

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



**UESB**  
UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DO SUDOESTE DA BAHIA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**MARCOS OLIVEIRA DOS SANTOS**

**FISICARTOONS: ESCALAS NA ASTRONOMIA POR MEIO DE QUADRINHOS**

**VITÓRIA DA CONQUISTA, BAHIA**

**MARÇO – 2020**

**MARCOS OLIVEIRA DOS SANTOS**

**FISICARTOONS: ESCALAS NA ASTRONOMIA POR MEIO DE QUADRINHOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador:  
Professor Dr. Wagner Duarte José

Coorientador:  
Professor Dr. Valmir Henrique de Araújo

**VITORIA DA CONQUISTA, BAHIA**

**MARÇO – 2020**

S236f

Santos, Marcos Oliveira dos.

Fisicartoons: escalas na Astronomia por meio de quadrinhos. / Marcos Oliveira dos Santos, 2020.

147f. il.

Orientador (a): Dr. Wagner Duarte José.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referência F. 146-147.

1. História da Astronomia. 2. Escala - Astronomia. 3. Quadrinhos – Recurso didático I. José, Wagner Duarte. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. III. T.

CDD 520.9

*Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890***

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista - BA



### ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado

Aos dezesseis dias do mês de março de 2020, às 14h00, no auditório do Módulo IV, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada "Fisicartoons: escalas na Astronomia por meio de quadrinhos", de autoria de Marcos Oliveira dos Santos, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo(a) professor(a) Dr(a). Wagner Duarte José, orientador(a) do(a) mestrando(a) e contou com a participação dos professores Dr(a) Valmir Henrique de Araújo, Dr(a) José Carlos Oliveira de Jesus e Dr(a) Selma Rozane Vieira, na condição de examinadores. A sessão teve a duração de 02h e 00 min. e a banca examinadora emitiu o seguinte parecer:

O texto condiz com a proposta do programa sendo necessárias correções apontadas pelos examinadores que devem ser concluídas no prazo de 60 dias

A dissertação recebeu o conceito final: Aprovado

Wagner José

Prof(a). Dr(a). Wagner Duarte José  
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Prof(a). Dr(a). José Carlos Oliveira de Jesus  
Examinador(a) externo(a)

Prof(a). Dr(a). Selma Rozane Vieira  
Examinador(a) interno(a)

Marcos Oliveira dos Santos  
Marcos Oliveria dos Santos  
Discente

Prof(a). Dra. Cristina Porto Gonçalves  
Prof(a). Dra. Cristina Porto Gonçalves  
Coordenadora do PPG-MNPEF



**FISICARTOONS: ESCALAS NA ASTRONOMIA POR MEIO DE QUADRINHOS**

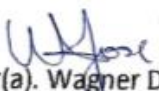
AUTOR(A): MARCOS OLIVEIRA DOS SANTOS

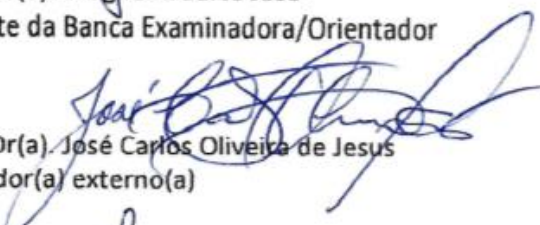
DATA DE APROVAÇÃO: 16 DE MARÇO DE 2020

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA

  
Prof(a). Dr(a). Wagner Duarte José  
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

  
Prof(a). Dr(a). José Carlos Oliveira de Jesus  
Examinador(a) externo(a)

  
Prof(a). Dr(a). Selma Rozane Vieira  
Examinador(a) interno(a)

2020

## DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação  
À minha família, propulsora do meu sucesso,  
que, em momento algum, permitiu que eu  
abandonasse o caminho acadêmico.

Aos vários professores da UESB que passaram  
por minha vida acadêmica, especialmente aos  
que fazem parte do Colegiado de Física;  
e peço licença a Isaac Newton para uso de uma  
de suas famosas frases a fim de justificar o  
sucesso deste trabalho: “Se vi mais longe foi  
porque me apoiei em ombros de gigantes”.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wagner Duarte José, pelo excelente trabalho prestado a esta Instituição de Ensino Superior – UESB – e, principalmente, pela paciência para com seus orientandos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Valmir Henrique Araújo, um profissional exemplar e decisivo para o “término” deste trabalho.

Ao programa de pós-graduação – MNPEF –, representado pelo Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro e todos os profissionais do magistério que dele fazem parte.

Aos colegas da segunda turma do polo 62 e do grupo de estudos.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) que oportunizou a oferta deste Mestrado na UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (Polo 62).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Obrigado pelo apoio financeiro.

À minha família, sempre do meu lado.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, participaram desta caminhada direcionando-a ao sucesso.

## RESUMO

### FISICARTOONS: ESCALAS NA ASTRONOMIA POR MEIO DE QUADRINHOS

Marcos Oliveira dos Santos

Orientadores:

Professor Dr. Wagner Duarte José  
Professor Dr. Valmir Henrique de Araújo

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Nesta dissertação propomos “*Cartoons*” para apresentar o conceito de escala na Astronomia. O objetivo foi fazer com que o público alvo, estudantes do ensino fundamental, compreendesse o conceito de escala por meio de quadrinhos, cujo cenário foi desenvolvido com algumas personalidades da história da Astronomia. A pesquisa é parte integrante do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, polo 62. Na estratégia metodológica planejamos, construímos, aplicamos e interpretamos: (1) questionário socioeconômico; 2) histórias em quadrinhos, do tipo tirinha, na problematização inicial; (3) atividades escritas sobre conhecimentos específicos em Astronomia; (4) confecção de diversos materiais em classe e extraclasse, como tirinhas, planetas do Sistema Solar, montagem de maquetes planetárias, entre outros; (5) e avaliação das contribuições das atividades desenvolvidas durante a intervenção. Verificamos que a utilização de tirinhas como recursos pedagógicos associados a outras atividades durante a sequência didática apresentada contribuiu para a apropriação do conhecimento, estimulando o pensamento crítico dos envolvidos sobre a História das Ciências e a criatividade nas produções artísticas, evidenciando indícios de uma aprendizagem prazerosa e acessível nas aulas de Ciências nos anos finais do Ensino Fundamental.

Palavras-chave: Escala. Quadrinhos. História da Astronomia.

Vitória da Conquista  
Março, 2020



## **ABSTRACT**

### **FISICARTOONS: SCALES IN ASTRONOMY THROUGH COMIC STRIPS**

Marcos Oliveira dos Santos

Supervisors:

Professor Dr. Wagner Duarte José  
Professor Dr. Valmir Henrique de Araújo

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

In this thesis we propose “Cartoons” to present the concept of scale in Astronomy. The objective was to make the target audience, elementary school students, understand the concept of scale through comics, whose scenario was created with some personalities from the history of Astronomy. The research is an integral part of the National Professional Master's Degree in Physics Education at the Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pole 62. In the methodological strategy we planned, created, applied and interpreted: (1) socioeconomic questionnaire; 2) comic strips, of the comic strip type, in the initial problematization; (3) written activities on specific knowledge in Astronomy; (4) making various materials in and out of class, such as comic strips, planets in the Solar System, assembling planetary models, among others; (5) and evaluation of the contributions of the activities developed during the intervention. We checked that comic strips as pedagogical resources associated with other activities presented during the didactic sequence contributed to the appropriation of knowledge, stimulating the critical thinking of those involved about the History of Sciences and creativity in artistic productions, showing evidence of a pleasant and accessible learning in science classes in the final years of elementary school.

Keywords: Scale. Comic Strips. History of Astronomy.

Vitória da Conquista  
Março, 2020

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> O movimento de regressão do planeta Marte visto de uma seção do céu.....	11
<b>Figura 2.</b> (a) O sistema básico deferente-epiciclo. (b) O movimento aparente por ele gerado no plano da eclíptica. (c). Uma porção (1 – 2 – 3 – 4) do movimento como visto por um observador situado na terra central .....	11
<b>Figura 3.</b> Terra plana .....	14
<b>Figura 4.</b> Terra esférica.....	14
<b>Figura 5.</b> Raios solares chegando a um plano .....	15
<b>Figura 6.</b> Raios solares chegando a uma esfera.....	15
<b>Figura 7.</b> A determinação do raio da Terra por Eratóstenes.....	16
<b>Figura 8.</b> O deferente, o epiciclo e o artifício do equante .....	18
<b>Figura 9.</b> O sistema heliocêntrico de Copérnico .....	19
<b>Figura 10.</b> Diagrama para o cálculo da distância de um planeta ao Sol.....	20
<b>Figura 11.</b> Movimentos Retrógrados dos Planetas .....	21
<b>Figura 12.</b> A segunda lei de Kepler para os movimentos planetários .....	26
<b>Figura 13.</b> 3ª Lei de Kepler - Lei dos Períodos .....	27
<b>Figura 14.</b> Órbita circular .....	32
<b>Figura 15.</b> Interação entre duas partículas.....	35
<b>Figura 16.</b> Plano da órbita .....	38
<b>Figura 17.</b> Área varrida pelo raio vetor .....	39
<b>Figura 18.</b> A relação velocidade versus distância de Hubble.....	41
<b>Figura 19.</b> Efeito Doppler luminoso.....	42
<b>Figura 20.</b> Representação de distâncias a partir do Sistema Terra Lua.....	53
<b>Figura 21.</b> Foto de planetas confeccionados em sala .....	75
<b>Figura 22.</b> Foto de estudantes medindo a distância entre os planetas internos do Sistema Solar.....	76
<b>Figura 23 - E20:</b> Diálogo entre pai e filho.....	79
<b>Figura 24.</b> E21: Diálogo entre Sol e Lua.....	80
<b>Figura 25.</b> E22: Galileu e o telescópio .....	81
<b>Figura 26A.</b> Tirinha 1: Eratóstenes .....	92
<b>Figura 27A.</b> Tirinha 2: Galileu Galilei .....	92
<b>Figura 28A.</b> Tirinha 3: Copérnico .....	93

<b>Figura 29A.</b> Tirinha 4: Galileu Galilei .....	93
<b>Figura 30A.</b> Tirinha 5: Isaac Newton .....	94
<b>Figura 31A.</b> Tirinha 6: Os maiores acertos de um gênio.....	94
<b>Figura 32A.</b> Tirinha 7: Atualidades Astronômicas.....	95
<b>Figura 33A.</b> Tirinha 8: Fofoca Espacial .....	95
<b>Figura 34A.</b> Tirinha 9: Fofoca Espacial .....	96
<b>Figura 35A.</b> Tirinha 10: Fofoca Espacial .....	96
<b>Figura 36A.</b> Tirinha 11: Olimpíadas Interestelares .....	97
<b>Figura 37A.</b> A lei da inércia .....	97
<b>Figura 38A.</b> A segunda lei de Newton .....	97
<b>Figura 39A.</b> Ação e reação .....	98
<b>Figura 40A.</b> Foto de demonstração de eclipse solar.....	108
<b>Figura 41A.</b> Foto de demonstração das fases da Lua .....	108
<b>Figura 42A.</b> Foto de planetas confeccionados em sala.....	109
<b>Figura 43A.</b> Foto de representação em escalas dos planetas internos do sistema solar ...	109
<b>Quadro 1.</b> Ordem de grandeza de massa .....	52
<b>Quadro 2.</b> Ordem de grandeza de comprimento .....	53
<b>Quadro 3.</b> Ordem de grandeza de tempo.....	54
<b>Quadro 4.</b> Resumo das atividades realizadas durante a Sequência Didática .....	61

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Quantidade de trabalhos pesquisados e seus meios de publicação.....	55
<b>Tabela 2.</b> Formato da Terra segundo os pais dos estudantes. ....	70
<b>Tabela 3.</b> Resposta dos pais dos estudantes para a pergunta: Quem foi Eratóstenes?.....	70
<b>Tabela 4.</b> Por que o ano tem 365 dias na concepção dos pais dos estudantes .....	70
<b>Tabela 5.</b> Quem está no centro do Sistema Solar segundo os pais dos estudantes.....	71
<b>Tabela 6.</b> Quantas fases tem a Lua e quais são elas segundo os pais dos estudantes .....	71
<b>Tabela 7.</b> O brilho da Lua segundo os pais dos estudantes .....	72
<b>Tabela 8.</b> Como ocorrem as fases da Lua segundo os pais dos estudantes.....	72
<b>Tabela 9.</b> Astro mais volumoso segundo os pais dos estudantes.....	72
<b>Tabela 10.</b> Distância média do Sol aos planetas e razão do diâmetro Sol/planeta .....	74
<b>Tabela 11.</b> Dados proporcionais na escala 1: 1.985.714.000 obtidos em sala do 7º ano considerando a distância média do Sol aos planetas e o diâmetro desses astros...75	

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

a.C.	Antes de Cristo
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
d.C	Depois de Cristo
Ead	Educação à Distância
h	Hora
HAE	História da Astronomia Escalar
HQ	Histórias em quadrinhos
IENCI	Investigação em Ensino de Ciências
INEP	Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos
km	Quilômetro
m	Metro
MNPEF	Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PROUNI	Programa Universidade Para Todos
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
REDA	Regime Especial de Direito Administrativo
SD	Sequência Didática
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
THQ	Tirinhas e/ou histórias em quadrinhos
UA	Unidade astronômica
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
WYP	World Year of Physics

## SUMÁRIO

Capítulo 1	Introdução .....	1
1.1	As dúvidas .....	1
1.2	Os focos .....	1
1.3	O cenário .....	2
Capítulo 2	Personagens marcantes na história da Astronomia.....	7
2.1	Pilares cronológicos .....	8
2.2	Eratóstenes de Cirene .....	12
2.3	Cláudio Ptolomeu .....	17
2.4	Nicolau Copérnico.....	18
2.5	Giordano Bruno .....	23
2.6	Galileu Galilei .....	24
2.7	Johannes Kepler .....	25
2.8	Isaac Newton .....	28
2.8.1	As Leis de Conservação e as órbitas de Kepler.....	34
2.9	Edwin Hubble.....	40
Capítulo 3	Revisão panorâmica do referencial teórico e revisão bibliográfica.....	44
3.1	Tirinhas como Recurso Didático no Ensino de Física.....	44
3.2	Conceitos unificadores como organização pedagógica e a problematização ....	48
3.2	Importância das escalas .....	51
3.3.1	As escalas de massa e volume .....	51
3.3.2	A Escala de comprimento.....	52
3.3.3	A escala de tempo.....	54
3.4	Astronomia no Ensino Fundamental .....	55
Capítulo 4	Metodologia .....	60
Capítulo 5	Resultados e discussões .....	66
5.1	Questionário socioeconômico familiar.....	66
5.2	Tirinhas como problematização inicial .....	67
5.3	Conhecendo o experimento de Eratóstenes .....	69
5.4	Gravitação .....	73
5.5	Medidas de comprimento e volume: confeccionando o sistema solar .....	73
5.6	Estudando a Lua .....	78
5.7	Habilidades artísticas por meio da confecção de tirinhas.....	79
Capítulo 6	Considerações Finais .....	83
Referências Bibliográficas.....		85
Apêndices .....		88
Apêndice A	- Questionário socioeconômico familiar .....	89
Apêndice B	- As tirinhas .....	92
Apêndice C	- Planos de aula.....	99
Apêndice D	- Termo de Assentimento Livre e Esclarecido .....	107
Apêndice E	- Registro fotográfico de atividades.....	108
Apêndice F	- Produto Educacional.....	110

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 As dúvidas

O planeta Terra, a Lua, o Sol, o Sistema solar, a Via láctea, o Universo. Por que sabemos tanto a respeito das escalas astronômicas? Quem foram as pessoas que, ao longo da história, ofereceram alavancas para que pudéssemos chegar tão longe? Por outro lado, por que a sensação de achar que conhecemos tão pouco sobre a extensão do tempo e do espaço? Mesmo ao lado de milhares de espécies vivas na natureza e vizinhos de bilhões de pessoas, por que o sentimento de solidão ao observar o cosmos?

São perguntas que nos possibilitam viajar para dois lugares: o primeiro é o passado, no qual as primeiras medidas foram realizadas por pessoas que fizeram história quando resolveram olhar literalmente para cima e acreditar em fenômenos impossíveis de serem aceitos pela maior parcela da população das épocas em que viveram, impulsionaram os estudos sobre escalas celestes e possibilitaram o avanço tecnológico vivenciado atualmente; o segundo é o nosso céu, onde nenhuma nave espacial estará disponível, mas a mente poderá ir, pelo menos, até o final do Sistema Solar, explorando e trazendo evidências da nossa pequenez ante a uma extraordinária imensidão.

