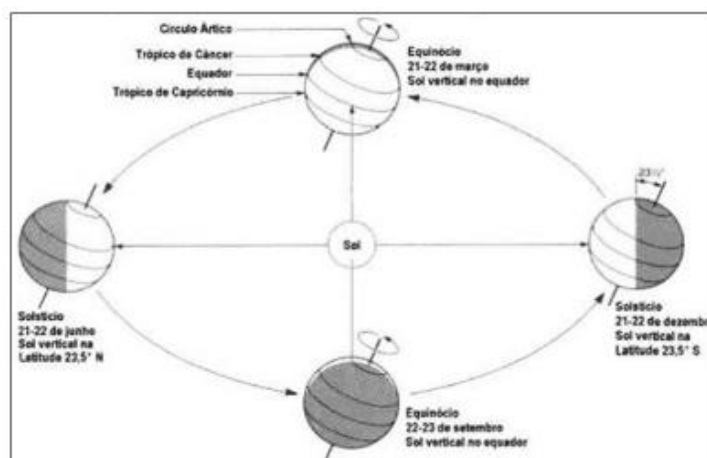
**Exercício 32.** (UFGD MS/2007) O movimento da terra em torno sol provoca fenômenos como

- (a) quatro estações definidas em todo o globo terrestre;
- (b) duas estações em regiões de clima temperado e quatro estações em regiões equatoriais;
- (c) equinócio de inverno equinócio de verão;
- (d) solstício de inverno, em março, e solstício de verão, em setembro, no hemisfério sul;
- (e) solstício de verão, em dezembro, e solstício de inverno, em junho, no hemisfério sul, e equinócio em março e setembro.

**Exercício 33.** (PUC RS/2003) Quanto à incidência do Sol sobre a Terra, é correto afirmar que:

- (a) no Ártico, no solstício de verão no Hemisfério Norte, o Sol só estará a pino no dia 21 de junho, ocasião do fenômeno do Sol da Meia-Noite.
- (b) em Porto Alegre, a sombra de um indivíduo desaparecerá ao meio-dia solar, no momento dos equinócios.
- (c) na cidade de São Paulo, mais exatamente no local por onde passa o Trópico de Capricórnio, o Sol encontra-se a pino ao meio-dia, hora solar, no solstício de verão.
- (d) na Antártida, em nenhum momento haverá o Sol a pino ao meio-dia, em função da elevada altitude.
- (e) o Sol estará a pino somente uma vez ao ano nas cidades localizadas entre os trópicos.

**Exercício 34.** A Terra é inclinada em relação ao plano da sua órbita ao redor do Sol e no seu próprio eixo. Essa inclinação, somada ao movimento de translação, é responsável pela formação das estações do ano, como demonstra a figura abaixo:



- (a) 21 e 22 de dezembro, como o hemisfério sul está recebendo os raios solares perpendicularmente ao Trópico de Capricórnio, e o centro do hemisfério está voltado para o Sol, a estação do ano que ocorre no hemisfério sul é o inverno.
- (b) 21 e 22 de junho, ocorre o solstício de verão no hemisfério sul e, no hemisfério norte, o solstício de inverno.
- (c) 21 e 22 de março, os raios solares incidem sobre a superfície da Terra perpendicularmente ao Equador, quando se inicia a primavera ou o outono, ou seja, ocorre concomitantemente o equinócio no hemisfério norte e sul.
- (d) 22 e 23 de setembro, ocorre o equinócio de primavera no hemisfério norte e, no hemisfério sul, o equinócio de outono.
- (e) NDA

**Exercício 35.** A relação Sol-Terra faz com que em qualquer lugar do planeta existam diferenças no tempo atmosférico. Essas diferenças têm origem em dois fatores principais, que são os movimentos de rotação e de translação. Analise as alternativas a seguir e identifique a **INCORRETA** no que se refere a influência desses movimentos no tempo atmosférico e climas da Terra.

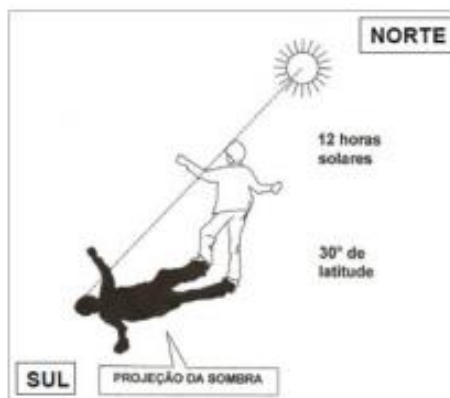
- (a) É o movimento de rotação que determina os ciclos da produção agrícola e, portanto, indica quando plantar, quando colher, quando guardar e quando descansar.
- (b) O movimento de translação, combinado com a inclinação do eixo da Terra sempre no mesmo ângulo, faz com que os hemisférios Norte e Sul sejam expostos alternadamente de forma diferente à luz, proporcionando assim as estações do ano.
- (c) Se a Terra não tivesse o movimento de rotação, a face iluminada seria tórrida e a face escura gelada sendo impossível a vida no planeta.
- (d) O movimento de translação é que determina a duração do fotoperíodo diário, sendo que, para o hemisfério Sul, a maior duração do dia iluminado ocorre em 22 de dezembro, quando inicia o verão.
- (e) O movimento de rotação é o responsável pela exposição do planeta à luz solar, fazendo com que haja certo equilíbrio em relação à temperatura, pois gera os dias e noites.