### 1.2 Os focos

Este trabalho apresenta dois pontos que serão essenciais para nossos estudos. Um deles chamaremos de “História da Astronomia Escalar” (HAE), na qual serão mencionados grandes cientistas<sup>1</sup>, como Eratóstenes (276 a.C. – 194 a.C.), nosso ponto de partida, aquele que calculou de maneira extraordinária, fazendo uso de artifícios matemáticos e de observações da natureza, algo muito próximo do que seria a medida da circunferência do nosso planeta. Outras personalidades fazem parte desta história: Ptolomeu (90 d.C. – 168 d.C.); Nicolau Copérnico (1473-1543); Giordano Bruno (1548-1600); Tycho Brahe (1546-1601); Galileu Galilei (1564-1642); Johannes Kepler (1571-1630); Isaac Newton (1642-1727). Fecharemos nossa lista com o cientista que enxergou bem distante, Edwin Hubble (1889-1953), mostrado com suas

---

<sup>1</sup> Estudiosos que obtiveram, através de pesquisas, conhecimentos propulsores para o avanço científico, especialmente no ensino de Física e Astronomia.

descobertas algo além de uma galáxia, um Universo com escala de comprimento “bilionária”, considerando o ano-luz <sup>2</sup> como unidade de medida.

A sequência didática (SD) que implementamos busca proporcionar uma viagem no espaço e no tempo, norteando e tentando justificar as descobertas humanas, especialmente relacionadas ao cosmos, ao longo da História das Ciências. As escalas de comprimento, tempo, volume e massa são apresentadas como suporte para que se entenda o contexto de cada cientista e as influências sociais e culturais da época em que viveram, assim como para se ter maior percepção da distância entre a Terra e os confins do Universo.

O outro ponto relaciona-se com o recurso didático utilizado para contar o que há de mais interessante da HAE, desde Eratóstenes até os dias atuais: as tirinhas e/ou histórias em quadrinhos, para as quais adotaremos a partir de agora somente a sigla THQ. Logo:

Do ponto de vista do leitor/estudante, a leitura de uma HQ torna-se uma atividade muitas vezes relaxante, comportamento explicado pelo mecanismo psicológico da catarse, ou seja, o despojamento das tensões cotidianas em virtude da realização de uma atividade lúdica. Assim, a História em Quadrinho pode ser vista como uma fonte acessível, um instrumento que faz parte do cotidiano do discente, o que, em uma primeira fase, causaria um contato mais direto entre o aluno e o material utilizado. Salienta-se também que a linguagem e formatação proposta pelas HQ são colocadas da forma mais acessível possível, criando uma narrativa dinâmica, com proposição de desafios e atividades cognitivas ao leitor (TESTONI; ABIB, 2003, p. 2).

Ou seja, as tirinhas podem configurar-se como recursos didáticos alternativos às aulas expositivas, quase sempre isentas de literatura e ludicidade, atuando no aprendizado nas aulas de ciências, tornando-as bem menos intensas, mais prazerosas e acessíveis no processo de ensino e aprendizagem, no qual a interação professor, aluno e conhecimento seja evidenciada no ambiente escolar.

### **1.3 O cenário**

Ainda não sabendo que a Física sempre esteve ao meu lado, desde pequeno, a curiosidade pelo cosmos foi evidente; descobri precocemente que o Sol era maior que a Terra foi algo fantástico; mais tarde, no Ensino Fundamental, ordenar os planetas no Sistema Solar e nada mais. A abordagem superficial sobre os conceitos em Astronomia proporcionada pelas escolas públicas causou um distanciamento entre mim e esta área do conhecimento. Somente

---

<sup>2</sup> Distância percorrida pela luz no vácuo no período de um ano (365,24 dias). Calcula-se através do produto entre: 365,24 dias (um ano) x 24 horas (um dia) x 60 minutos (1 hora) x 60 segundos (1 minuto) x 300.000 km/s (velocidade da luz no vácuo) = cerca de 9,5 trilhões de quilômetros.



na universidade, a chama se acendeu novamente, principalmente quando conheci excelentes professores e bons livros de grandes nomes da História da Evolução da Física.

Sou baiano de Barra do Choça, Bahia, estudante de Ensino Público a vida inteira, sedento por conhecimento desde criança e, por sorte, tinha meus pais para tirar todas as minhas dúvidas, pessoas que mal frequentaram a antiga 4ª Série do Ensino Fundamental, todavia oniscientes, conhecedores de todo saber. Isso é o que um filho pensa sobre os pais até sofrer a maior decepção de sua vida: descobrir que seus progenitores são imperfeitos como o resto da humanidade e que o conhecimento nos proporciona novas descobertas. Nem tudo foi negativo nessa não onisciência dos meus pais, precisei buscar outros modos de chegar ao conhecimento, e um deles foi o foco nos estudos, apesar das dificuldades.

Meus estudos tiveram início em duas escolas, hoje extintas, no Distrito de Barra Nova, localizado no município onde nasci, Escolas Municipais Israel Tavares Viana e Maria Quitéria. Nestas instituições, concluí as séries denominadas na época de “Prezinho, ABC, Cartilha, Primeira e segunda Séries”; a “Terceira, a Quarta e a Quinta séries” foram concluídas na Escola Municipal Marlene Santana, que, na época, chamava-se Escola Municipal José Amorim; o restante do ensino básico foi realizado no Centro Educacional de Barra do Choça, localizado na cidade onde nasci. Na época, viajávamos vinte e oito quilômetros diários sobre estrada de chão, jornada que perdurou sete longos anos. Nos três últimos anos, preparando-me para trabalhar em sala de aula, fiz o magistério que me possibilitou frequentar a sala de aula, agora como professor, no ano seguinte do término do segundo grau. Todavia, o contato com matérias científicas foi pequeno e precisei ser autodidata no pouco que conhecia sobre Ciências da Natureza e Matemática.

Antes de ingressar na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) para fazer um curso presencial, explorei outras possibilidades: i) ganhei bolsa de estudos para cursar Licenciatura em Física na Educação à Distância (Ead) pelo Programa Universidade Para Todos (PROUNI), na Faculdade de Tecnologia e Ciências, mas, por algumas particularidades daquela faculdade, não iniciei este curso; ii) passei em um vestibular para cursar Pedagogia e, mesmo com a matrícula já realizada, abandonei-a para cursar Licenciatura em Física pela UESB; iii) visando ao curso presencial, abandonei, também, o curso de licenciatura – Ead – em Física pela UESB em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Meu trabalho como docente começou a partir de 2001; primeiro, as séries iniciais com a “terrível” experiência das turmas multisseriadas; mais tarde, por necessidade do município, mesmo sem uma graduação, fui transferido para as séries finais do Ensino Fundamental. Possuindo o diploma do Magistério, em 2007, fui efetivado pelo município de Barra do Choça nas séries iniciais no

Ensino Fundamental, mas continuei os trabalhos nos anos finais, mesmo ano em que iniciei licenciatura em Física na UESB.

Uma de minhas inquietações sempre foi a estabilidade financeira; depois de conseguí-la, comecei a me preocupar com a qualidade no ensino, por isso, a preocupação em terminar um curso superior; a partir daí foco naquilo que realmente me interessava, as Ciências da Natureza, Física, para ser mais preciso. Concluí a licenciatura entre 2007 e 2011, mas, por motivos maiores como situação financeira, estágio probatório, deslocamento para outra cidade, entre outros, não houve possibilidade de saída para aprofundamento nos estudos. Participei do processo seletivo do Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) em 2013, não fui aprovado e vi grandes dificuldades na realização do curso, caso tivesse êxito. Em 2016, realizei a prova na UESB, mas a aprovação veio no ano seguinte. Em 2018, obtive aprovação em novo concurso público e assumi, um ano depois, o cargo de professor de Física do Estado, aqui na Bahia – antes disso, para trabalhar no ensino médio, só havia me aventurado em contratos do Regime Especial de Direito Administrativo (REDA); dessa forma, poderia me dedicar mais intensamente à área de que tanto gosto e retomar os trabalhos voltados para a Astronomia.

Uma fala simples do Dr. Valmir Henrique Araújo, durante a apresentação dos orientadores aos orientandos em aula promovida pelo coordenador do curso, Dr. Luizdarcy de Matos Castro, foi fundamental para que eu decidisse o que, realmente, faria como trabalho derradeiro na pós-graduação: “Não deixe que o orientador escolha o tema de sua dissertação por você”; esta frase me fez pensar que o rendimento em qualquer atividade é bem maior quando a gente faz o que gosta. Um segundo passo surgiu quando o Dr. Wagner Duarte José, na disciplina Processos e Sequências de Ensino e Aprendizagem em Física no Ensino Médio, mostrou vários trabalhos interessantes de ex-alunos; um deles foi especial, o uso de histórias em quadrinhos no Ensino de Física.

Trabalhos com quadrinhos no ensino não é algo novo na educação, todavia a criatividade para transmissão do conhecimento utilizada pelo autor, seja no traço do desenho, na fala dos personagens ou em ambos, mostrava inovação a cada nova criação. A partir daí, realizava-se o casamento entre o fascínio pelos mistérios da *Astronomia* e a paixão pela arte de *Quadrinhos*, o que gerou um tema bastante lapidado com a ajuda dos orientadores, mas resumia aquilo que, realmente, Marcos Oliveira dos Santos queria fazer: “***Fisicartoons: escalas na Astronomia por meio de quadrinhos***”.

Os PCN do ensino médio (BRASIL, 2000) se mostram contrários as instituições de ensino que tenham pretensão de formar através de imposição de modelos, listas excessivas com

memorização dos exercícios, conhecimento fragmentado e que ignorem instrumentos avançados de acesso a comunicação. Segundo esse documento, a escola, enquanto instituição pública de ensino, acabará também se marginalizando caso adote métodos de distanciamento das mudanças impostas pela sociedade a partir de uma postura tradicional contribuindo, dessa forma, para a exclusão quando deveria ser peça central no desenvolvimento de uma sociedade formando cidadãos.

Apesar de necessárias, são metodologias que se repetem há anos e, aparentemente, a mesmice no processo de ensino e aprendizagem desmotiva os estudantes, por isso, o dinamismo na transmissão do conhecimento através de metodologias diferenciadas como produção teatral, confecção de materiais como planetas do Sistema Solar, experimentos diversos, produção de tirinhas, viagem ao passado com a literatura, entre outras, pode trazer equilíbrio as atividades escolares diárias tornando-as bem mais prazerosas.

Outro fato marcante relaciona-se com as quatro operações, – adição, subtração, multiplicação e divisão – presentes e necessárias no ensino de Física e Astronomia e, aparentemente, estranhas para os estudantes, especialmente quando aparecem números enormes. Estas situações quase sempre levam os profissionais do magistério, licenciados em Física, a lecionar Matemática, faltando-lhe, por vezes, a percepção de que a literatura também possui forte relação com as matérias científicas. Isso fica bem claro, na concepção de Araújo (2012, p. 64): “Entre outras questões, a ênfase dada à Matemática é uma das razões pelas quais a aprendizagem no ensino de Física, no ensino médio, tem sido tema das discussões de professores e estudantes”. No ensino fundamental, não parece ser diferente, e questões históricas podem evidenciar esses fatos:

A realidade educacional mostra que a prática pedagógica na maioria das escolas é assentada em um ensino reprodutivo e conservador. A física é tratada como a-histórica e atemporal. O estudante é induzido a privilegiar o conhecimento reproduzido pelo professor na resolução de exercício com aplicação matemática, para o qual o aspecto do conhecimento focalizado é o quantitativo. Mas esse não é um fenômeno da educação atual. Ao longo dos últimos 170 anos, o processo escolar de ensino-aprendizagem dessa ciência tem, de modo geral, guardado as mesmas características: de um ensino calcado na **transmissão de informações** – por meio de aulas quase sempre expositivas -, na ausência de atividades experimentais, na aquisição de conhecimentos desvinculados da realidade (ARAÚJO, 2012, p. 64, grifo do autor).

Por tais motivos, buscam-se novos recursos e metodologias diferenciadas na aquisição do conhecimento. É necessário entender a Física também como arte e literatura, conhecer os processos históricos e mostrar que esta é uma área do conhecimento que não se resume somente

a lista de exercícios e aulas expositivas sem qualquer relação com a vivência dos estudantes ou o saber científico acumulado ao longo de milênios.

O presente trabalho tem como objetivo geral verificar, a partir da História das Ciências, a potencialidade de tirinhas em uma sequência didática no que diz respeito à aquisição dos conhecimentos de Física e Astronomia acumulados ao longo dos anos. Como objetivos específicos elegemos os seguintes:

- ✓ Estudar as influências sociais e culturais na vida de diversos cientistas ao longo da História das Ciências, bem como compreender leis presentes em nosso cotidiano desenvolvidas por estas personalidades;
- ✓ Analisar através da História das Ciências, os modelos planetários, as regularidades dos astros e suas influências no cotidiano;
- ✓ Analisar por meio da História das Ciências, a importância do telescópio no estudo astronômico, fenômenos lunares e influências sociais e culturais na vida de Galileu Galilei;
- ✓ Estimular a criatividade dos estudantes com confecção de atividades diversas fazendo uso da SD apresentada.

Nessa dissertação, o Capítulo 1 – Introdução apresenta um breve histórico sobre o autor e algumas indagações a respeito do ensino de Física e Astronomia, o Capítulo 2 – Personagens Marcantes na História da Astronomia resgata grandes personalidades da história das Ciências, bem como suas contribuições para a humanidade. No Capítulo 3, encontra-se a Revisão Panorâmica do Referencial Teórico e Revisão Bibliográfica discutindo informações de trabalhos acadêmicos e livros com a temática aqui abordada, enquanto o Capítulo 4 – Metodologia, destaca o percurso metodológico. No Capítulo 5 – Resultados e Discussões, analisamos a SD desenvolvida (questionários, atividades práticas em classe e extraclasse, produções artísticas, entre outros) e no Capítulo 6 – Conclusões, avalia todas as ações da Sequência Didática implementada, apontando limitações e potencialidades. O trabalho também traz Referências e cinco (5) Apêndices, sendo o último o Produto Educacional.

## Capítulo 2

### Personagens marcantes na história da Astronomia

Ao longo do presente trabalho, sempre que possível, faremos uso dos conceitos unificadores, “transformação, regularidade, energia e escala”, propostos por Angotti (1993), dessa forma, teremos maior direcionamento e entendimento em eventos históricos aqui mencionados. Logo, serão abordadas: i) as *transformações* da matéria que ocorreram e ocorrem naturalmente com o passar dos anos com visões de mundo diferentes e estudiosos fundamentando e provando teorias que impulsionaram o conhecimento científico; ii) as *regularidades* estabelecendo padrões em eventos naturais, que possibilitam modelagem matemáticas e previsões de importantes eventos físicos visualizados especialmente na Mecânica Clássica; iii) as *energias*, mecânica, térmica, elétrica, química e nuclear, favorecendo, dentre outras, a agilidade, o conforto e o alcance de lugares cada vez mais longínquos do Universo ao longo da história da humanidade; e iv) as grandezas de comprimento, massa, volume e tempo e como elas têm contribuído para o avanço científico considerando o conceito de *escala*.

No ponto de vista de Rocha (2015, p. 22), “As Leis de Newton são geniais exatamente por que sintetizam, em poucas linhas, milênios de saber acumulado por diversas civilizações, no entanto, passa-se nas salas de aula uma errônea ideia de sua simplicidade”. Para Gewandsznajder (2015, p. 115), “Sem os conhecimentos da Física, a maioria dos aparelhos (rádio, televisão, geladeira, telefone, computador, entre outros) não existiria. Carro, ônibus, avião também não; assim como muitas outras coisas”.

Nota-se, portanto, que a Física é uma área do conhecimento muito ampla estando sempre presente na vida das pessoas, seja na superfície terrestre, no ar, no vácuo ou em qualquer outro lugar do Universo conhecido. Neste capítulo, apresentaremos personalidades diversas em épocas e contextos diferentes e suas contribuições no estudo sobre Astronomia. Esses cientistas, dependendo da época em que viveram: i) usaram métodos pouco avançados para alcançar um objetivo; ii) eram possuidores de aparelhos com maior precisão em medidas; iii) mostravam grande conhecimento dos céus, mas não se preocupavam ou não conseguiram estabelecer padrões; iv) não conseguiram regularidades nas medidas; v) tornaram o cosmos imperfeito com observações, por exemplo, de crateras Lua, onde antes não eram notadas; vi) mantiveram a perfeição do cosmos, ignorando importantes descobertas como o Geocentrismo; vii) comprovaram cientificamente suas teorias.

Reunindo todas essas parcelas de contribuições ao longo da evolução das Ciências, chegou-se à soma que impulsionou o desenvolvimento científico graças a grandes pensadores.

## 2.1 Pilares cronológicos

Muito embora aqueles mencionados nesta seção não tenham grande destaque neste estudo, a presença deles faz-se necessária, pois a cronologia direciona e nos dá uma visão geral de como e sobre quem estudavam os “cientistas” ao longo de um período histórico. Usando os pontos de vista de Pires (2008), em *Evolução das Ideias da Física*, Rocha (2015), em *Origem e Evolução das Ideias da Física*, e Zanetic (1994), em *notas de aulas mimeografadas*, citaremos, nessa seção, algumas personalidades “pré-Eratóstenes” e, resumidamente, fatos relevantes em suas vidas, bem como as influências desses estudiosos nas gerações posteriores.

*Tales de Mileto* (viveu por volta de 640-548 a.C.) buscou explicações para entender a natureza deixando de lado os deuses (PIRES, 2008). Com seus contemporâneos Anaximandro e Anaximenes, compartilhavam de uma ideia comum em relação à composição do Universo, acreditavam em uma “argila” primordial, denominada de *arché*, da qual todos os elementos existentes eram derivados. O *arché* podia assumir várias formas e se conservava em sua totalidade, tinha, dessa forma, importância teórica relevante para a ciência. Em visita ao Egito, trouxe para a Grécia a Geometria abstrata e a Astronomia. Para Tales, o *arché* seria a água, possivelmente, por se configurar como elemento essencial à vida de animais e vegetais (ROCHA, 2015). O planeta Terra, na concepção desse cientista, flutuava sobre esse elemento (PIRES, 2008).

*Anaximandro* viveu por volta de 610-547 a.C., foi discípulo de Tales de Mileto; seu *arché* era denominado *apeyron* (em grego, indefinido e sem limite), mais abstrato e primordial que o ar e a água; o surgimento do Universo, no seu ponto de vista, dava-se a partir do momento em que o *apeyron* quente se desprendesse do frio. A Terra não seria um disco, muito menos uma esfera, mas um cilindro, estável no centro do Universo e com diâmetro que media o triplo de sua altura, não caía pelo simples fato de estar à mesma distância de todos os pontos celestes e, portanto, não havia motivos para qualquer tipo de deslocamento (ROCHA, 2015). Amante da simetria, introduziu a Geometria na tentativa de mapear o firmamento. Com ideias nada místicas em relação ao Universo, é considerado por algumas pessoas como fundador da Astronomia (PIRES, 2008).

A simetria pode ser entendida como uma regra de ouro na Física, guarda relações entre transformações e regularidades expressas em conceitos, leis, princípios físicos e teorias,

*Anaximenes* foi o sucessor de Anaximandro, viveu por volta de 588-524 a.C., acreditava, no ponto de vista de Rocha (2015), numa Terra plana em formato de disco fino flutuando sobre o ar. Via o ar como matéria-prima dos deuses. Bom observador, enxergou o arco-íris como efeito dos raios solares passando pelo ar condensado e percebeu um arco-íris causado pela luz lunar. Acreditava em um material cristalino transparente no qual as estrelas estavam presas, e, pela enorme distância da Terra, não forneciam calor como o Sol (PIRES, 2008).

Descobridor do princípio de vibração dos corpos, *Pitágoras* viveu entre 580-497 a.C. Para Pires (2008), usando hipóteses com base na intuição Matemática e na estética, intensamente ligadas à religião e com poucas observações foi, aparentemente, o primeiro a usar o termo *cosmos* indicando um Universo harmonioso e a dizer que a Terra era uma esfera. Segundo Rocha, 2015, ele chegou a acreditar que tudo no Universo resumia-se a números inteiros. Voltando aos conceitos unificadores pode-se observar, uma vez que tudo se resume a números inteiros no ponto de vista daquele cientista, uma dedução ainda vaga e aparentemente hipotética com relação aos números, todavia com possibilidade de futuras regularidades que tratariam de maneira mais eficiente a transformação da energia.

Um princípio único associava planetas e estrelas: “os períodos planetários deveriam guardar entre si uma relação de pequenos números inteiros, e o cosmos todo executaria, assim, uma fantástica música universal – a música das esferas” (ROCHA, 2015, p. 53). Uma das mais belas criações da mente humana foi o primeiro modelo matemático para descrever o Universo, todavia incapaz de caracterizar os movimentos planetários. Ficou assustado ao descobrir por meio do seu famoso teorema de triângulos retângulos (Teorema de Pitágoras) os números irracionais. Amante da geometria e dos números, achava que os planetas e estrelas deveriam obedecer à geometria circular girando ao redor da Terra, um corpo esférico (ROCHA, 2015). Ou seja, processos de transformação (dia, noite, ano) guardariam entre si uma regularidade que responde a uma particular ideia de simetria: o que é tão simétrico quanto uma distribuição radial em torno de um centro?

Defendendo a ideia da mudança, *Heráclito*, que viveu entre os anos de 540 e 470 a.C., acreditava que tudo estaria em constante evolução, dizia ser impossível alguém entrar duas vezes no mesmo rio, pois a água sempre se renovava. O conhecimento do mundo dar-se-ia pela ordenação, e pela razão, somente por ela, poderíamos conhecê-lo (ROCHA, 2015).

Com ideias totalmente opostas às de Heráclito, seu contemporâneo *Parmênides*, que viveu entre 530 e 460 a.C., concebia o ser como imutável, eterno e imóvel; uma ideia bem difundida pelos gregos, que acreditavam que formas perfeitas, como um cubo, esferas, sólidos regulares, além de números inteiros, não precisariam de mudanças, vendo na perfeição a última

das coisas. Um dos seus discípulos chegou à formulação de alguns paradoxos para provar o quanto seu mestre estava certo; a corrida de Aquiles com a tartaruga, com autoria de Zenão, foi o mais famoso deles (PIRES, 2008).

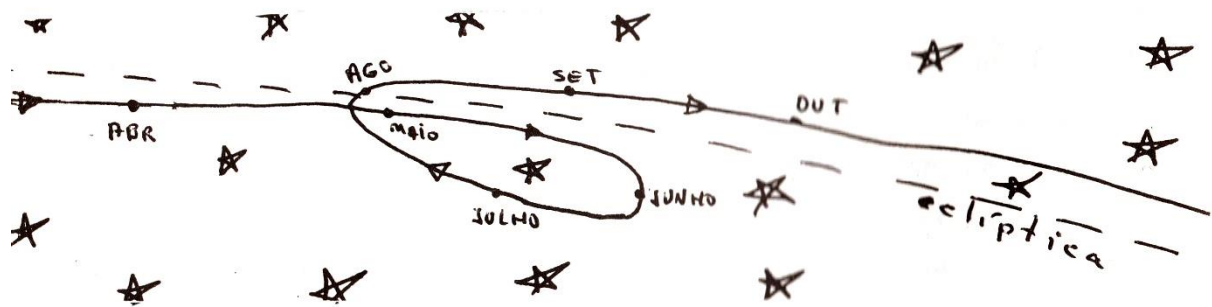
*Empédocles*, nascido por volta de 490 a.C., parece ter sido o criador dos quatro elementos, chamados por ele de “raízes de todas as coisas” (terra, fogo, ar e água), que se combinavam sob ação de outras duas forças, denominadas “amor e ódio” (atração e repulsão). Alguns dizem que ele pode ter exercido fortes influências sobre Isaac Newton na formulação da gravitação universal (ROCHA, 2015).

Com provável nascimento em 384 a.C., *Aristóteles* acreditava em dois tipos distintos de movimento: 1) os naturais, oriundos de causas internas e subdivididos em outros dois: radicais descendentes e circular uniforme; 2) os violentos, que se opunham aos naturais, produzidos por causas externas. Para ele, os quatro elementos terrestres (terra, água, ar e fogo) deviam deslocar-se de forma vertical ocupando naturalmente seus lugares, os mais pesados (graves) para baixo, enquanto os mais leves para cima. Já os corpos celestes, vistos como perfeitos e imutáveis, possuidores de movimento circular uniforme, eram constituídos por um quinto elemento, também chamado de “quinta essência” (ROCHA, 2015).

*Aristarco de Samos* viveu por volta do século III a.C., propôs a teoria heliocêntrica. Segundo Aristarco, o Universo era bem diferente do que diziam Aristóteles e Platão. Ele cogitou que todos os corpos celestes, inclusive o planeta Terra, giravam ao redor do Sol, localizado no centro do Universo. Mediante o testemunho de Arquimedes e Plutarco, a teoria foi registrada, no entanto poucos escritos a seu respeito chegaram à nossa época. Derrotada e esquecida por quase dois milênios pela teoria Geocêntrica, dominante na época, as ideias deste grande filósofo foram repelidas, pois as experiências cotidianas da época pesavam para uma teoria que colocava a Terra como o centro do Universo (ZANETIC, 1994). Tão difícil quanto compreender profundamente uma regularidade é opor-se à ela. Outras transformações precisam entrar em cena e com estas as tensões principalmente com a égide da Igreja e do feudalismo.

*Hiparco de Niceia* viveu por volta do ano II a.C., fez uso de artifícios geométricos para corrigir uma anomalia inesperada nos movimentos dos planetas (Figura 1).

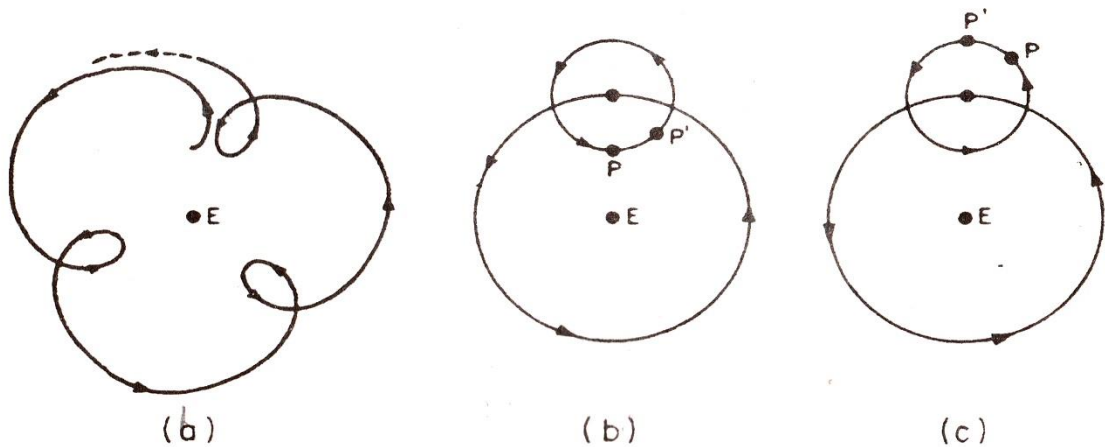




**Figura 1.** O movimento de regressão do planeta Marte visto de uma seção do céu.

Fonte: Zanetic (1994, p. 56).

Os astrônomos daquela época ficaram confusos, pois esperavam, uma vez que o Universo era geocêntrico, um movimento circular regular dos planetas em volta da Terra; todavia, algo incomum ocorria durante esse trajeto, a estranha dança planetária, denominada movimento retrógrado. Segundo Zanetic (1994), aproveitando de artifícios geométricos Hiparco de Niceia salvou as aparências do modelo astronômico vigente (Figura 2).



**Figura 2.** (a) O sistema básico deferente-epiciclo. (b) O movimento aparente por ele gerado no plano da eclíptica. (c). Uma porção (1 – 2 – 3 – 4) do movimento como visto por um observador situado na terra central

Fonte: Zanetic (1994, p. 57).

Para Zanetic (1994), esse cientista fez uso do deferente e do epiciclo; o primeiro, um círculo centrado na Terra, e o segundo, outro círculo em movimento centrado no deferente; lá estava o planeta também se movendo.

Buscou-se, erroneamente, regularidades para o comportamento dos astros, no entanto tais erros não tiram os méritos desse grande cientista. Na visão de Pires (2008), Hiparco de Niceia é considerado o maior astrônomo da antiguidade, pois acreditava em um Universo geocêntrico e conseguiu vários feitos notáveis, como a invenção do astrolábio, descobriu a precessão dos equinócios, analisou o problema do tamanho relativo do Sol e da Lua, entre outros.

## **2.2 Eratóstenes de Cirene**

Seguindo uma linha cronológica, o presente trabalho volta no tempo para lembrar o feito de Eratóstenes, que viveu em Alexandria no século III a.C (PIRES, 2008). A ausência das unidades de medidas tão precisas quanto as atuais não foi suficiente para impedir os ideais desse matemático, ele calculou a medida do raio da Terra, (até então, vista como não esférica na visão de mundo de muitos de seus contemporâneos). Segundo Hewitt (2011, p. 1), “[...] lembrado por seu estupendo cálculo do tamanho da Terra, de notável precisão (dois mil anos atrás, sem computadores, sem satélites especiais – usando tão somente um bom raciocínio, geometria e medições simples)”. Com seu vasto conhecimento em Matemática, Geografia e tantas outras áreas do conhecimento, foi audacioso não somente por reafirmar, em uma época tão remota, a esfericidade da Terra, mas por medir o raio desta esfera e chegar a um número muito próximo do que conhecemos atualmente.

Nota-se, com grande feito desse cientista, a presença dos conceitos unificadores regularidade e escala (ANGOTTI, 2015). A partir do momento em que matematicamente o raio da Terra, ainda que com um pequeno erro na medida, é estabelecido, pode-se realizar previsões e formular outras leis como, por exemplo, a da gravitação universal de Isaac Newton, séculos mais tarde, abrindo portas para o avanço científico. Portanto, Eratóstenes:

[...] sabia que a Sol está em sua posição mais alta no céu ao meio-dia do de 22 de junho, solstício de verão. Nesse momento, a sombra de uma estaca vertical se apresenta como comprimento mínimo. Se o Sol estiver diretamente acima, a estaca não projetará sombra alguma, o que ocorre em Siena, cidade ao sul de Alexandria. Eratóstenes descobriu que o Sol estava diretamente acima de Siena usando as informações da biblioteca, que registrava que naquele momento a luz do Sol cairia diretamente sobre um poço profundo em Siena e se refletiria para cima novamente. Eratóstenes raciocinou que o prolongamento dos raios do Sol naquela localidade, para o interior da Terra, devia passar pelo seu centro. Da mesma forma, uma linha vertical

em Alexandria (ou qualquer outro lugar) que fosse prolongada em direção ao interior da Terra deveria também passar pelo centro do planeta (HEWITT, 2011, p. 2).

Nessa época, segundo Santos, Voelzke e Araújo (2012), a existência da represa de Assuã, localizada ao sul de Alexandria e onde também estava localizada a cidade de Siena, era favorável ao tráfego de muitas caravanas entre estas duas cidades. Tal fato pode evidenciar o conhecimento da distância entre as duas localidades, que era de 5.000 estádios (aproximadamente 800 km).

Eratóstenes tinha conhecimento de que os raios solares, pela enorme distância entre Sol e Terra, chegavam praticamente paralelos à superfície terrestre, conhecia as distâncias entre Siena e Alexandria e, possivelmente, conhecia muito bem a geometria de um plano e de uma esfera, possibilitando, em determinada data do ano, a realização da medida da circunferência do “possível globo”. Com todas essas informações e um vasto conhecimento matemático, bastou efetuar os cálculos e concluir que o nosso planeta se assemelhava a uma esfera, com circunferência próxima a quarenta mil quilômetros.

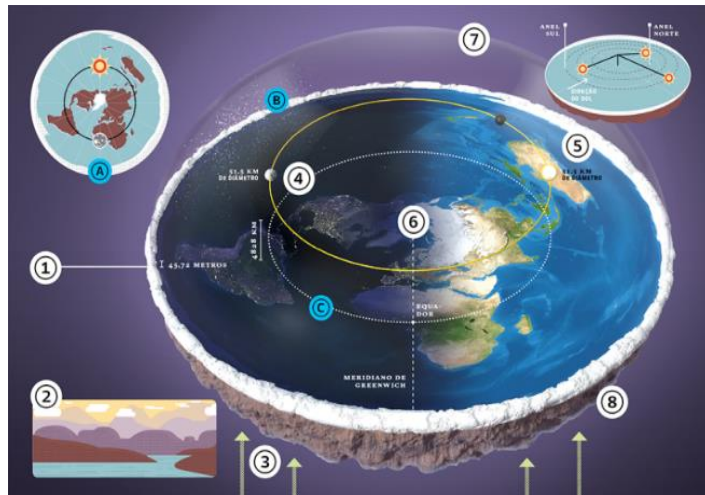
Ainda do ponto de vista de Santos, Voelzke e Araújo (2012), o experimento de Eratóstenes teve grande importância na história da Ciência, permitindo, em ambientes escolares, discussões em torno de como os raios solares chegam à superfície terrestre, a geometria da incidência destes em várias latitudes, abrindo caminho para abordagem de aspectos históricos desse importante feito realizado há mais de 2000 anos; além disso, propicia uma farta experiência interdisciplinar para educadores e educandos.

Como supracitado, Pitágoras, provavelmente, foi o primeiro a mencionar que nosso planeta era uma esfera (PIRES, 2008); logo, conclui-se que Eratóstenes já sabia sobre a possibilidade da esfericidade da Terra, fato que contraria os intitulados “*terraplanistas*”<sup>3</sup>. As figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, a diferença entre o que pensa um “terraplanista” e a visão científica para o formato do planeta Terra.

Para Eler (2017), dentre outras ideias, os *terraplanistas* veem o Sol e a Lua como esferas pequenas, ambos com 51,1 km e localizados a 5 mil km da superfície, mais ou menos, do tamanho de cidades; muralhas de gelo cercam o planeta, e não existe gravidade, uma força misteriosa puxa a Terra para cima.