**Exercício 36.** Sobre o movimento de rotação, pode-se afirmar que:

- I. consiste na volta que a terra dá em torno do seu próprio eixo (de si mesma) e é realizado de oeste para leste;
  - II. tem duração de aproximadamente 24 horas e é responsável pela incidência da luz solar por todo o Equador;
  - III. é responsável pela alternância entre os dias e as noites.
- Assinale a alternativa correta:

- (a) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- (b) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- (c) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- (d) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- (e) Todas são verdadeiras

**Exercício 37.** Levando em consideração o horário, a posição do sol, a posição da sombra e a latitude, é possível concluir que o menino do desenho se encontra no Hemisfério \_\_\_\_\_, pois \_\_\_\_\_.






- (a) Norte – o sol encontra-se ao norte, posição permanente, nesse horário, nos equinócios.
- (b) Sul – a sombra, nesse horário, está ao sul, local de entrada de luminosidade em todas as estações do ano.
- (c) Norte – o sol encontra-se ao norte, lugar de entrada da luminosidade no verão.
- (d) Sul – o sol encontra-se ao norte, lugar de entrada de maior luminosidade, em todas as estações do ano.
- (e) Norte – a sombra encontra-se ao norte, lugar de entrada de maior luminosidade em todas as estações do ano.

**Exercício 38.** Vários estudantes viajaram para o Hemisfério Norte, mais especificamente para a Europa Ocidental. Passaram alguns meses, em grupo, estudando numa determinada universidade europeia, e constataram que naquela parte do planeta a duração dos dias e das noites era muito diferente da que se observava em Alagoas. O que justifica essa diferença?

- (a) O Hemisfério Norte recebe sempre mais insolação que o Hemisfério Sul.
- (b) O Hemisfério Sul, onde se situa o Estado de Alagoas, possui mais águas do que continentes
- (c) A Europa tem relevo mais elevado do que as terras do Hemisfério Sul.
- (d) O movimento de translação da Terra e a inclinação do eixo terrestre justificam a desigualdade de duração dos dias e das noites.
- (e) A desigualdade de duração dos dias e das noites é mais pronunciada durante os equinócios; o grupo de estudantes chegou àquele continente numa época equinocial.



					
<b>ANEXO II</b>		Data: / /	Classe:		Nota:
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima			
Roteiro - O céu noturno					
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	

### Roteiro 1 – O céu noturno

**Objetivo:** Entender o movimento aparente do céu noturno

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Data Show; Computador; Planetário de código aberto Stellarium;

**Atividade Experimental:** Construir um astrolábio (quadrante) e medir a posição angular do astro.

#### Abordagem inicial: Questões Problematicadoras.

1. Quantas estrelas são possíveis enxergar durante a noite?
2. Por que o céu noturno do simulador é diferente do céu noturno real observado? Por que no simulador há tantas estrelas?
3. Construir um astrolábio e medir a posição das estrelas.

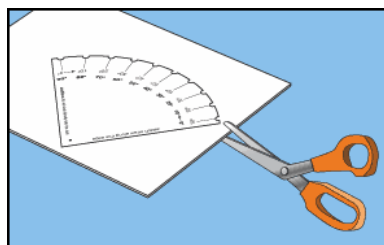
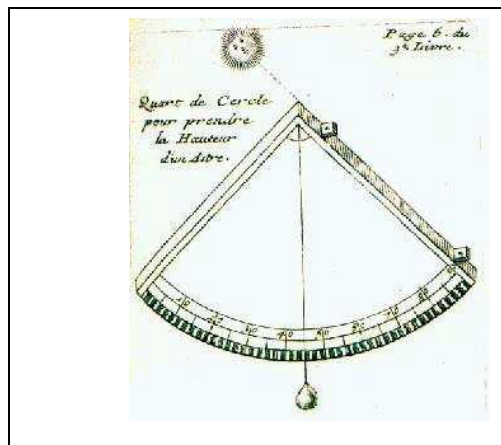
#### Introdução

Desde a antiguidade, o movimento aparente dos astros no céu era percebido. A fim de se conhecer com maior precisão, ou prever em épocas futuras, as posições desses astros, alguns instrumentos foram desenvolvidos. Um dos principais, e mais utilizados na história, foi o quadrante. O quadrante é um instrumento que permite a determinação da altura de um astro, ou seja, o ângulo entre a sua posição e o plano do horizonte. A construção do quadrante é bastante simples. Duas hastes retas, perpendiculares entre si, formam um ângulo de 90 graus que é subdividido. No vértice do quadrante é preso um pêndulo (prumo) livre que, devido ao peso preso em sua outra extremidade e a gravidade da Terra, aponta pra baixo perpendicular ao plano do horizonte.

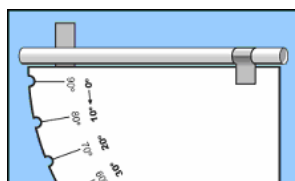
O observador deve então alinhar a sua linha de visada com uma das duas hastes do quadrante, e apontá-la na direção do objeto a ser medido. A altura é, então, determinada pela posição do pêndulo na escala de ângulo do quadrante.

### Material necessário para grupo de 4 alunos:

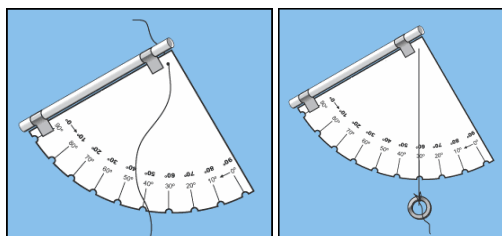
Cartolina (metade)  
 Quadrante impresso  
 Cola  
 Fita adesiva  
 Tesoura  
 Barbante (50cm)  
 1 Canudo de plástico reto  
 Pequeno peso (porca de parafuso, por exemplo)  
 Recorte a figura 2 e cole numa cartolina



Depois, cole o quadrante em um pedaço de cartolina para que fique mais rígido, e recorte o quadrante colado à cartolina. Depois prenda um canudo reto em uma das laterais com fita adesiva.