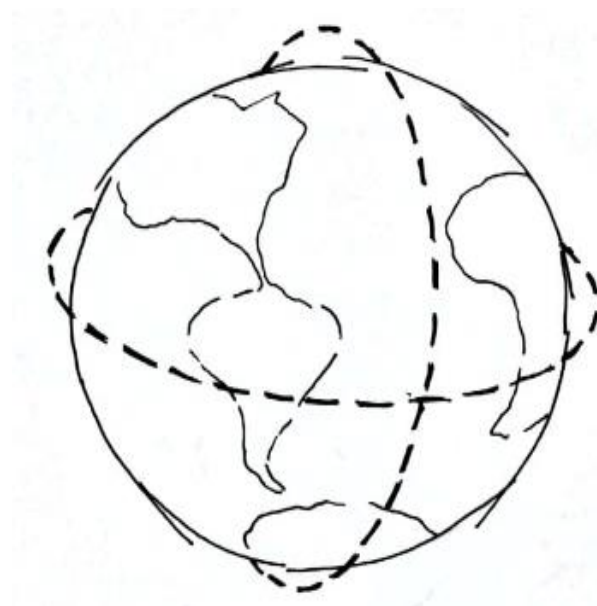
---

<sup>3</sup>Aqueles (as) que acreditam que o planeta Terra é plano.



**Figura 3.** Terra plana

Fonte: Eler (2017)

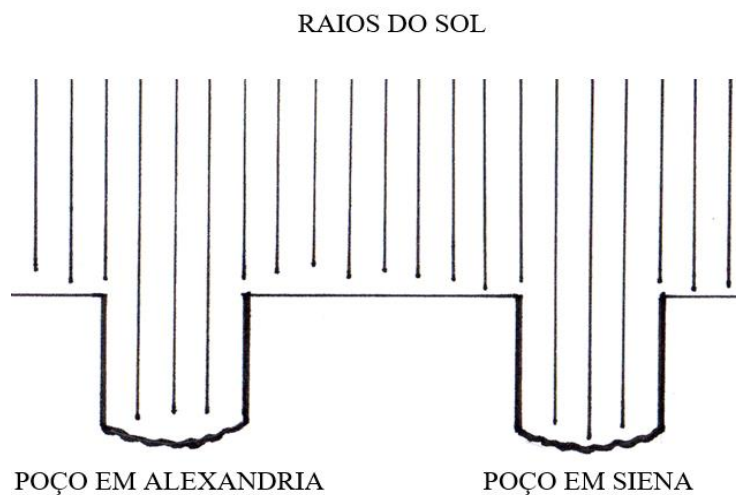


**Figura 4.** Terra esférica

Nota: Figura sem escalas

Fonte: O autor (2019)

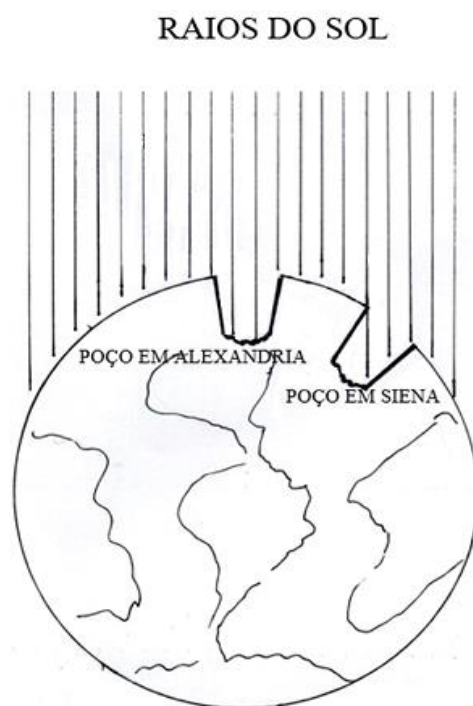
As figuras 5 e 6 mostram como os raios solares chegam ao nosso planeta, seja ele plano, na primeira figura, ou esférico, na segunda.



**Figura 5.** Raios solares chegando a um plano

Nota: Figura sem escalas

Fonte: O autor (2019)



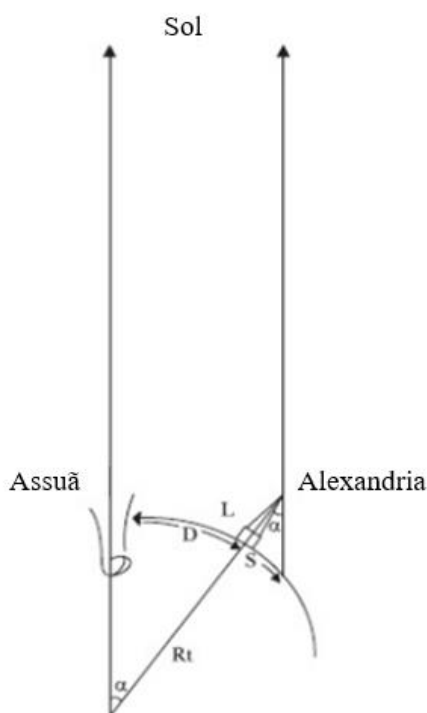
**Figura 6.** Raios solares chegando a uma esfera

Nota: Figura sem escalas

Fonte: O autor (2019)

Há dois mil anos, existia pouca precisão nas medidas, tanto para o diâmetro do Sol quanto para a distância em que ele se encontrava em relação ao terceiro planeta do Sistema

Solar; todavia, Eratóstenes sabia que esse astro, através de um princípio de medida, estava muito distante de nós e seus raios deviam chegar praticamente paralelos à superfície terrestre. Dessa forma, considerando a Terra plana, poços – buracos – deviam ter seus fundos igualmente iluminados, não importando suas localizações, bem como hastes erguidas em diferentes pontos da Terra iriam projetar ângulos iguais. Os cálculos para um plano falharam, como evidencia a figura 7.



**Figura 7.** A determinação do raio da Terra por Eratóstenes

Fonte: Rocha (2015, p. 68).

Como tais fatos não ocorriam conforme mostra a figura 5, logo se deduziu a esfericidade da Terra. Assim, segundo Rocha (2015, p. 68):

Medindo o comprimento  $S$  da sombra de um objeto vertical em Alexandria, e relacionando-o com o comprimento  $L$  do próprio objeto através de  $\text{tg}\alpha = S/L$ , Eratóstenes determinou (achando  $7,5^\circ$ ; enviando depois um bem-treinado para calcular distâncias) à Assuã, ele mediu o arco de círculo  $D$  que liga Assuã à Alexandria, determinando, assim, o raio da Terra através da relação  $R_t = D/\alpha$ , encontrando 7300 km, próximo do valor conhecido hoje, de 6400 km, para o raio médio da Terra. O método é puramente geométrico, mas já contém os germes da ciência moderna, pois as grandezas envolvidas no cálculo foram todas determinadas experimentalmente.

Esse feito parece bem simples, considerando que já o encontramos pronto, todavia foi calculado há mais de 2000 mil anos. A soma de todos os artifícios utilizados nesse complicado raciocínio mostra a astúcia de um grande cientista que, praticamente – considerando os poucos recursos disponíveis da época –, foi preciso em suas medidas.

### 2.3 Cláudio Ptolomeu

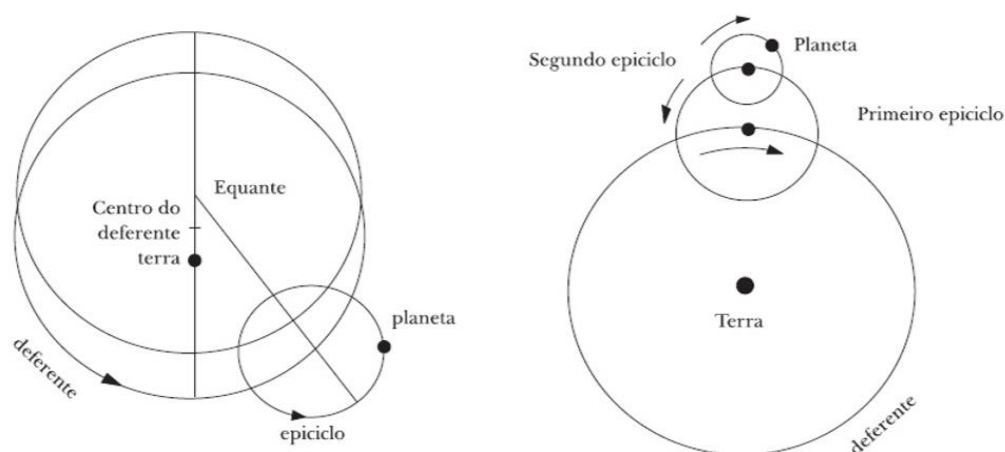
Segundo Rocha (2015, p. 69), “Claudius Ptolomeu (110-170 d.C.) nasceu provavelmente no Alto Egito e viveu praticamente toda a sua vida em Alexandria”. Apesar de erros cometidos ao longo da vida, deixou importantes contribuições para que outros cientistas obtivessem sucesso em estudos posteriores. Para este cientista, o céu era perfeito e obedecia a leis divinas diferentes de qualquer outra encontrada na superfície daquele que era considerado o centro do universo, o planeta Terra, e o círculo era a figura perfeita.

Para falar de Ptolomeu, partimos de uma escala de comprimento menor para algo bem grandioso, da Terra para um Modelo Planetário. Para esse cientista, aparentemente, não existia a menor preocupação em criar uma regularidade para explicar os movimentos dos corpos celestes, afinal de contas, a Terra e o céu possuíam leis totalmente distintas.

No ponto de vista de Rocha (2015), o *epiciclo*, o *excêntrico* e o *deferente* foram artifícios geométricos reutilizados por Ptolomeu, inventados em épocas anteriores por Apolônio de Perga e desenvolvidos por Hiparco, astrônomo de grande apreço para Ptolomeu.

Analisando o modelo planetário ptolomaico (geocêntrico), nota-se a Terra não exatamente no centro, e as estações do ano não têm durações iguais. “Para explicar essa anomalia, Ptolomeu deslocou o centro do movimento circular do Sol do centro da Terra colocando-o em um ponto chamado **excêntrico** (que fica fora do centro)” (PIRES, 2008, p. 56). Dessa forma, o Sol, durante seu movimento, nem sempre está à mesma distância da Terra, como podemos observar na figura 8.

Esse modelo busca acomodar as transformações verificadas nos movimentos de planetas verificadas em dados astronômicos ainda imprecisos às regularidades “presentes em figuras mais simples”. É bem confuso, similar ao que já citamos na seção 2.1, pois apresenta o planeta dando voltas circulares em torno de um ponto denominado *epiciclo*; por sua vez, o centro deste ponto gira em torno de outro ponto central, que não é a Terra, e descreve uma outra circunferência, bem maior que a primeira, denominada *deferente*.



**Figura 8.** O deferente, o epiciclo e o artifício do equante

Fonte: Rocha (2015, p. 71).

Outro detalhe que se observa – figura 8 – é a formação de um segundo epiciclo, ou seja, para alguns planetas, era necessária a formação de vários epiciclos, o que tornava esse sistema realmente confuso.

No início, ele apresentou argumentos pelos quais acredita que os corpos celestes se movem em órbitas esféricas e que a própria Terra é esférica e se encontra no meio do Universo. Usou como prova a imobilidade translacional da Terra a invariância, com o tempo, do tamanho e das posições angulares das chamadas estrelas fixas. Excluiu o movimento de rotação afirmando que, se isso acontecesse, as coisas que não estão em repouso na Terra (como as nuvens ou uma pedra lançada ao ar) teriam um movimento contrário ao da rotação (PIRES, 2008, p. 55).

É um modelo iniciado por Apolônio de Perga, estudado mais adiante por Hiparco de Niceia – considerado por Ptolomeu como seu mestre – e concluído por Ptolomeu. Este estudioso conseguiu poucos créditos com grande parte dos físicos por conta de erros em suas teorias, mas, para Pires (2008, p. 55), “Os historiadores da ciência consideram que o trabalho de Ptolomeu foi excepcional”.

## 2.4 Nicolau Copérnico

Segundo Pires (2008), Nicolau Copérnico teve início de vida em 1473, em Torun, na Prússia Oriental, Polônia nos dias de hoje, e faleceu 70 anos mais tarde em Frombork, no mesmo país. Estudioso dos trabalhos de Ptolomeu, ele tenta mostrar e simplificar as ideias com relação ao sistema planetário propondo um novo modelo, muito antes mencionado por Aristarco



de Samos, mas nunca aceito; neste, o Geocentrismo – Terra como centro do Universo – dava lugar ao Heliocentrismo – Sol como astro central –, como se observa na figura 9.



**Figura 9.** O sistema heliocêntrico de Copérnico

Fonte: Rocha (2015, p. 73).

Para Rocha (2015, p. 72), a invenção do equante e do movimento denominado excêntrico deixou este cientista muito insatisfeito, pois, para ele, era introduzido um movimento desigual, que contrastava com a regra de que todas as coisas deveriam girar em volta de um ponto central do Universo com velocidade invariável. Imaginou a possibilidade de criar um sistema em que o Sol estaria imóvel e a Terra giraria à sua volta com movimentos circulares, uniformes e concêntricos e, finalmente, mostrar que ele seria bem mais coerente que o modelo vigente da época.

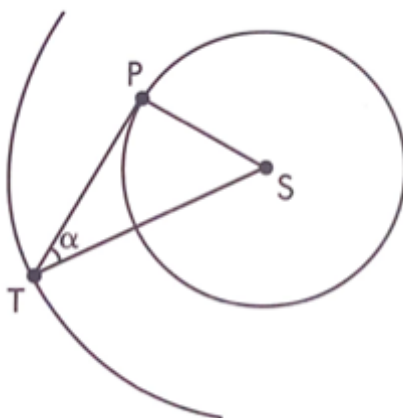
Em sua publicação de 1543, “*Revolutionibus Orbium Celestium*”, Copérnico descrevia conceitos bem próximos da cultura grega. No seu ponto de vista, a grande vantagem do heliocentrismo seria a simplificação da descrição sem que houvesse a necessidade da utilização dos equantes, – artifício de Ptolomeu – por exemplo, logo, explicava-se as mesmas observações já estudadas anteriormente, contudo os movimentos se aproximavam do ideal platônico. (NUSSENZVEIG, 2002)

Pires (2008) explica que, no modelo copernicano, o Sol era a figura central, fixo e imóvel, e não a Terra como antes se pensava. Com movimentos circulares, giravam à sua volta

todos os planetas conhecidos até a época, Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno. A Terra girava em torno do próprio eixo em um período de 23 horas e 56 minutos e a Lua a orbitava.

Os conceitos unificadores regularidade e escala são notados com as descobertas de Copérnico, o padrão para determinar o dia, por exemplo, bem como quando se estabeleceu uma medida para a distância entre planetas – ver figura 10. Mas é o processo de transformação, associado à mudança de referencial terrestre para o solar que opera em maior relevância, pois implica em conseqüente deslocamento da visão de mundo das pessoas, tanto científica como filosófica e religiosa.

É perceptível, graças aos estudos de Copérnico, que, no século XVI, já existiam as marcas de um modelo planetário fruto da ciência já existente, complexo, porém bem mais simples que o anterior. Este cientista também desenvolveu um método para calcular a distância do Sol a um planeta, observado na figura 10.



**Figura 10.** Diagrama para o cálculo da distância de um planeta ao Sol

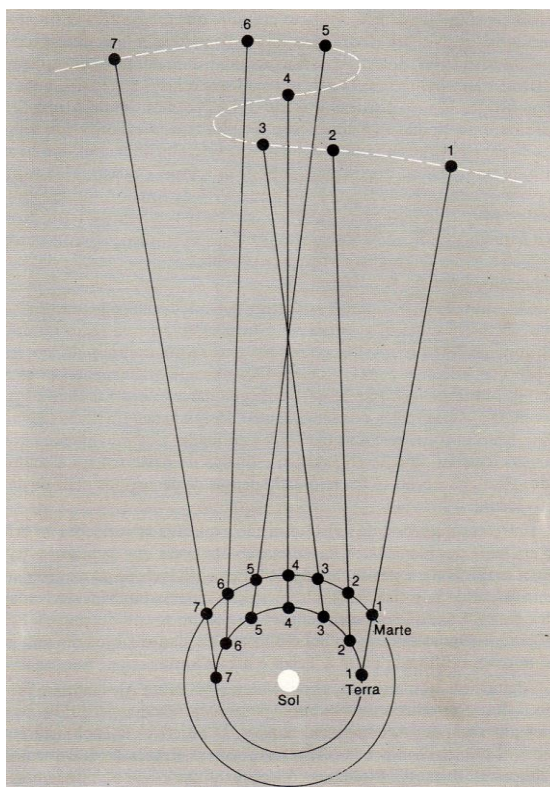
Fonte: Pires (2008, p. 88).

Segundo Pires (2008), na figura 10,

$$PS = TS \operatorname{sen} \alpha, \quad (1)$$

onde P representa o planeta, S, o Sol, T, a Terra. O ângulo  $\alpha$  – alfa – é formado em T quando P é visto em sua maior separação angular de S. “Quando isso acontece uma linha traçada da Terra ao planeta é tangente à sua órbita e, assim, perpendicular à linha dele ao Sol (ver equação 1)” (PIRES, 2008, p. 89)

Uma das maiores revoluções da humanidade ocorreu com a transição do modelo planetário geocêntrico para o heliocêntrico, isto é, a partir da ideia de que o Sol seria a figura central e não a Terra, como muitos pensavam. Com o heliocentrismo, muitos fenômenos foram explicados, inclusive a correção para o movimento retrógrado inteligentemente explicado por Hiparco de Niceia – ver seção 2.1 –, embora considerasse o Universo geocêntrico naquele momento da história. Na figura 11, percebemos os motivos pelos quais Marte tem um movimento irregular para um observador na Terra.



**Figura 11.** Movimentos Retrógrados dos Planetas

Nota: Figura sem escalas

Fonte: Silk (1988, p. 13).

Com o pensamento Copernicano, podemos claramente enxergar órbitas com raios menores para planetas mais próximos ao astro central, bem como órbitas com raios maiores para aqueles mais distantes, Marte girando em volta do Sol e não da Terra, como antes se pensava, além do movimento de rotação do nosso planeta. Com tais argumentos e auxílio da figura 9, percebe-se porque os planetas parecem dançar no céu, diferentemente da Lua, que apresenta um movimento de translação regular sobre a Terra, os planetas oscilam. O conceito

unificador escala “opera” com a Astronomia e a Matemática numa verdadeira catarse desse movimento planetário projetado numa tela cósmica, triunfo do modelo copernicano.

Podemos resumir as vantagens das descobertas de Copérnico com a fala de Zanetic (1994), relatando que o Heliocentrismo deste “cientista” solucionou inúmeros problemas, tais como: a) entender que Mercúrio e Vênus estão entre a Terra e o Sol (pois sempre eram observados próximos do Sol) bem como obter as distâncias entre eles e este astro); b) mostrar que Marte, Júpiter e Saturno apresentavam órbitas com raios maiores que a Terra e, por isso, pareciam estar, às vezes, em oposição ao Sol; c) o movimento retrógrado dos planetas; d) o movimento diário dos corpos celestes era aparente quando se considerava a Terra girando em torno do próprio eixo; e) entre outros. Com todas estas descobertas, o conhecimento científico teve grandes avanços, as transformações, regularidades e escalas, supracitadas e visualizadas nos estudos de Copérnico, impulsionaram os trabalhos voltados ao campo da Astronomia e tornaram a leitura dos céus bem mais fácil e coerente.

O inteligente pensamento copernicano encaixa-se perfeitamente nos princípios científicos atuais, no entanto o maior dos obstáculos ainda estava por vir, provar que suas teorias eram verdadeiras. O “cientista” enfrentou inúmeros obstáculos para tentar introduzir uma nova visão de mundo no cerne da sociedade enraizada com um modelo geocêntrico milenar. Seu modelo, portanto, não seria consolidado naquele momento, pois precisaria, na visão de Rocha (2015), entre outras coisas, mostrar compatibilidade das leis físicas com suas teorias, ou seja, substituir os estudos aristotélicos formulados e estabelecidos ao longo de milênios. De maneira sucinta, seria necessário desenhar uma nova mecânica, diferente daquela já existente, estabelecer uma lei da gravidade, além de provar os movimentos da Terra, trabalhos que recairiam sobre Galileu Galilei e seriam consumados, mais tarde, por Isaac Newton.

Conclui-se, portanto, que, apesar de grande genialidade, Copérnico encontrou inúmeros obstáculos ao longo de sete décadas de vida; era medroso a ponto de, segundo Pires (2008), odiar a publicação de sua obra *Sobre as Revoluções das Esferas Celestes*, com receio de exposição ao ridículo e, em escala menor, uma desaprovação de caráter religioso.

Embora acreditasse no movimento rotacional da Terra, infelizmente, não obteve provas para mostrar o comportamento de objetos em uma Terra móvel, todavia formulou um modelo heliocêntrico em que tudo parece ser mais simples. Ainda que com várias lacunas abertas, este estudioso chamou a atenção por provocar vários astrônomos e revolucionar a História da Física.

O impacto de suas descobertas pode ser evidenciado na fala de Martin Lutero: “*O louco vai virar toda a ciência da Astronomia de cabeça para baixo: pois, como declara o Livro Sagrado, foi o Sol e não a Terra que Josué mandou parar*” (apud ROCHA, 2015, p. 75).

A fala de Lutero mostra que Copérnico foi um revolucionário e seu modelo planetário do século XVI foi fundamental para os estudos científicos.

## 2.5 Giordano Bruno

Do raio da Terra, calculado antes de Cristo por Eratóstenes, ao Universo infinito do filósofo italiano Giordano Bruno (1548- 1600).

Em 1576 Thomas Digges publicou uma versão popular da ideia de Copérnico onde descrevia um universo que (ao contrário do universo copernicano) era sem limites em todas as direções num espaço infinito. A ideia de universo infinito (tanto no espaço quanto no tempo) foi endossada também pelo filósofo italiano Giordano Bruno (1548-1600) (PIRES, 2008, p. 92).

Era um infinito místico, ausente das ideias científicas ou sem qualquer regularidade que desse a ideia de como funcionam as leis físicas que regiam esse Universo de Bruno. O interessante na rica história deste astrônomo resume-se ao tamanho que ele atribui ao Universo, imenso a ponto de não ter um fim. “Enquanto o Universo fosse imaginado como uma esfera fechada e finita não podia surgir a ideia de um corpo que se movesse indefinidamente em uma linha reta. Tal corpo teria finalmente de sair fora do mundo” (PIRES, 2008, p. 93). Em sua visão, os astros eram seres animados e tinham vontade própria, porém não foi penalizado com a morte por suas crenças cosmológicas, como alguns erroneamente mencionam, mas por ter ideias consideradas heréticas em relação à Santíssima Trindade (PIRES, 2008).

Froés (2014) em seu trabalho “*Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para o Ensino Médio*”, exalta a imensidão do cosmos e de como cientistas de épocas tão remotas, detentores de poucos recursos tecnológicos, conseguiam grandes sucessos em seus estudos sobre os céus. Queimado em uma fogueira por afirmar verdades não aceitas pela maioria das pessoas da época, Giordano Bruno é lembrado depois de quatro séculos. Dentre outras afirmações, disse que as estrelas no céu eram outros sóis, com outros sistemas planetários e possibilidades de vida nos planetas.

O céu diurno abriga o poderoso Sol, em uma imensidão azul. As nuvens, com suas formas em constante transformação, movem-se em diferentes velocidades, eventualmente dando origem à chuva. A Lua muitas vezes está visível, mas é na noite em que ela impera, com suas fases. Na escuridão, aparecem miríades de estrelas, especialmente concentradas em uma faixa no céu, atualmente bem pouco visível em nossas cidades poluídas (FROÉS, 2014, p. 3504-4).

Felizmente, os cientistas modernos possuem equipamentos bem mais sofisticados e liberdade de expressão, aparatos inexistentes para Giordano Bruno, em sua época; este, mesmo com ideias além do seu tempo, não conseguia prová-las com os poucos instrumentos

disponíveis. Contudo, o mais lamentável na história deste cientista, como na de muitos outros, foi ser tratado como herético por pensar de maneira diferente. Embora não seja foco deste trabalho, é interessante destacar a impressionante persistência em defender, literalmente, até o fim de sua vida, que seus ideais não fossem corrompidos, em momento algum, pela sociedade da época.

## 2.6 Galileu Galilei

Galileu Galilei nasceu na cidade de Pisa, Itália, em 15 de fevereiro de 1564 e faleceu no dia 8 de janeiro de 1642 em Arcetri, lugar localizado em Florença no mesmo país (PIRES, 2008). Hewitt (2011), coloca Galileu Galilei como o grande cientista do século XVII, o maior da época, aquele que deixou de lado ideias aristotélicas relacionadas ao movimento e começou a prestigiar a forma de pensar de Nicolau Copérnico. Audacioso, teve conflitos com autoridades ligadas à igreja católica, o que lhe proporcionou sofrimento na velhice quando retirada sua liberdade de expressão. Não foi o inventor do telescópio, mas realizou bom trabalho com as lentes do equipamento, fazendo com que elas aumentassem o tamanho aparente dos objetos de maneira significativa.

Conhecendo o telescópio em Pádua, em 1609, Galileu buscou rapidamente uma forma de torná-lo bem mais interessante, aumentando, a partir de trabalho nas lentes do equipamento, o tamanho aparente do corpo observado em até trinta vezes. O mais interessante na história entre esse italiano e a luneta, por ele aperfeiçoada, foi a empregabilidade no contexto científico (ROCHA, 2015).

Com as lentes aperfeiçoadas, Galileu preocupou-se em arrecadar dinheiro; assim, vendeu seu produto para aqueles que fizeram dele uma arma de guerra; inicialmente, visualizações numa escala de comprimento menor, como embarcações, mais tarde, corpos maiores e mais distantes.

O relato das observações astronômicas de Galileu aparece em março de 1610, com a publicação do *Sidereus Nuncius*. Nesta obra Galileu descreve o caráter montanhoso da Lua, que é uma prova experimental clara contra a tese aristotélica da incorruptibilidade dos céus; aponta para a existência de inúmeras estrelas e das enormes distâncias entre elas, se opondo claramente à existência do sétimo céu, isto é, da esfera última de estrelas fixas do sistema cosmológico ptolomaico-aristotélico tradicional; anuncia a descoberta de quatro satélites de Júpiter, permitindo por analogia pressupor a plausibilidade da hipótese copernicana de que a Terra e a Lua giram ao redor do Sol, tal como Júpiter e seus quatro satélites (ARAÚJO FILHO, 2006, p. 47-48).

Grandes descobertas de um cientista que usou um instrumento, visto como objeto de guerra pelas forças armadas, como aparato científico, impulsionou o avanço astronômico e, apesar de tudo, sofreu muito durante sua vida para conseguir publicar suas ideias. As descobertas de Galileu mudaram radicalmente a forma de ver os céus, buracos na Lua, manchas no Sol, entre outros. Regularidades transgredidas, postas em cheque pelas relações de escala do telescópio, revelando defeituoso um corpo que antes era visto como perfeito, fatos que, provavelmente, desagradaram a sociedade da época.

Para Pires (2008), além das descobertas sobre o satélite natural da Terra, ele teve êxito quando percebeu que as estrelas fixas não mudavam de tamanho quando observadas pelo telescópio e notou que deviam estar a uma enorme distância de nosso planeta. Descobriu centenas de estrelas, os quatro satélites de Júpiter, além das manchas solares. O estudo de quedas de corpos e movimento de projéteis foi deixado de lado por Galileu, tudo graças à descoberta do telescópio com suas potentes lentes. Com tantas descobertas pelo uso de um instrumento, é atribuído a ele o título de maior cientista do século XVII.

## **2.7 Johannes Kepler**

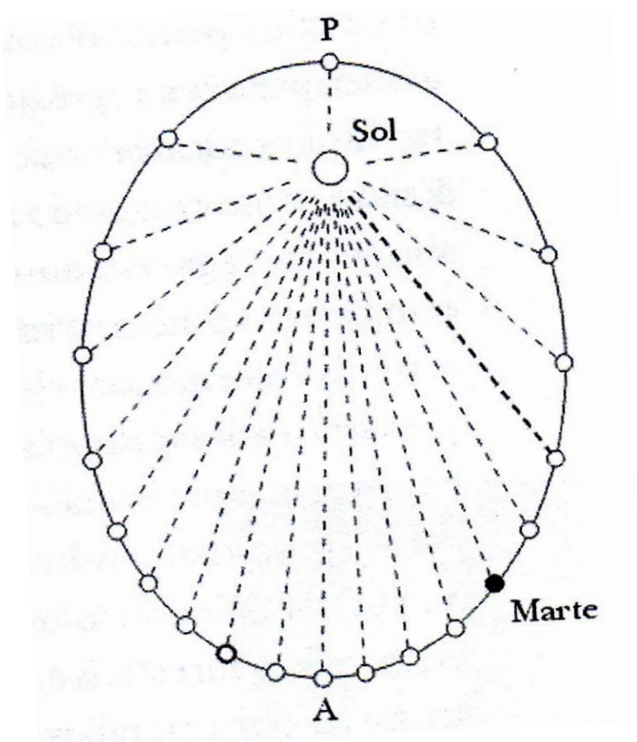
De acordo com Pires (2008), Kepler teve nascimento registrado em 27 de dezembro de 1571, em Weil, cidade localizada no sudoeste da Alemanha. Faleceu em 15 de novembro de 1630.

As parcerias, tão presentes na sociedade atual e necessárias para a produção do conhecimento científico, também se faziam necessárias nos séculos XVI e XVII, por isso Kepler alavancou seus estudos quando trabalhou com as descobertas de Tycho Brahe. Pires (2008) descreve Brahe como dinamarquês da cidade de Knudstrup que nasceu em 14 de dezembro de 1546, filho de um importante governador. Tycho, muito audacioso, perdeu o nariz em um duelo e, por isso, usava uma liga metálica de ouro e prata na cavidade nasal. Com relação às suas descobertas, previu de antemão eclipses, corrigiu tabelas astronômicas, presenciou uma supernova, além de catalogar com imensa precisão mais de sete centenas de estrelas. Tais atributos renderam-lhe uma ilha com cerca de cinco quilômetros de distância no meio de Sund, localizada entre o castelo de Elsinor e Copenhague, além de apoio financeiro que possibilitou a construção de um observatório com os mais sofisticados e caros equipamentos astronômicos daquela época.

Nussenzveig (2002) destaca o modelo planetário proposto por Tycho como intermediário, entre o Ptolomaico e o Copernicano, neste, com exceção da Terra, todos os demais planetas orbitavam o Sol, todavia, o Sol girava em redor da Terra. Fazendo coletas de

dados durante toda sua vida, esse astrônomo obteve grande precisão em suas observações, mesmo realizadas a olho nu. Sem dúvidas, o melhor astrônomo de sua época, com falecimento registrado no ano de 1601.

Independentemente da época, os recursos financeiros são essenciais para a produção do conhecimento. O que foi conquistado e pesquisado por Tycho permitiu a Kepler, um dos feitos astronômicos de maior alcance em termos matemáticos até a sua época, princípios que estabelece regularidades nos astros e deram uma nova dinâmica ao estudo astronômico. A partir da figura 12, pode-se compreender as suas duas primeiras leis.



**Figura 12.** A segunda lei de Kepler para os movimentos planetários

Fonte: Rocha (2015, p. 81).

Estudioso do nosso céu, Kepler percebeu que as órbitas circulares dos planetas em torno do Sol, vistas como perfeitas por muitos estudiosos que o precederam, possuíam uma forma oval. Para Hewitt (2011), a expectativa desse estudioso de que os planetas possuíam movimentos perfeitos em torno do Sol foi abalada depois de muitos estudos com pouco ou nenhum resultado. Logo, uma de suas grandes descobertas vem à tona; também conhecida como primeira lei de Kepler, as trajetórias dos planetas em torno do Sol eram elipses e não círculos.



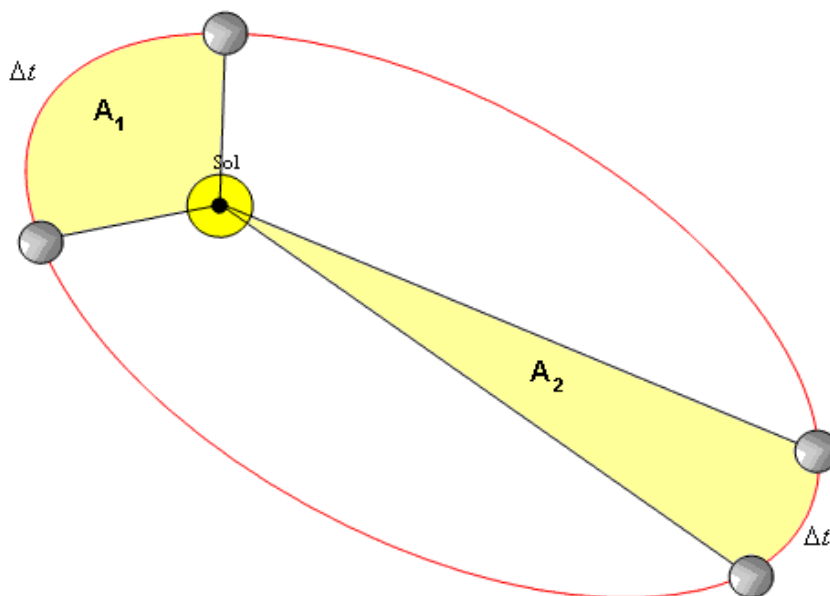
Se em determinada época o planeta está mais distante do Sol, como comprova a primeira lei, provavelmente, haverá variações na influência desta estrela sobre o corpo que a orbita, como mostrou a figura 12 e é melhor detalhado na figura 13. Entretanto, para a Terra a elipse é praticamente um círculo, o que dificulta observar grandes variações.