Finalmente, perfure o papel no ponto preto marcado, e o atravesse com um fio de linha ou barbante. Na outra extremidade, prenda um pequeno peso.



### Medindo a altura das estrelas

1. Escolha a estrela de referência. Escolha uma estrela bem brilhante. Observe se a estrela está na direção Norte, Sul, Leste ou Oeste



2. Anote o horário da observação e o valor da altura medido, na tabela a seguir. Repita o processo duas vezes na noite, durante um intervalo de cerca de 30 minutos, anotando todas as medidas e seus respectivos horários

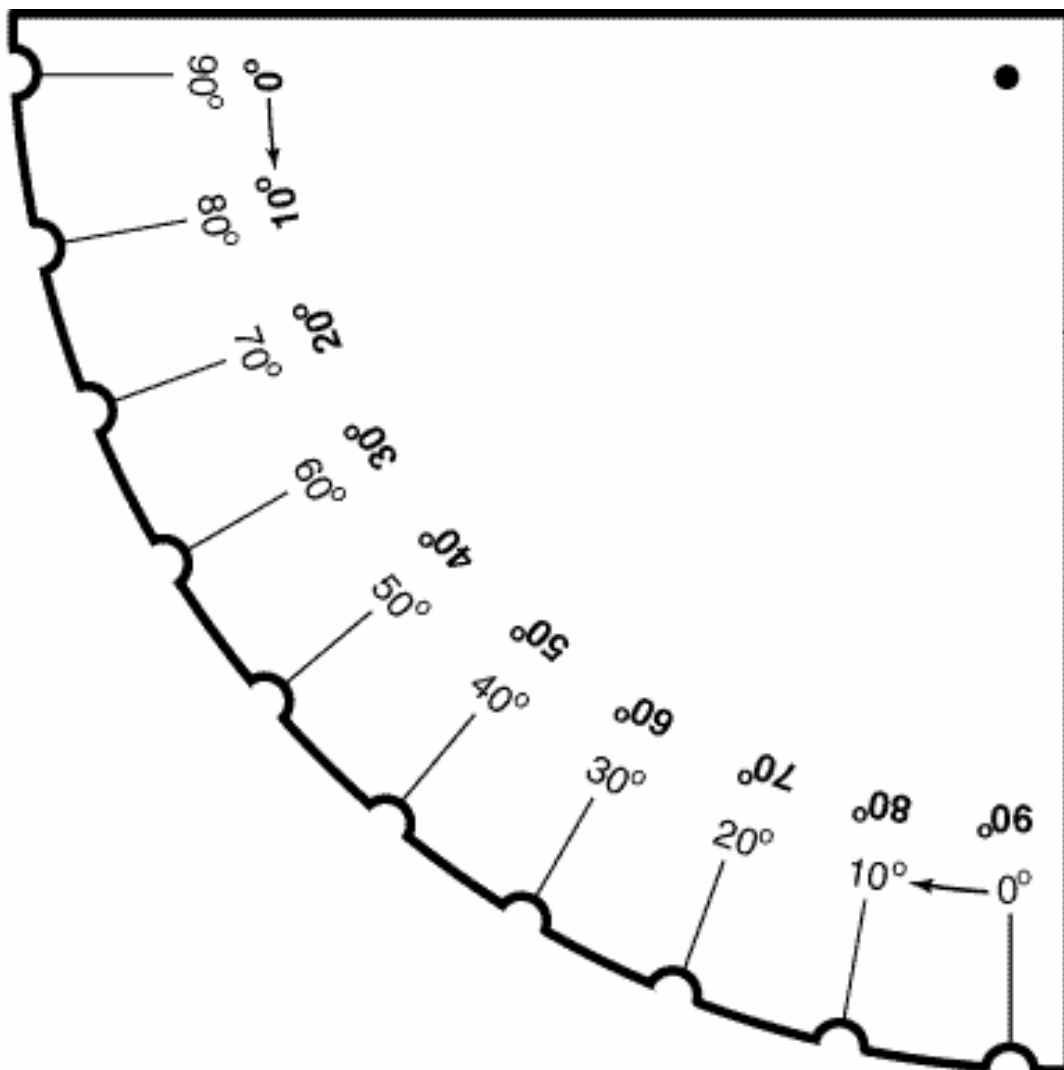
ESTRELA	HORÁRIO 1	ALTURA	HORÁRIO 2	ALTURA

Responda:

1. A altura das estrelas variou com tempo? Explique.
2. Em que sentido se deu o movimento das estrelas? Explique a origem desse movimento.

## MONTAGEM

Na figura abaixo damos um modelo de quadrante. Você pode imprimir essa página e recortar o desenho do quadrante.



Fonte: Professor Diego A. Falceta Gonçalves

<https://astronomiaterraouniverso.wordpress.com/2017/10/13/astrolabio-atividade-pratica-para-o-ensino-de-astronomia/>




## Referências

CDCC- <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/ensino-fundamental-astronomia/parte1b.html>

Stellarium <http://stellarium.org/pt/>.

Nasa's Eyes- <https://eyes.nasa.gov/>

Astrolábio- [http://cse.ssl.berkeley.edu/AtHomeAstronomy/activity\\_07.html](http://cse.ssl.berkeley.edu/AtHomeAstronomy/activity_07.html).