Podemos matematicamente escrever a segunda lei de Kepler da seguinte forma:

$$\frac{A_1}{\Delta t} = \frac{A_2}{\Delta t} \quad (2)$$

Em que  $A$  representa a área e  $\Delta t$  o intervalo de tempo.

No *Mysteryum*, Kepler intuiu um poder emanado do Sol, atribuindo simbolicamente ao Espírito Santo, que diminuiria com a distância. Se as trajetórias dos planetas são elípticas uma conclusão lógica é que, quando se aproximam do Sol, sofrem uma influência maior, adquirindo assim maiores velocidades (ROCHA, 2015, p. 80).



**Figura 13.** 3ª Lei de Kepler - Lei dos Períodos

Fonte: Só Física (2018).

No ponto de vista de Rocha (2015), bastou confrontar as ideias lógicas e os documentos deixados por Tycho Brahe, falecido nessa época, para o surgimento da segunda lei do movimento planetário, que diz: “A linha que liga o Sol aos planetas varre áreas iguais em tempos iguais” (ROCHA, 2015, p. 80).

A partir dessas descobertas, outras deduções emergem, e, com elas, a terceira lei:

O Sol como foco, para Kepler, era não só o centro matemático das elipses planetárias mas também o centro espiritual e teológico do universo. Assim, deveria haver uma relação íntima entre os períodos (tempo que os planetas levam para percorrer uma órbita completa) e as distâncias médias do planeta ao Sol. A intuição de Kepler era correta e os dados de Ticho a confirmavam. Estava descoberta a terceira lei: *O quadrado dos períodos das órbitas dos planetas é proporcional ao cubo de suas distâncias médias ao Sol* (ROCHA, 2015, p. 81).

Na concepção de Hewitt (2011), é lógico que a razão entre o quadrado do período (T) e o cubo de seu raio orbital médio (r) é a mesma para cada um dos planetas do Sistema Solar. Dessa forma, podemos calcular facilmente a distância orbital radial média de um planeta ou o período deste astro desde que tenhamos conhecimento de uma dessas informações.

Kepler, além de mostrar que os círculos perfeitos de Ptolomeu não existiam, estabeleceu regularidades nesses movimentos; assim, podemos reafirmar que suas leis valem para qualquer planeta do Sistema Solar, bem como para a Lua ou para qualquer satélite artificial que orbita o planeta Terra. Esses padrões facilitam a compreensão e tornam o sonho de viagens espaciais possível por meio de cálculos muito precisos.

Kepler não mudou nada no Universo conhecido, mas o tornou bem mais nítido, estabelecendo padrões em suas equações e possibilitando grandes conquistas espaciais, somente alcançadas séculos após seu falecimento.

## 2.8 Isaac Newton

Nascido em uma noite de Natal, no ano de 1642, em Woolsthorpe, Inglaterra no calendário daquela localidade, – Juliano – e em 4 de janeiro do ano seguinte pelo calendário adotado na Itália – Gregoriano. Faleceu no dia 20 de março de 1727 (calendário Juliano), e no dia 31 de março 1727 (calendário Gregoriano) (PIRES, 2008).

No cotidiano, quando um indivíduo exerce uma força, isso significa puxar ou empurrar algum corpo. Conceituar força é descrever quantitativamente a interação entre dois corpos ou entre um corpo e o seu ambiente; pode ser enunciada de maneira simples, muito embora ainda existam dificuldades de muitos estudantes em compreendê-la e aplicá-la. As Leis de Newton estão presentes na vida das pessoas antes de elas estudarem os conceitos físicos, seja caminhando, empurrando caixas, jogando bola ou realizando inúmeras atividades em que o movimento está presente. Em momentos como esses, desenvolveu-se o “senso comum”<sup>4</sup> sobre o movimento e suas causas. Ainda que essas ideias desenvolvidas cotidianamente possam

---

<sup>4</sup> Entendido como todo conhecimento adquirido através das vivências cotidianas e visão de mundo ao longo vida.

funcionar e ter grande utilidade na vida das pessoas, a harmonia delas com a análise lógica e a experiência é inexistente (YOUNG; FREEDMAN, 2003).

As poucas relações entre o que é aprendido no cotidiano e em sala de aula são evidenciadas para compreender a força-peso, por exemplo, visto que a maioria dos estudantes, acostumados com uma balança de farmácia, confunde peso com massa.

Nos anos de 1686-1687, Isaac Newton publica *Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, em que a física clássica encontrava-se de maneira sistematizada. Nesta obra, observam-se como foco principal suas famosas leis presentes em nosso cotidiano e essenciais no avanço científico.

Lei I: *Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças impressas nele.*  
Lei II: *A mudança do movimento é proporcional à força motriz impressa, e se faz segundo a linha reta pela qual se imprime esta força.*  
Lei III: *Uma ação sempre se opõe a uma reação igual, ou seja, as ações de dois corpos, um sobre o outro, são iguais e se dirigem a partes contrárias* (ROCHA, 2015, p. 106).

Segundo de Hewitt (2011), a Primeira Lei é denominada lei da inércia, onde Galileu estabeleceu que na ausência de forças, um objeto móvel continuará se movendo, ou seja, este cientista chamou de inércia a tendência de as coisas resistirem em mudanças no seu movimento.

Logo, podemos dizer que a primeira lei de Newton não é, necessariamente, “de Newton” e sim “de Galileu”. Hewitt (2011) usa *permanecer* como palavra-chave nesta lei, na ausência de força, um corpo irá *permanecer* fazendo seja lá o que for. *Permanecer* parado se estiver repouso ou *permanecer* móvel se estiver em movimento sem alterar a velocidade.

Mesmo com a dificuldade de entender os princípios físicos, as pessoas os usam cotidianamente a lei da inércia. Para compreendê-la de maneira simples pode-se usar como exemplo momentos rotineiros do dia-a-dia como andar em um ônibus em movimento, a arrancada desse veículo nos jogando para trás ou, ainda, quando freia e nos arremessa para frente, justificando a obrigatoriedade do uso do cinto de segurança. Um momento bem mais incomum onde a inércia pode ser comprovada seria em uma viagem de avião – maior estabilidade – quando alguém atira um objeto para cima e observa sua queda, exatamente nos pés de quem o lançou, mesmo com a espaçonave em movimento em relação a Terra.

De acordo com Nussenzveig (2002), originalmente a segunda lei começou a ser definida como “quantidade de movimento” por Isaac Newton, ou seja, o produto da massa ( $m$ ) de um corpo por sua velocidade ( $v$ ) seria o momento linear da mesma, como mostra a sequência de passos abaixo:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \quad (3)$$

Na descrição  $\mathbf{p}$  é um vetor momento linear. Caso não haja variação de  $m$  no tempo, derivamos, da equação (3), os dois membros em relação ao tempo obtendo-se:

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\mathbf{a} \quad (4)$$

E, finalmente, comparando com  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ , tão conhecida nas instituições de ensino, todavia não correspondente ao formato original formulado pelo seu autor, chega-se a:

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{F} \quad (5)$$

Correspondente a segunda lei de Newton. “A força é a taxa de variação temporal do momento” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 72).

Uma lei também comum na vida das pessoas, para Young e Freedman (2003, p.99) “A segunda lei de Newton é uma lei fundamental da natureza, a relação básica entre força e movimento”. Ela é visivelmente notada ao empurrar um carro, a força resultante de um grupo de pessoas provocará a aceleração do veículo que terá o mesmo sentido da força resultante.

A terceira é conhecida como a lei de ação e reação (ROCHA, 2015). Bem próxima também das atividades humanas rotineiras, Young e Freedman (2003), evidencia a ocorrência das forças em pares, a atuação de uma força em um corpo será sempre resultado de uma interação com outro corpo. Em exemplos do dia-a-dia percebe-se esta interação quando chutamos uma bola de futebol, ela é arremessada para longe, enquanto sentimos a força que o objeto exerce em nosso pé.

Newton foi exaltado por seu amigo Edmond Halley quando este mencionou que nenhum outro ser humano conseguiu chegar tão perto dos deuses (PIRES, 2008). Sem dúvidas, um ícone, um dos maiores revolucionários da história da Física, desenvolveu um dos maiores feitos da humanidade ao formular a lei da gravidade.

Foi nesse mesmo *annus mirabilis* que Newton intuiu que uma maçã caindo um pouco acima da superfície terrestre e a Lua orbitando em torno da Terra tinham algo de muito importante em comum: a mesma força as ‘puxava’ para o centro da Terra. A correlação da órbita lunar com a aceleração da maçã implicava numa lei do inverso do quadrado das distâncias que seria aplicável, não apenas para corpos situados

próximos da superfície terrestre, como se estendia a corpos celestes distantes como a Lua (ROCHA, 2015, p. 103).

Ainda que a história da maçã nunca tenha acontecido no *annus mirabilis* (ano dos Milagres, em 1666), o fato interessante e verdadeiro deste possível ocorrido é a relação existente entre a queda de um fruto com algo extremamente grandioso, a descoberta da Gravitação Universal, ou seja, a força existente percebida em metros, como a queda daquele corpo de uma árvore é a mesma que se nota a uma distância de quase quatrocentos mil quilômetros, como a órbita da Lua em torno da Terra. É uma lei que se aplica em escala pequena, mas que se estende para todo o Universo conhecido.

Este cientista notou que a gravidade impede o satélite natural de seguir uma linha reta e escape do Planeta. A respeito desses eventos, o próprio Newton escreve: “*Posso dizer sucintamente que a natureza é extremamente simples e está em harmonia consigo mesma. Qualquer que seja a lógica prevalecente em relação aos grandes movimentos, ela prevalecerá também em relação aos pequenos [...]*” (apud ROCHA, 2015, p. 104). Evidencia-se, dessa forma, harmonia do pequeno com o grande, partindo de uma escala métrica para uma escala quilométrica.

A capital da Inglesa, Londres, passou por um período muito conturbado no século XVII, além de muito poluída e com péssimo saneamento básico, teve grandes prejuízos com redução de um sétimo de sua população por conta da peste, em 1665, sem contar prejuízos que se deram por conta do Grande Incêndio de Londres no ano seguinte, devastando dois terços da cidade (NUSSENZVEIG, 2002). Ainda, no ponto de vista de Nussenzveig (2002), a peste foi um dos motivos que levou Newton a sair da capital e retornar ao lugar do seu nascimento, Woolsthorpe, e cinquenta anos mais tarde o próprio Newton descreve os avanços alcançados naquele período, apesar da epidemia, entre eles: binômio de Newton; fórmula de interpolação de Newton; cálculo diferencial; teoria das cores; cálculo integral; e, é claro, começou a pensar na gravidade estendendo-se até nosso satélite natural.

Um período ruim para a Europa, mas frutífero para a ciência, graças ao esforço desse cientista, especialmente em seus estudos relacionados a gravitação universal, teoria fundamental para entender as órbitas planetárias, abordando todas os conceitos unificadores, aqui já mencionados.

Johannes Kepler nos mostrou que as órbitas dos planetas eram elípticas, no entanto com excentricidade pequena para a maioria dos planetas. Logo, abordaremos aqui pensamento Newtoniano para excentricidade nula, ou seja, órbitas circulares, por conta de maior facilidade no tratamento das mesmas.

Conforme aponta Nussenzveig (2002), podemos chegar a lei da gravitação universal de Newton, levando em consideração as descobertas de Kepler, fazendo uso de algumas etapas.

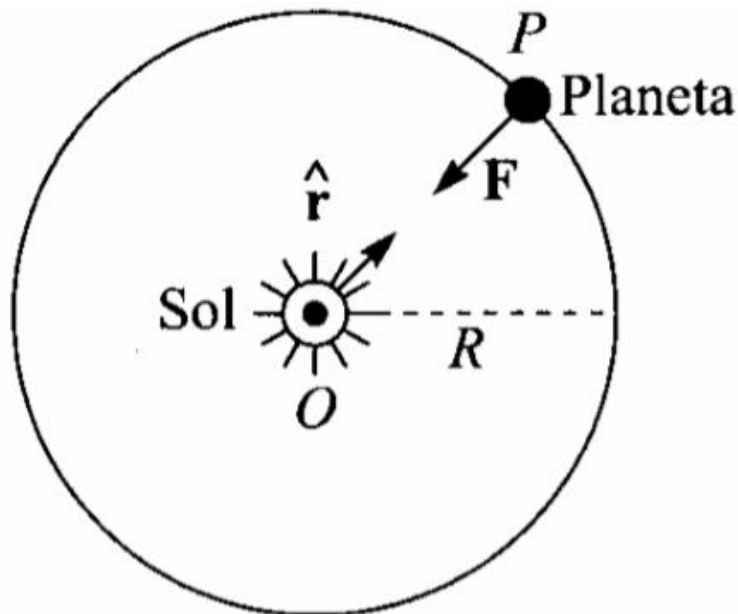
Percebe-se, inicialmente, que para órbitas circulares existe uniformidade nos movimentos para a lei das áreas de Kepler, – 2ª Lei. Nesse caso para o raio  $R$  (Figura 14) e velocidade angular:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad (6)$$

onde  $T$  é o período, a aceleração centrípeta é dada por:

$$\mathbf{a} = -\omega^2 R \hat{\mathbf{r}} = -4\pi^2 \frac{R}{T^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (7)$$

Para melhor entendimento, observe a figura seguinte:



**Figura 14.** Órbita circular

Fonte: Nussenzveig (2002, p. 198).

A partir da figura 14 observa-se o Sol no centro, o planeta  $P$  em órbita, neste caso usaremos o planeta Terra ( $m_T$ ) como exemplo, e na direção radial nota-se  $\hat{\mathbf{r}}$  como vetor unitário. Se  $m$  é a massa do planeta, a segunda lei de Newton fornece a força atuando sobre ele dada como:

$$\mathbf{F} = m_T \mathbf{a} = -4\pi^2 m_T \frac{R}{T^2} \hat{\mathbf{r}}, \quad (8)$$

sendo a força de atração central direcionada para a Sol. A Lei dos períodos de Kepler nos fornece:

$$\frac{R^3}{T^2} = C \quad (9)$$

Possuindo para todos os planetas o mesmo valor,  $C$  é uma constante. Assim, reescrevemos a equação (9) da seguinte forma:

$$\mathbf{F} = -4\pi^2 C \frac{m_T}{R^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (10)$$

Dessa forma, como Newton afirmou, a lei dos períodos evidencia que a força gravitacional varia inversamente com o quadrado da distância entre Terra e Sol, para nosso exemplo. A equação anterior mostra proporcionalidade com a massa da Terra. Observa-se também a lei de ação e reação de Newton entre planeta e estrela, a Terra exercendo força igual e contrária à do Sol, que deve ser proporcional a massa da estrela. Finalmente este cientista chega a expressão:

$$\mathbf{F} = -G \frac{m_T m_S}{R^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (11)$$

Característica da força gravitacional,  $G$  é uma constante universal.

Pires (2008, p. 213), reafirma a conclusão de Newton “[...] que, duas esferas homogêneas atraem uma à outra com uma força inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os seus centros”, ou seja, a lei de atração do inverso do quadrado não está restrita somente a corpos celestes, mas também tem aplicabilidade nas partículas que os compõem (PIRES, 2008).

Embora tenha chegado à conclusão de que a gravidade é uma força universal, Newton não apresentou uma equação matemática que comprovasse tal fato. Laplace, no século XVIII, escreveu a equação na forma como hoje a conhecemos – equação 12 (PIRES, 2008).

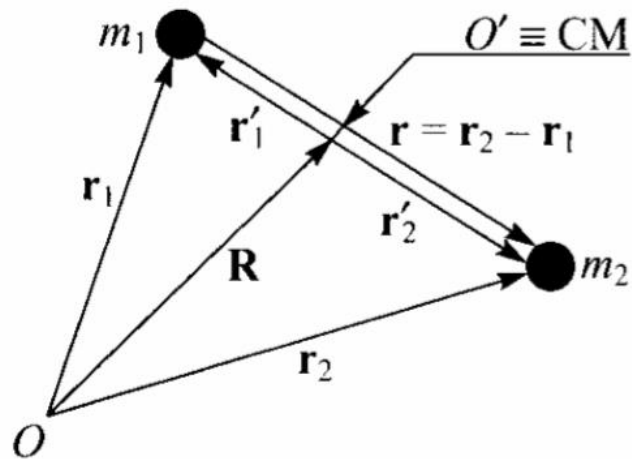
Os grandes avanços espaciais, como lançamento de foguetes, satélites orbitando o planeta, ou visitas à Lua acontecem graças à Mecânica Clássica, uma importante área da Física que teve Isaac Newton como nome de maior destaque. Ele disse: “*se vi mais longe foi porque me apoiei em ombros de gigantes*” (apud PIRES, 2008, p. 184). Aparentemente, quis ser modesto, todavia, apoiando-se ou não em outras personalidades, é, incontestavelmente, um merecedor de todos os méritos a ele atribuídos.