					
<b>ANEXO III</b>		Data: / /	Classe:		Nota:
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima			
<b>Roteiro - Sistema Solar</b>					
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	

### Roteiro 2 - Sistema Solar

**Objetivo:** Entender a composição do Sistema Solar

**Duração:** 4 aulas

**Material:** Planetário de código aberto Stellarium; App Nasa's Eyes

**Atividade Experimental:** Desenhar o sistema solar em escala.

**Abordagem inicial: Representação sistema Solar.**

1. Faça um desenho do Sistema Solar (desenho livre)

**Após discussão fenomenológica:**

Construir o Sistema Solar em Escala utilizando 4 folhas de sulfite A4 coladas em seu comprimento, uma atrás da outra. Conforme figura abaixo:

Folha de sulfite 1	Folha de sulfite 2	Folha de sulfite 3	Folha de sulfite 4
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Utilizar as dimensões de diâmetro do astro e distância em relação ao sol conforme tabela abaixo:

Astro	Sol	Marcúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno	Plutão
Diâmetro	20cm	0,6mm	2mm	2mm	1mm	2cm	1,7mm	7mm	7mm	0,4mm
Distância	-	1cm	1,6cm	2,4cm	3,5cm	12cm	22cm	44cm	69cm	90cm

2. Colorir os astros de acordo com as imagens reais dos planetas.
3. Escrever na folha sistema solar em escala na parte superior colorido.
4. Escrever os nomes dos astros e registrar embaixo algumas características: Temperatura, ano, dia, composição química, rochoso, etc.

### Referências




UFRGS- <http://astro.if.ufrgs.br/ssolar.htm>

CDCC- <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/sistema-solar/index.html>

Stellarium- <http://stellarium.org/pt/>

Nasa's Eyes- <https://eyes.nasa.gov/>

Oficina de Astronomia- <http://www.oba.org.br/cursos/astronomia/>

					
<b>ANEXO IV</b>		Data: / /	Classe:	Nota:	
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima			
<b>Roteiro - Modelo Geocêntrico</b>					
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	

### Roteiro 3 - Modelo Geocêntrico

**Objetivo:** Entender os modelos de mundo da antiguidade

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Planetário de código aberto Stellarium; Nasa's Eyes (exoplanetas)

**Atividade Experimental:** Identificar e coletar imagens de um dos cinco astros errantes.

#### Abordagem inicial: Observação do Céu noturno

1. Passar os vídeos  
<https://tv escola.org.br/tve/video/abc-da-astronomia-planet as>  
<https://www.youtube.com/watch?v=TFaP2kiCytw>
2. Quais eram os cinco planetas conhecidos desde a antiguidade?
3. Como eles sabiam de sua existência?

#### Após discussão fenomenológica

1. Desenhar o modelo de mundo de Aristóteles
2. Quais são os astros errantes? Por que eles tinham esse nome?
3. Qual é a relação deles com os dias da semana?
4. Quais são as características para que um astro seja considerado planeta?
5. Por que plutão não é mais planeta?
6. O que são exoplanetas?




**Atividade experimental: Identificar os planetas errantes no Stellarium e fotografar.**

#### Referências

Movimento dos Planetas- <http://astro.if.ufrgs.br/p1/p1.htm>

Stellarium- <http://stellarium.org/pt/>

Nasa's Eyes- <https://eyes.nasa.gov/>

					
<b>ANEXO V</b>		Data: / /	Classe:		Nota:
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima			
<b>Roteiro - Experimento de Eratóstenes</b>					
Nome:				N <sup>o</sup>	
Nome:				N <sup>o</sup>	
Nome:				N <sup>o</sup>	
Nome:				N <sup>o</sup>	

#### Roteiro 4 - Experimento de Eratóstenes

**Objetivo:** Entender o experimento de Eratóstenes

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Vídeo série Cosmos de Carl Sagan

**Atividade Experimental:** Medir a sombra projetada numa vareta ao meio dia local.

Apresentação do vídeo da série Cosmos de Carl Sagan:

“Eratóstenes e a circunferência da Terra.”

<https://www.youtube.com/watch?v=fu9Z7YuXLVE&t=3s>

#### Questões problematizadoras

- Em que época viveu Eratóstenes?
- Como Eratóstenes conseguiu medir a comprimento da terra?

#### Atividade

- Sabendo que a distância entre as duas cidades é de aproximadamente 800 km e que a sombra projetada na vareta vale  $7,2^\circ$ . Calcule o comprimento da terra (figura23).
- Sabendo que o comprimento de uma circunferência é dado por  $C = 2\pi R$  calcule o raio aproximado da terra.

#### Referências




Planetário di Milano-

<https://docs.google.com/file/d/0B5Hi5Hcs2AHQ21UX1N0dERZaWM/view>

Projeto Eratóstenes Brasil - <https://sites.google.com/site/projetoerato/>

Eratóstenes e a medida do diâmetro da terra-

[https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem2\\_2002/940298\\_AndreVinagre\\_Eratostenes.pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2002/940298_AndreVinagre_Eratostenes.pdf)

 <b>MNPEF</b> Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física		 <b>SBF</b> SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA	
<b>ANEXO VI</b>	Data: / /	Classe:	Nota:
Disciplina: FÍSICA	Professor: Carlos Lima		
<b>Roteiro – Modelo Geocêntrico de Claudius Ptolomeu</b>			
Nome:			Nº
Nome:			Nº
Nome:			Nº
Nome:			Nº

### Roteiro 5 - Modelo Geocêntrico de Claudius Ptolomeu

**Objetivo:** Entender o epiciclo e o deferente

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Simuladores da UNL-NAAP

**Atividade Experimental:** Observar o movimento retrógrado dos planetas Vênus, Marte, Júpiter e Saturno no applet Sistema Ptolomaico do NAAP LABS. Desenhar o movimento retrógrado de Marte visto da Terra com o epiciclo e o deferente.