### 2.8.1 As Leis de Conservação e as órbitas de Kepler

O triunfo da teoria da gravitação de Newton pode ser colocado a partir do conceito unificador energia. Energia é uma grandeza física que se conserva nas transformações e compreende as regularidades, conforme destaca Angotti (2015). Com intuito de apresentar as leis de Kepler, considerou-se aqui as contribuições de Newton com notável uso de suas leis, especialmente a gravitação, pois estarmos lidando com corpos de grandes massas que compõem o Sistema Solar, embora tratados em alguns momentos como partículas por conta das enormes distâncias entre eles.

Isaac Newton, segundo Pires (2008), concluiu a partir de seus estudos sobre atração de corpos, implicações das leis de Kepler – segunda e terceira leis – em uma força central dependente do inverso do quadrado da distância. De acordo com Nussenzveig (2002), pertencentes às forças conservativas, forças centrais são definidas como aquelas em que a direção passa pelo centro da trajetória, ou seja, pode ser escrita como  $\mathbf{F}(\mathbf{r}) = F(r)\mathbf{r}/r$ . “Em palavras, é uma força que aponta para o seu centro quando for atrativa e para longe do seu centro quando for repulsiva. Além disso, sua intensidade depende só da distância do seu centro até a partícula” (WATARI, 2003, p. 41). Em se tratando de um sistema isolado, atuação de forças internas com interação mútua apenas entre as duas partículas, o centro de massa encontra-se na mesma linha que une os corpos. Levando-se em consideração o Sistema Sol-planetárias, por exemplo, ele estaria bem próximo ao Sol, – parado ou em movimento retilíneo uniforme – pois essa “partícula” possui cerca de 99,9% (noventa e nove inteiros e nove décimos por cento) da massa que compõe esse sistema planetário. Logo concluímos que a órbita planetária em torno do CM é praticamente a mesma em torno do Sol (NUSENZVEIG, 2002). De acordo com Nussenzveig (2002), conforme ilustra a figura 15, pode-se observar a interação entre duas partículas.





**Figura 15.** Interação entre duas partículas

Fonte: Nussenzveig (2002, p. 216).

A figura 15 ilustra:  $m_1$  e  $m_2$  que distam  $\mathbf{r}_1$  e  $\mathbf{r}_2$ , respectivamente, de um referencial qualquer denominado  $O$ ;  $\mathbf{r}'_1$  e  $\mathbf{r}'_2$  são posições relativas respectivas de  $m_1$  e  $m_2$  em relação ao novo referencial  $O'$  situado no CM; e  $\mathbf{R}$  é o vetor posição do ponto médio, cuja posição é dada como:

$$\mathbf{R} = \frac{m_1 \mathbf{r}_1 + m_2 \mathbf{r}_2}{m_1 + m_2} \quad (12)$$

A massa ( $M$ ) total do sistema:

$$M = m_1 + m_2 \quad (13)$$

Lembrando que o CM pode estar se movendo sob ação de forças externas no sistema  $O$ , fato que não se altera com o movimento das massas.

O vetor posição relativa:

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 \quad (14)$$

sendo que a resolução do sistema para os vetores posição  $\mathbf{r}_1$  e  $\mathbf{r}_2$  nos fornece:

$$\mathbf{r}_1 = \mathbf{R} + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \mathbf{r} = \mathbf{R} - \frac{m_2}{M} \mathbf{r} \quad (15)$$

$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{R} + \frac{m_1}{m_1+m_2} \mathbf{r} = \mathbf{R} + \frac{m_1}{M} \mathbf{r} \quad (16)$$

Em relação ao referencial constante  $O$  (CM), aplicando-se a 2ª lei de Newton em cada uma das massas, escrevemos:

$$m_1 \ddot{\mathbf{r}}'_1 = \mathbf{F}_{1(2)}, \quad m_2 \ddot{\mathbf{r}}'_2 = \mathbf{F}_{2(1)} \quad (17)$$

Em que  $\mathbf{F}_{1(2)}$  e  $\mathbf{F}_{2(1)}$  são, respectivamente, força sobre a massa 1 em virtude de 2 e força sobre a massa 2 por ação de 1.

A partir da terceira lei de Kepler (Ver seção 2.8), podemos escrever

$$\mathbf{F}_{2(1)} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \hat{\mathbf{r}}_{12} = -\mathbf{F}_{1(2)} \quad (18)$$

Em que as distâncias entre as massas é  $r_{12} = |\mathbf{r}_{12}|$ , o vetor unitário direcionado de 1 para 2 é  $\hat{\mathbf{r}}_{12} = \frac{\mathbf{r}_{12}}{r_{12}}$ . O sinal negativo se deve ao fato de que  $\mathbf{F}_{2(1)}$  exercida em 1 sobre 2 se dirige para 1, isto é, em sentido contrário a  $\hat{\mathbf{r}}_{12}$  (força atrativa). Com a equação (14) chegamos a:

$$\mathbf{F}_{2(1)} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}_{12} = -\mathbf{F}_{1(2)} \quad (19)$$

Fazendo uso das equações 20, 21 e 22 e realizando algumas substituições, reduziremos as equações do movimento em apenas uma:

$$\frac{m_1 m_2}{M} \ddot{\mathbf{r}} = \mathbf{F}_{2(1)} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (20)$$

Isto é, a massa reduzida presente em problemas envolvendo duas partículas:

$$\mathbf{F} = \mu \ddot{\mathbf{r}} \quad (21)$$

Na qual  $\mathbf{F} = \mathbf{F}_{1(2)}$  depende apenas de  $\mathbf{r}$  e

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{M} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}, \quad (22)$$

possuindo dimensões de massa.

“Ela pode ser interpretada como se fosse o movimento de uma partícula única de massa  $\mu$  sujeita a uma força  $\mathbf{F}$  cujo centro está em uma das partículas” (WATARI, 2003, p.38). A redução é sempre válida sendo uma interação de força central.

Podemos usar as equações 23 e 24, como conta Nussenzveig (2002), para ver os efeitos da massa reduzida em problemas relacionados a órbitas circulares chegando a:

$$\ddot{\mathbf{r}} = -G \frac{m_1 m_2}{\mu r^2} \hat{\mathbf{r}} = -\frac{G(m_1 + m_2)}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (23)$$

Voltando a equação 7, do capítulo 2.8, identificamos  $\ddot{\mathbf{r}}$  com a aceleração centrípeta em uma órbita em círculos de período  $T$  da partícula  $\mu$ , isto é,  $\mathbf{r} = -4\pi^2 \frac{r}{T^2} \hat{\mathbf{r}}$ , onde extraímos desta e da equação (12):

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} (m_1 + m_2) = \frac{G m_2}{4\pi^2} \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) \quad (24)$$

referente a 3ª lei de Kepler (lei dos períodos), mencionada na seção 2.7.

Como afirma Nussenzveig (2002), para o caso do Sistema Solar, onde os planetas giram em torno de uma grande massa, teríamos  $r$  para o raio dessa órbita e  $m_1$  e  $m_2$  as massas do planeta e Sol, respectivamente. Notamos que há a introdução do fator  $1 + m_1/m_2$  na lei dos períodos de Kepler, como efeito único da massa reduzida, tornando-a, devido a ele, inexata. Logo, é perceptível que a constante da terceira lei de Kepler sofre variação de um planeta para outro.

Lembrando que a primeira lei de Kepler, com enunciado mencionado na seção 2.7, tem a descoberta das órbitas planetárias elípticas como grande trunfo deste cientista e são de grande importância em trabalhos acadêmicos envolvendo o ensino de Física e Astronomia. Porém, julgamos exaustiva a obtenção da equação da elipse para os propostos desta pesquisa.

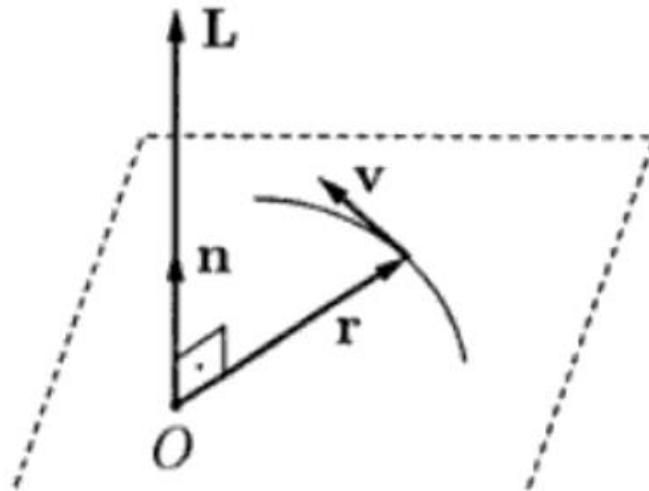
Quando um sistema apresenta massas iguais para dois corpos em uma órbita circular de mesmo raio e determinada massa reduzida, percebe-se o CM como ponto médio do segmento as partículas girando em torno dele. Outro fato relevante é saber que o Sol também orbita o centro de massa com raio extremamente pequeno por conta de sua proximidade desse centro (NUSSENZVEIG, 2002).

Para chegar a segunda lei de Kepler, exploraremos o fato de que algumas grandezas movido-se em torno de forças centrais se conservam. No ponto de vista de Watari (2003), o

momento angular é uma delas, sendo uma partícula  $m$  (massa) no que se refere a origem do sistema definida como  $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p} = \mathbf{r} \times m\mathbf{v}$ . Quando derivada em relação ao tempo, conforme Watari (2003), e fazendo uso da segunda lei de Newton tem-se:

$$\dot{\mathbf{L}} = \frac{d}{dt}(\mathbf{r} \times m\mathbf{v}) = \dot{\mathbf{r}} \times m\mathbf{v} + \mathbf{r} \times m\dot{\mathbf{v}} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = \mathbf{r} \times F(r)\frac{\mathbf{r}}{r} = 0 \quad (25)$$

Nota-se que  $\dot{\mathbf{L}} = 0$  (constante ( $\mathbf{L} = 0$ )) e, portanto, há a conservação da quantidade de movimento angular. A figura (3), estudada por Watari (2003), retrata a importância dessa constância de  $\mathbf{L}$ .

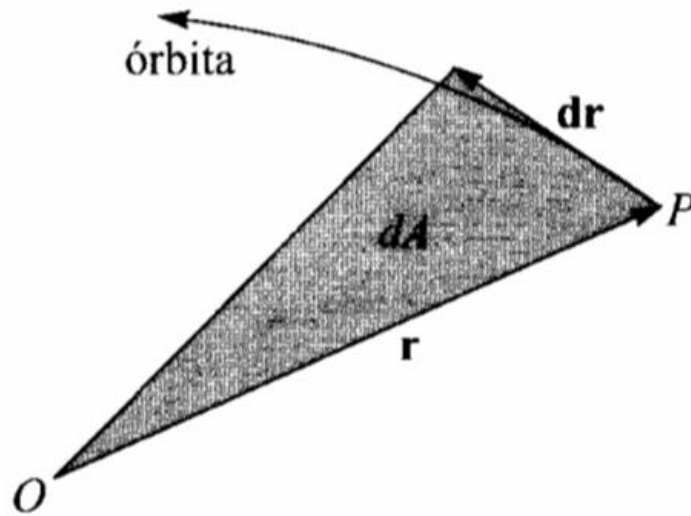


**Figura 16.** Plano da órbita

Fonte: Watari (2003, p. 42).

Percebe-se, pela figura acima, que o trajeto da partícula não “escapa” do plano perpendicular a  $\mathbf{L}$ . Esse plano contém toda a trajetória sendo  $\mathbf{r}$  sempre ortogonal a  $\mathbf{L}$ . Conclui-se que  $\mathbf{r}$  varrerá pontos que estarão sempre dentro de um plano ortogonal a  $\mathbf{L}$  e passando pela origem, quando  $\mathbf{L}$  for constante (WATARI, 2003).

Consideremos agora, a partir do ponto de vista de Nussenzveig (2002), uma parte infinitesimal de certo trajeto que corresponda, a partir de um ponto  $P$ , um deslocamento  $d\mathbf{r}$  ilustrado na figura 17.



**Figura 17.** Área varrida pelo raio vetor

Fonte: Nussenzveig (2002, p. 233).

Nota-se, pela figura, um vetor  $\mathbf{r}$  ligando o centro  $O$  ao ponto  $P$  e varrendo uma área sombreada  $dA$  dada como:

$$dA = \frac{1}{2} |\mathbf{r} \times d\mathbf{r}| \quad (26)$$

Sendo que o tempo da área varrida por  $\mathbf{r}$  com a taxa de variação, também chamada de velocidade areolar, é dada como:

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} \left| \mathbf{r} \times \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \frac{1}{2} |\mathbf{r} \times \mathbf{v}| = \frac{1}{2m} |\mathbf{r} \times \mathbf{p}| = \frac{L}{2m} \quad (27)$$

A magnitude do momento angular e velocidade areolar são diretamente proporcionais. Pela equação 27 percebe-se claramente:

$$\frac{dA}{dt} = \frac{L}{2m} = \text{constante} \quad (28)$$

O que nos leva a segunda lei de Kepler, também conhecida por lei das áreas quando  $\mathbf{F}(\mathbf{r}) = -\frac{GMm}{r^2} \frac{\mathbf{r}}{r}$ , onde percebe-se áreas iguais sendo varridas em tempos iguais pelo raio vetor (WATARI, 2003).

Como já mencionamos, a partir da primeira lei de Kepler, os planetas do Sistema Solar possuem órbitas elípticas ao redor dos Sol estando, ora mais próximos, – periélio – ora mais distantes – afélio – dessa estrela, mas sempre varrendo áreas iguais em períodos iguais, como supracitado. A partir dessa lei fica claro, no trajeto dos planetas, maior velocidade no periélio e redução no seu movimento no afélio.

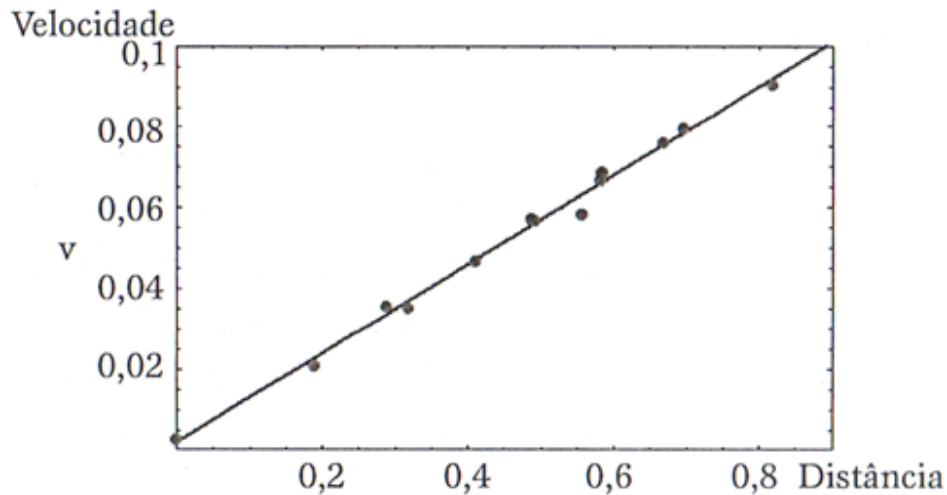
## 2.9 Edwin Hubble

Edwin Hubble, com nascimento e morte datados, respectivamente, em 1889, em Marsfield, Missouri, e 1953, em San Marino, Califórnia, foi pioneiro nos estudos que apontavam um céu muito além da Via Láctea, evidenciando que nossa galáxia não era única e milhares de outras faziam parte da composição do que denominamos Universo. Conseguiu, em 1923 com ajuda de um telescópio de cem polegadas de Monte Wilson, regularidades para as medidas das distâncias entre galáxias, um padrão que comprovava sua teoria (SILVA, 2006).

Com pensamento aparentemente similar ao do italiano Giordano Bruno, Hubble conseguiu um feito que o italiano não conseguira por conta de inúmeras variáveis, entre elas a falta de aparatos suficientemente avançados para provar que o Universo era “infinito”. O conceito unificador escala pode aqui ser bem evidenciado quando o mais moderno das personalidades presentes na SD não provou a infinidade do Universo, mas mostrou que ele era extremamente grande e necessitava, portanto, da unidade *ano-luz* para estimar o seu tamanho. Assim:

Observando a galáxia de Andrômeda, Hubble conseguiu separar algumas estrelas, nos ramos em espiral, que apresentavam variações em seus brilhos, semelhante a um tipo de variação periódica da luminosidade de estrelas da própria Via Láctea, conhecidas como Cefeidas (SILVA, 2006, p. 147).

Na figura 18, podemos observar um gráfico deste cientista em um de seus trabalhos mostrando a *relação velocidade versus distância de Hubble*, neste, publicado no ano 29 do século passado, o estudioso dos céus mostrou que o deslocamento das raias do espectro para o vermelho (*redshift*) tinha crescimento aproximado e proporcional à distância que nos separa das galáxias que eram observadas, ou seja, a velocidade de afastamento das galáxias crescia à medida que houvesse maior distanciamento entre elas.