#### Atividade

- Utilizar o Stellarium para mostrar o movimento retrógrado do planeta Marte
- Desenhar o movimento retrógrado do planeta Marte. Mostrar o epiciclo, deferente e equante.

#### Referência

O céu da semana - <https://www.youtube.com/watch?v=7rTgNnIh57g>

Equante-epiciclo-deferente <https://www.youtube.com/watch?v=Plxed3JVOnI>

Movimento retrógrado de todos os planetas



<https://www.youtube.com/watch?v=EpSy0Lkm3zM>

Simulador Sistema Ptolomaico <http://astro.unl.edu/naap/ssm/animations/ptolemaic.html>

Stellarium - <http://stellarium.org/pt/>

Movimento retrógrado de Marte <https://www.youtube.com/watch?v=1nVSzzYcAYk>



<b>MNPEF</b> Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física		 SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA	
<b>ANEXO VII</b>	Data: / /	Classe:	Nota:
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima	
<b>Roteiro – Modelo heliocêntrico de Nicolau Copérnico</b>			
Nome:		Nº	
Nome:		Nº	
Nome:		Nº	
Nome:		Nº	

### Roteiro 6 - Modelo Heliocêntrico de Nicolau Copérnico

**Objetivo:** Entender o processo de construção do conhecimento humano

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Leitura paradidática. Recortes dos livros “Dança do Universo” de Marcelo Gleiser e “Astronomia e Astrofísica” de Kepler de Souza.

**Atividade:** Assistir o vídeo: ABC da Astronomia - Heliocentrismo  
<https://www.youtube.com/watch?v=ZzSEIdjwOE4>

#### Questões

- Por que o modelo geocêntrico durou tantos anos?
- Por que o modelo de Aristóteles precisou ser alterado por Claudius Ptolomeu?
- Por que o modelo de Aristarco não obteve sucesso na antiguidade?
- Você acreditaria no modelo de Copérnico se fosse contemporâneo a ele?
- Faça um desenho do modelo de Copérnico.




#### Referências

Cosmologia Antiga ANO 2008/39. CDCC - <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/sessao-astronomia/>

O Universo: Teorias Sobre Sua Origem e Evolução- [http://www.ghhc.usp.br/Universo/Por que o Geocentrismo Prevaleceu?](http://www.ghhc.usp.br/Universo/Por%20que%20o%20Geocentrismo%20Prevaleceu?)

[https://social.stoa.usp.br/articles/0041/0589/3\\_-\\_Antiguidade\\_Classica\\_-\\_Hiparco\\_e\\_Ptolomeu.pdf](https://social.stoa.usp.br/articles/0041/0589/3_-_Antiguidade_Classica_-_Hiparco_e_Ptolomeu.pdf)

O Universo- <http://www.ghhc.usp.br/Universo/>

					
<b>ANEXO VIII</b>		Data: / /	Classe:		Nota:
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima			
<b>Roteiro – Galileu Galilei</b>					
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	

### Roteiro 7 - Galileu Galilei

**Objetivo:** Entender a importância das descobertas de Galileu.

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Dois rolos de papelão (papel alumínio e papel toalha. Duas lentes de tamanhos diferentes. Uma grande e outra pequena.

**Atividade Experimental:** Construir um telescópio caseiro.

**Assistir o vídeo: O céu da semana**

<https://www.youtube.com/watch?v=V-v6vPuUO80>




### Questões problematizadoras

- Quais foram as descobertas feitas por Galileu ao apontar seu telescópio para o céu?
- Como o modelo heliocêntrico conseguia explicar com mais simplicidade o movimento retrógrado dos planetas? Acessar o applet “Movimento retrógrado”  
<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/retrograde.html>
- Por que os planetas Mercúrio e Vênus sempre eram vistos perto do Sol? E os planetas Marte, Júpiter e Saturno, distantes do Sol?
- Por que foi importante perceber que Vênus tinha fases? Acessar  
<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/venusphases.html>.

### Referência

Oficina de Astronomia p.09

[http://www.cienciamao.usp.br/dados/tne/\\_oficinadeastronomia.arquivoempdf.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/tne/_oficinadeastronomia.arquivoempdf.pdf)

					
<b>ANEXO IX</b>		Data: / /	Classe:		Nota:
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima			
<b>Roteiro – Leis de Kepler</b>					
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	

### Roteiro 8 - Leis de Kepler

**Objetivo:** Entender as três leis de Kepler

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Duas tachinhas, um metro de barbante,

**Atividade Experimental:** Construir uma elipse com o método do jardineiro.

**Assistir ao vídeo ABC da Astronomia Kepler**

[https://www.youtube.com/watch?v=6jXN\\_1Xt20M](https://www.youtube.com/watch?v=6jXN_1Xt20M)

#### Questões

- Quais são as três leis de Kepler?
- O que é excentricidade de um astro?
- Construir órbita de um planeta hipotético de excentricidade 0,8.

#### Atividade




1. Construa uma elipse de excentricidade  $e=0,8$ . Distância entre os focos  $F=8,0$  cm e distância do eixo maior  $A=10$  cm.
  - a) Mostre os cálculos da excentricidade proposta.
  - b) Desenhe o sol no foco;
  - c) Desenhe o planeta;
  - d) Localize o periélio e o afélio;
  - e) Localize onde o planeta terá maior velocidade;
  - f) Pinte colorido com capricho.
2. O desenho da órbita feita refere-se a um planeta do nosso sistema solar? Explique.

#### Referências

Simulador UNL-NAAP <http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/kepler.html>.

Oficina de Astronomia p.65

[http://www.cienciamao.usp.br/dados/tne/\\_oficinadeastronomia.arquivoempdf.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/tne/_oficinadeastronomia.arquivoempdf.pdf)

					
<b>ANEXO X</b>		<b>Data:</b> / /	<b>Classe:</b>		<b>Nota:</b>
<b>Disciplina: FÍSICA</b>		<b>Professor: Carlos Lima</b>			
<b>Roteiro – Big Bang</b>					
<b>Nome:</b>				<b>Nº</b>	
<b>Nome:</b>				<b>Nº</b>	
<b>Nome:</b>				<b>Nº</b>	
<b>Nome:</b>				<b>Nº</b>	

### Roteiro 9 - O universo hoje: Big Bang

**Objetivo:** Entender a visão do Universo atual

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Folha do planisfério, tachinha e linha.

**Atividade Experimental:** Construir um planisfério e localizar as constelações de cruzeiro do sul e Órion.

#### Questões problematizadoras

Assistir o vídeo Big Bang

<https://www.youtube.com/watch?v=aYlMrwxNqHk>

ABC da Astronomia - <https://www.youtube.com/watch?v=CH24yfMrA94>

#### Questões

- O que diz a teoria do Big Bang?
- Qual é a lei de Hubble?
- Montar o planisfério
- Localizar a constelação do cruzeiro do sul e trazer o desenho.

#### Referências




Planisfério para o Brasil <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/planisferio/celeste/planisferio.html>

Planisfério OBA [https://sites.google.com/site/proflanghi/planisferio\\_oba](https://sites.google.com/site/proflanghi/planisferio_oba)

Planisfério

[http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob\\_arquivos/pasta\\_downloads/2009/materiais/pacoteplanisferio/Dicas\\_de\\_utiliza%C3%A7%C3%A3o\\_planisferio.pdf](http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/pasta_downloads/2009/materiais/pacoteplanisferio/Dicas_de_utiliza%C3%A7%C3%A3o_planisferio.pdf)

Universo Balão <http://astro.unl.edu/classaction/animations/cosmology/balloon.html>

					
<b>ANEXO XI</b>		Data: / /	Classe:		Nota:
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima			
<b>Roteiro – Movimentos da Terra</b>					
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	

### Roteiro 10 - Movimentos da Terra

Objetivo: Entender a alternância do dia e da noite

Duração: 2 aulas

Material: Applet da UNL-NAAP

<http://astro.unl.edu/naap/motion3/animations/siderealSolarTime.html>

Atividade Experimental: Utilizar uma bola de isopor para representar a Terra e simular o dia e a noite com uma lanterna.




**Questões problematizadoras. Os alunos devem dividir-se em grupos e fazer as simulações.**

- Colocar o simulador na posição de “Vernal Equinox”. Fazer o desenho das posições: Meio dia (noon); Meia Noite (midnight); nascer do Sol(sunrise); pôr do Sol(sunset).
- Para que lado a terra gira?
- O que acontece com a Terra com o passar dos meses? Acessar <http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/eclipticsimulator.html>
- Explique e rotação e translação da Terra? Qual é o período aproximado de cada um deles?
- Qual é a causa do dia e da noite?
- Assista o vídeo <https://tvescola.org.br/tve/video/abc-da-astronomia-noite> e responda: O que é o paradoxo de Olbers?

### Referências

Espaçonave Terra [https://www.youtube.com/watch?v=S\\_sZnWwUgyA](https://www.youtube.com/watch?v=S_sZnWwUgyA)

ABC da Astronomia [https://www.youtube.com/watch?v=DirKnUkq\\_FE](https://www.youtube.com/watch?v=DirKnUkq_FE)

					
ANEXO XII		Data: / /	Classe:	Nota:	
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima			
Roteiro – Estações do Ano					
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	

### Roteiro 11 - Estações do Ano

**Objetivo:** Entender a causa das estações do ano

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Applet da UNL-NAAP

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/eclipticsimulator.html>

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/horizon.html>

**Atividade Experimental:** Construir o Telúrio Sistema Terra-Sol-Lua.

### Questões problematizadoras

1. Qual é a causa das estações do ano? Explique.
2. O sol sempre nasce exatamente no ponto cardeal no Leste? Explique.

### Atividade: Explorar o Telúrio



1. Qual é a posição de solstício de verão no HN?
2. Qual é a posição de equinócio?
3. Coloque o observador às 6h00.
4. Coloque o observador às 18h00.
5. Coloque o observador na posição de meio dia e não haja radiação solar.
6. Coloque o observador no H.S exatamente onde o sol estará a pino?
7. Coloque na posição em que o sol nascerá exatamente no ponto cardeal leste.
8. Coloque na posição em que o sol nascerá deslocado totalmente para o norte.
9. Coloque na posição em que haverá 12h de luz solar e 12 horas de noite.

### Referências

Espaçonave Terra <https://www.youtube.com/watch?v=xCzImAvuXGE>

Estações do ano <https://www.youtube.com/watch?v=Qejc-mAObgw>

CDCC - <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/estacoes-do-ano/estacoes-do-ano.html>

<b>MNPEF</b> Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física		 SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA	
<b>ANEXO XIII</b>	Data: / /	Classe:	Nota:
Disciplina: FÍSICA	Professor: Carlos Lima		
<b>Roteiro – Fases da Lua</b>			
Nome:			Nº
Nome:			Nº
Nome:			Nº
Nome:			Nº

### Roteiro 12 - Fases da Lua

**Objetivo:** Entender as fases da Lua e seu movimento em torno da Terra

**Duração:** 4 aulas

**Material:** Applet da UNL-NAAP

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/lunarapplet.html>

PHET – Força Gravitacional

[https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_pt_BR.html)

**Atividade Experimental:** Construir um relógio de Sol.

### Questões problematizadoras

1. Quantas e quais são as fases da lua? Explique.
2. Por que a lua apresenta sempre a mesma face voltada para a terra? Explique.
3. Existe um lado escuro da lua? Explique.
4. A lua aparece de dia?
5. Se todas as coisas próximas a Terra caem. Por que a lua não cai? Explique.

Após o compartilhamento, utilizar a maquete funcional e o simulador da NAAP.

### Atividade com o Telúrio

1. Posicione a Lua em Nova
2. Posicione a Lua em Cheia
3. Qual é a fase da Lua que ela “aparecerá” no alto do céu ao meio dia?
4. Qual é a fase em que a Lua aparecerá alto no céu à 18h00?
5. Qual Lua aparecerá 7h00 da manhã?

### Referências

ABC da Astronomia - <https://www.youtube.com/watch?v=N2wTtaJEtNY>

ABC da Astronomia Lua - <https://www.youtube.com/watch?v=8pXN51GRYkk>

CDCC - <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/fases-lunares/fases-lunares.htm>

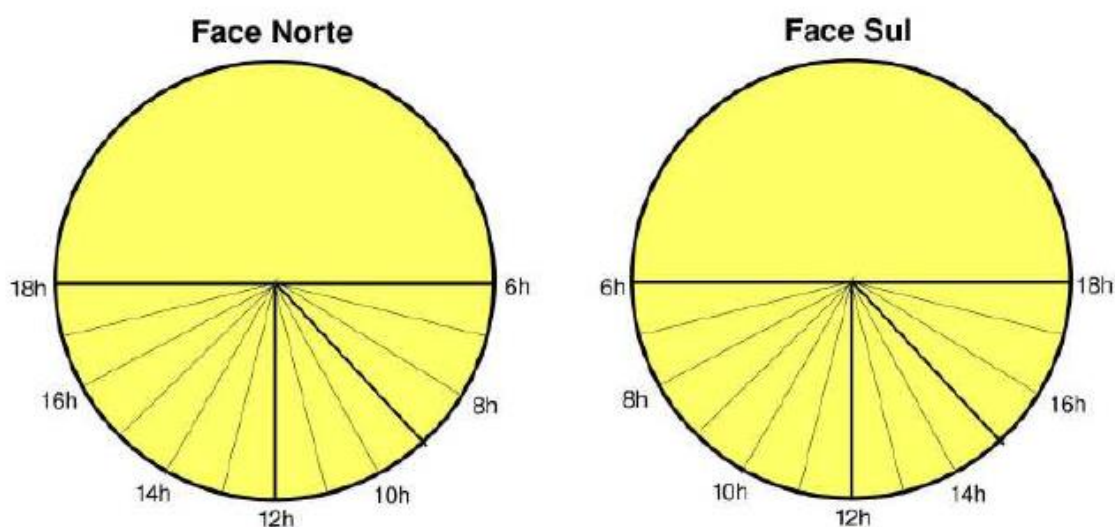
## Relógio de Sol

### Introdução

O Relógio de Sol é um dispositivo utilizado para se determinar a hora local, a partir da posição aparente do Sol. Ele utiliza uma vareta (também chamada gnômon) que projeta uma sombra sobre um painel, onde são feitas marcações correspondendo às diversas horas do dia. A posição da sombra do gnômon sobre o painel fornece a hora local.

### Desenvolvimento

Utilizando uma régua, marque o centro da placa de papelão. Divida a placa bem no centro. Em seguida, utilizando um transferidor, desenhe sobre as duas faces do círculo segmentos de reta conforme a Figura abaixo. O ângulo entre segmentos de reta consecutivos é de  $15^\circ$ . Insira o gnômon no centro do círculo, perpendicularmente ao mesmo. A seguir, construa também uma base com clips com ângulo de  $72^\circ$ , que é igual ao complemento da latitude do local.



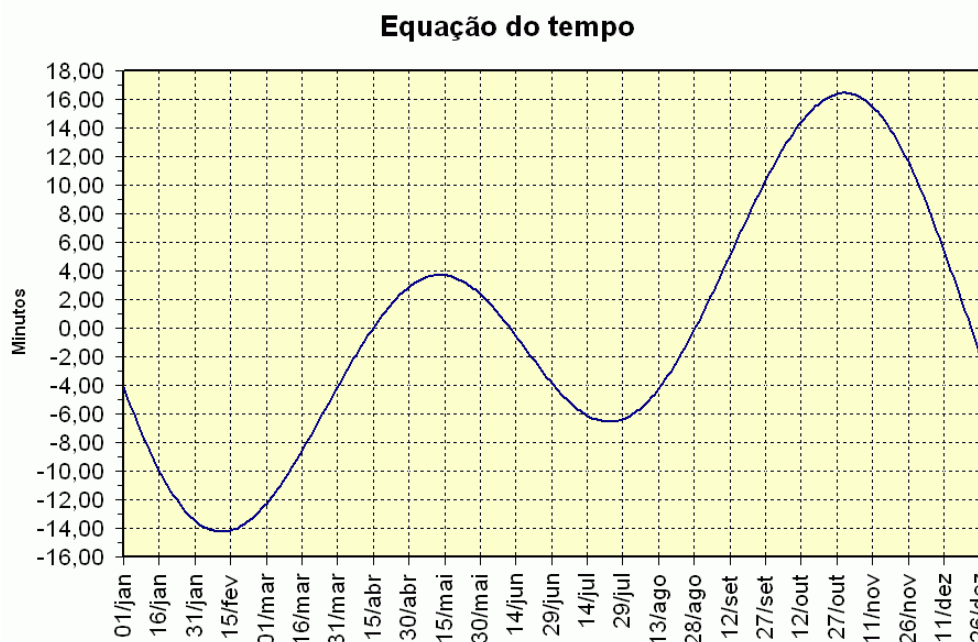
O gnômon deverá ser apontado para a direção do polo celeste Sul, que se localiza a um ângulo imediatamente acima do ponto cardeal Sul. Este último pode ser determinado aproximadamente com uma bússola, mas atenção: a bússola fornece a direção do Sul magnético, que não coincide com a direção do Sul geográfico. A diferença entre a direção do norte magnético apontado pela bússola e o norte verdadeiro é chamada de declinação magnética do lugar. Para nossos propósitos, devido ao fato de não necessarmos uma grande precisão nas medidas, podemos utilizar um valor aproximado para a declinação magnética. No sudeste do Brasil, durante a década de 2010, esse valor é de cerca de 20 graus. Portanto, a direção do Norte verdadeiro (ou geográfico) situa-se aproximadamente a 20 graus à direita do norte magnético fornecido pela bússola. Do mesmo modo, a direção do polo Sul geográfico situa-se cerca de 20 graus à direita da direção Sul dada pela bússola. Algumas bússolas já dispõem de um transferidor acoplado que serve para auxiliar essa correção. O gnômon projetará sua sombra do lado Norte do disco no período entre 21 de março e 22 de setembro. No



período de 23 de setembro até 20 de março (do ano seguinte), a sombra do Sol será vista no lado Sul do disco.

### Correções a serem aplicadas na leitura das horas

Existem 3 tipos de correções que devem ser aplicadas nas horas lidas no painel de um relógio de Sol, para se obter a hora correta. São elas: Correção para o horário de verão; Correção para a longitude; Equação do tempo.



### Resposta



Compare a hora do relógio de sol (real) com o horário civil (do relógio). Quais foram os valores? É possível melhorar as leituras? Explique.

### Referências

Atividades práticas para o ensino de Astronomia

Professores: Roberto Pereira Ortiz e Diego Falceta Gonçalves

[http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rip&cod=\\_astronomiarelogiodesolho](http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rip&cod=_astronomiarelogiodesolho)

<b>MNPEF</b> Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física			
<b>ANEXO XIV</b>	Data: / /	Classe:	Nota:
Disciplina: FÍSICA	Professor: Carlos Lima		
<b>Roteiro – Eclipses</b>			
Nome:			Nº
Nome:			Nº
Nome:			Nº
Nome:			Nº

### Roteiro 13 - Eclipses

**Objetivo:** Entender os tipos de eclipses

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Applet da UNL-NAAP

**Eclipses-** <http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/shadowsim.html>

**Inclinação da Lua-**

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/mooninc.html> -

**Atividade Experimental:** Simular no telúrio os tipos de eclipses.

Questões problematizadoras: Assistir o vídeo “Espaçonave Terra”

<https://www.youtube.com/watch?v=O6ZXoiH0RMw>

1. O que são eclipses? Quais são os tipos?
2. Os eclipses acontecem em qual lua? Explique.
3. Se a lua gira em torno da terra, por que não existem dois eclipses a cada mês?




Atividade: Explorar o Telúrio

1. Em quais Luas haverá eclipse?
2. Posicione a Lua em eclipse solar. Qual é a fase desta Lua?
3. Posicione a Lua em eclipse Lunar. Qual é a fase desta Lua?
4. Por que o eclipse solar é um fenômeno raro? Posicione.
5. Que parte da Terra consegue visualizar um eclipse Lunar?
6. O que seria o período de Saros?
7. Simule a revolução da Lua em torno da Terra.

### Referências

CDCC - <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/eclipses-solares-lunares/eclipses-solares-lunares.htm>

O Céu da Semana - <https://www.youtube.com/watch?v=aN365Y9BO5Q>

					
ANEXO XV		Data: / /	Classe:		Nota:
Disciplina: FÍSICA		Professor: Carlos Lima			
Roteiro – Marés					
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	
Nome:				Nº	

### Roteiro 14 - Marés

**Objetivo:** Entender os tipos e a razão da ocorrência das marés

**Duração:** 2 aulas

**Material:** Applet da UNL-NAAP

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/tidesim.html>

Simulador de Marés

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/gravcalc.html> -

Cálculo Força de Atração Gravitacional

**Atividade Experimental:** Simular no Telúrio os tipos de Marés

Questões problematizadoras: Assistir o vídeo “History Channel”

<https://www.youtube.com/watch?v=VQyBe9xy66g>

- Qual é a causa das marés? Explique.
- Quais são os Tipos?
- Em quais Luas Ocorrem as marés de sizígia e quadratura?
- Por que não vemos marés em pequenos lagos?
- O que é amplitude de maré?

### Atividade: Explorar o Telúrio

1. Coloque o observador na posição em que haverá as marés mais altas.
2. Qual é o nome destas marés?
3. Coloque o observador na posição de maré de quadratura.
4. Qual é a fase da Lua em que haverá maré alta mais alta? Posicione a Lua.
5. Qual é a fase da Lua em que haverá maré alta mais baixa? Posicione a Lua.

### Referência

CDCC - <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/forcas-de-mares/forcas-de-mares.htm>