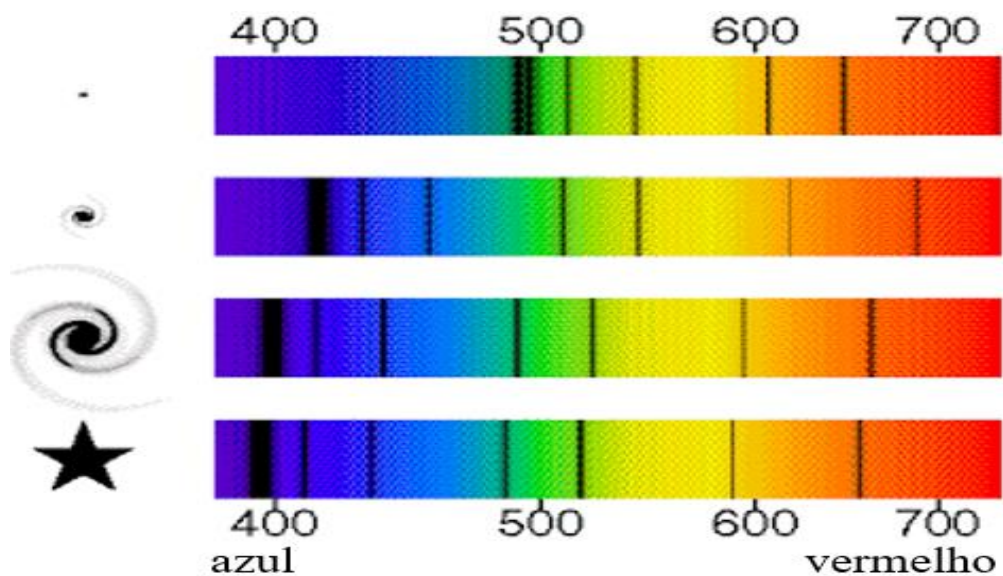
**Figura 18.** A relação velocidade versus distância de Hubble

Fonte: Silva (2006, p. 148).

Com a luminosidade estimada a partir de respectivos períodos, este estudioso chegou a números pouco precisos, mas estabeleceu um parâmetro e classificou as galáxias como elípticas e braços espiralados. Hubble concluiu, a partir de suas investigações, que havia uma relação aproximadamente linear entre velocidades e as distâncias das galáxias. Acreditando que o efeito Doppler óptico provocava o *redshift*, ele atribuiu valores para o aumento das galáxias mostrando, caso ele estivesse correto, que, num passado remoto, elas não estavam tão distantes umas das outras. Esse raciocínio também possibilitou uma estimativa para a idade do Universo (SILVA, 2006).

Através do efeito Doppler (fenômeno físico), segundo Silva (2006), pode se medir uma fonte sonora ou luminosa quando esta se afasta ou se aproxima do observador e, portanto, o *redshift* pode ser comparado por analogia à frequência do som da sirene ligada de um carro de bombeiros que se aproximando de nós (aumentando a frequência e diminuindo o comprimento de onda) ou se afasta ocorrendo o oposto (diminuição da frequência e aumento do comprimento de onda).

Para o efeito luminoso ocorre o mesmo: com as fontes se afastando as linhas espectrais tem seu deslocamento direcionado para a extremidade avermelhada do espectro – *redshift* (“desvio para o vermelho”) – com maior comprimento de onda e baixa frequência, para o contrário, fontes se aproximando, tem-se linhas espectrais com deslocamento tendendo para a parte azulada do espectro, – *blueshift* (desvio para o azul) – com comprimento de onda pequeno e frequência muito alta, como podemos ver na figura 19 (SILVA, 2006).



**Figura 19.** Efeito Doppler luminoso

Fonte: Astro-Doppler (2020)

Para melhor entendimento da figura acima devemos:

[...] notar o deslocamento das raiais ou riscas ao longo do espectro – extremidade esquerda = azul; extremidade direita = vermelho): fonte 1: estrela próxima; fonte 2: galáxia vizinha; fonte 3: galáxia de grande distância; fonte 4: galáxia muito distante [ os números 400, 500, 600, 700 referem-se ao valor do comprimento de onda, em Angstroms<sup>5</sup>] (SILVA, 2006, p. 146).

Edwin Hubble teve êxitos para mostrar o quanto o Universo visível é grande e como se tornou cada vez maior com o passar do tempo. É o mais recente dos cientistas aqui mencionados e já tinha *regularidades* estabelecidas por seus antecessores, a explosão *energética* com a Revolução francesa, as várias *transformações* possibilitadas pela ciência até o século XIX e estabeleceu novas conquistas *nas escalas de comprimento*, mostrando um Universo em que o *quilômetro* (km) ou a *unidade astronômica* (UA)<sup>6</sup> não seriam unidades adequadas para medi-lo. Numa época em que a ciência estava bem desenvolvida talvez tenha faltado em sua vida presenciar a saída do primeiro satélite da Terra, fato que ocorreu na mesma década do seu falecimento.

Sendo assim, no início, tem-se a Terra como centro do Universo, mais tarde, a percepção do Sol reinante, em seguida, planetas e estrelas quase “invisíveis” em uma enorme galáxia e, finalmente, com a contribuição deste astrônomo, um sistema planetário tornando-se poeira, ou

<sup>5</sup> Unidade de medida de comprimento. 1 Å (Angstroms) equivale a  $10^{-10}$  metros.

<sup>6</sup> Unidade de medida de comprimento: distância média da Terra ao Sol – cerca de 150 milhões de quilômetros.



algo menor que isso, localizada na periferia de uma galáxia dentre bilhões de outras em um Universo em expansão.

## Capítulo 3

### Revisão panorâmica do referencial teórico e revisão bibliográfica

#### 3.1 Tirinhas como Recurso Didático no Ensino de Física

Quando nos deparamos com documentos referentes ao cenário da educação brasileira, principalmente da rede pública de ensino, percebemos claramente a existência de inúmeras variáveis – mencionadas mais adiante no capítulo 5 – que podem ajudar ou dificultar que os objetivos propostos sejam atingidos, seja dentro do ambiente escolar ou em todo o contexto social no qual o estudante está inserido. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN):

A educação deve estar comprometida com o desenvolvimento total da pessoa. Aprender a ser supõe a preparação do indivíduo para elaborar pensamentos autônomos e críticos e para formular os seus próprios juízos de valor, de modo a poder decidir por si mesmo, frente às diferentes circunstâncias da vida. Supõe ainda exercitar a liberdade de pensamento, discernimento, sentimento e imaginação, para desenvolver os seus talentos e permanecer, tanto quanto possível, dono do seu próprio destino (BRASIL, 2000, p. 16).

Diante dessas variáveis, especialmente de ordem social, existem muitas dificuldades para que o desenvolvimento total da pessoa, proposto pelos PCNs, seja de fato atingido. Logo, faz-se necessário um comprometimento diário e, por vezes, exaustivo dos profissionais do magistério pela busca de novas metodologias e recursos diversos, inclusive o apoio familiar, a fim de tornar o conhecimento cada vez mais acessível a todos. É sabido que, em sala de aula, o estudante passa por vários momentos no processo de ensino e aprendizagem, o “chato”, de leituras densas e cálculos cansativos, e o divertido, com aulas mais descontraídas através dinâmicas, teatro ou confecção de materiais diversos. A proposta desta Sequência Didática (SD) é mesclar – o “chato” com o divertido – por meio do uso de THQ, incompreendidas se não houver uma leitura ou discussão prévia do conteúdo trabalhado e, ao mesmo tempo, dinâmica com imagens e textos curtos.

Alcântara (2014) enfatiza o quanto a leitura tem o poder de levar as pessoas a um mundo imaginário mediante as palavras de determinados autores. E, quando se trata dos quadrinhos, com seus vários elementos facilitadores – leitura e imagem –, essa comunicação entre o quadrinista e os leitores torna-se cada vez mais acessível. Descreve sobre a resistência histórica para introduzir esse recurso didático nos estabelecimentos brasileiros de ensino, pois existia receio da entrada de hábitos estrangeiros no país; houve, inclusive, protestos contra as Histórias em Quadrinhos por diversos bispos da cidade paulista de São Carlos propondo a censura destas.

No Brasil, em 1928, surgiram as primeiras críticas contra os quadrinhos. Por acreditarem que os quadrinhos incutiriam hábitos estrangeiros nas crianças, a Associação Brasileira de Educadores – ABE – fez um protesto contra as HQ. Em 1939, diversos bispos da cidade de São Carlos, em São Paulo, propuseram a censura aos quadrinhos por estes conterem, na opinião deles, temas estrangeiros que eram prejudiciais às crianças (ALCÂNTARA, 2014, p. 4).

Ainda segundo Alcântara (2014, p. 4), “A situação piora em 1944, quando o Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos (INEP) apresentou um estudo, sem muita fundamentação, mostrando que os quadrinhos provocavam ‘lerdeza mental’”.

A perseguição perdurou por vários anos e teve em sua defesa um importante documento brasileiro que dizia “[...] de acordo com a Constituição Federal de 1988, não existe nenhum código ou lei que limite o conteúdo das histórias em quadrinhos” (ALCÂNTARA, 2014, p. 5).

A partir de então, surge uma abertura para utilização desse importante recurso e maiores possibilidades na transmissão do conhecimento por meio de imagens e textos bem-humorados. Esses acontecimentos atrasaram muito a inserção desse tipo de recurso no ensino brasileiro, mas hoje é visto como importante ferramenta pedagógica. Em trabalho na área de Física, Caruso e Freitas deixam claro que:

As tirinhas, por seu caráter lúdico, podem ser utilizadas pelo professor como instrumento de apoio em suas aulas capaz de “prender a atenção” dos alunos. Elas têm a vantagem de permitir que qualquer assunto de Física ou de Ciências possa ser abordado sem recorrer, num primeiro momento, à matematização do fenômeno. Levando-se em conta que muitas vezes é a deficiência em Matemática que desestimula o jovem a estudar ciências, recorrer aos quadrinhos pode ser uma decisão efetiva no sentido de motivar o estudante (CARUSO; FREITAS, 2009, p. 364).

É importante lembrar que os cansativos cálculos matemáticos e as densas leituras e interpretação de textos são essenciais para desenvolver as habilidades dos estudantes, todavia as THQ surgem como meio de acesso para aqueles com grandes dificuldades em ler, interpretar, raciocinar de maneira lógica, além de possuírem apatia por matérias científicas.

Alguns autores criticam arduamente a forma como o ensino de Física costuma ser conduzido nas instituições de ensino. Em trabalho intitulado *A utilização de Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física*, é relatado que:

O panorama geral do ensino de Física mostra uma prática de sala de aula ainda baseada no método puramente expositivo, com o professor cumprindo uma grande gama de conteúdos, muitas vezes desarticulados em relação à realidade discente. Nessa abordagem, a ênfase principal volta-se para a resolução repetida de exercícios-padrão, que mais procuram verificar a competência do aluno em substituir números

em fórmulas do que uma compreensão mais efetiva do fenômeno (TESTONI; ABIB, 2003, p. 2).

Existe uma distância de grandes proporções entre a linguagem utilizada pelo professor e o que é entendido pelos estudantes; tal distância poderia ser minimizada com utilização de sequências didáticas que explorem, além dos conhecimentos prévios dos estudantes, novas alternativas, com menos preocupação em “trabalhar todo o conteúdo programado” pelas escolas.

No trabalho *Física em Ação através de Tirinhas e Histórias em Quadrinho* de Pereira, Olenka e Oliveira (2016) também elevam o potencial das THQ quando afirmam que a introdução de um novo conceito em Física por meio de tirinhas como objeto de problematização inicial por conta do seu grande potencial, motivando discussões, dando espaço para opiniões diversas dos estudantes e possibilitando ao professor, por meio dos conhecimentos prévios, adequar o plano de aula ao potencial de cada turma.

O ensino público brasileiro possui enormes desafios para serem superados, e novas metodologias por si só dificilmente resolverão uma questão histórica e agregada a um sistema de ensino fragilizado por vários elos sociais. O presente trabalho aposta no uso de *tirinhas* como mediadoras do ensino-aprendizagem, neste caso, a SD envolvendo escalas ao longo da história da Astronomia apresentando várias personalidades que tiveram contribuição direta no processo de construção do conhecimento astronômico. Segundo Pereira, Olenka e Oliveira:

Com respaldo na literatura investigada formulou-se a seguinte hipótese: As Tirinhas e Histórias em Quadrinhos são apontadas, na literatura pesquisada, como materiais interessantes e, portanto, devem ser capazes de atrair a atenção dos alunos, além de incentivar o envolvimento deles nas atividades, facilitando a reflexão e a apreensão de novos conceitos (PEREIRA; OLENKA; OLIVEIRA, 2016, p. 898).

Com as *tirinhas*, a interpretação de fatos históricos tornar-se-á bem mais simples e prazerosa, pois “as Histórias em Quadrinhos possuem uma gama de funções lúdicas e linguísticas que podem ser úteis para o processo de ensino e aprendizagem” (TESTONI; ABIB, 2003, p. 4).

Muitos quadrinhos não apresentam legendas, mas permitem compreensão de fatos relevantes no processo educativo somente com as figuras ali apresentadas, por isso o trabalho com esse recurso permite que estudantes interpretem e construam seu próprio conhecimento e constitui alternativa na busca de motivação no aprendizado de conceitos físicos. Sendo assim:

O que torna interessante o uso das Histórias em Quadrinhos como fonte de motivação para os alunos em seus estudos é justamente a sua forma e a sua linguagem características, que misturam elementos específicos e resultam em uma perfeita interação entre palavras e imagens. Em uma sociedade que passa por mudanças cada vez mais velozes e na qual a imagem se impõe de forma marcante, a rápida decodificação dos quadrinhos é um elemento facilitador do aprendizado, pois é fácil notar a diminuição do poder de concentração dos jovens em uma atividade específica, principalmente se ela diz respeito aos estudos (CARUSO; FREITAS, 2009, p. 364).

O conhecimento ocorrerá a partir do momento em que ele seja apresentado de maneira que possa ser aprendido pelos alunos (PIETROCOLA, 2001, p. 78). Dessa forma, a transposição do saber urge também por melhorias na prática docente, buscando meios acessíveis e dinâmicos, não se limitando apenas ao livro didático do aluno adotado pela Instituição de Ensino.

No trabalho sobre Física *Tirinhas em Sala de Aula: O que Sabem os Futuros Professores de Física?*, Silva, Ataíde e Venceslau (2015) evidencia que, por meio do convívio familiar, social e até escolar, existe a prevalência do conhecimento chamado Física do cotidiano, que se contrapõe àquele utilizado no contexto escolar, o conhecimento, quase que exclusivamente, científico, principalmente em provas avaliativas.

Decorrente do exposto acima é necessário um instrumento que sirva de ligação entre esses mundos aparentemente distintos. Acreditamos que as tirinhas e as HQ's possam contribuir nesse sentido. Mas, elas também apresentam outras possibilidades, pois refletem não somente o cotidiano dos alunos, mostrando também ficção científica, sonhos e magia, que permeiam o imaginário dos discentes. Dessa forma, devido ao seu potencial de leitura, elas se tornam um instrumento de aproximação entre os discentes, à aula de física e os docentes (SILVA; ATAÍDE; VENCESLAU, 2015, p. 206).

Por conta dessas contradições, meios alternativos e diferenciados podem ser utilizados com maior frequência nas Instituições de Ensino, proporcionando um elo entre o que se aprende fora e dentro da escola, problematizando os conhecimentos prévios dos estudantes, bem como o conhecimento científico a ser apreendido no ambiente escolar, essencial no convívio social.

A importância da utilização de HQ's também é enfatizada por Silva, Ataíde e Venceslau (2015, p. 206- 207) na formação de professores no que diz respeito à didática das Ciências; no ponto de vista destes “[...] as tirinhas e as HQ's oportunizam discussões relevantes para a prática docente, por exemplo, o papel do erro, a discussão de analogias na ciência, o trabalho com as concepções alternativas, discussões sobre a História e Filosofia da Ciência, dentre outras”. Ainda, para eles, esses materiais são carregados por uma quantidade muito grande de conteúdos científicos.

Assim sendo, esses materiais pedagógicos podem proporcionar a ligação entre professor, aluno e conhecimento, garantir o sucesso escolar e, conseqüentemente, preparar pessoas para elaborar seus próprios pensamentos, tendo em vista a necessidade de inserção destas no competitivo mercado tecnológico.

### **3.2 Conceitos unificadores como organização pedagógica e a problematização**

Difícilmente se trabalha a história da Física e Astronomia deixando de lado os conceitos unificadores propostos por Angotti – transformações, regularidades, energia e escala, já mencionados anteriormente. Esta seção será dedicada a eles, direcionando a pesquisa, problematizando-a e trazendo organizações dentro da proposta pedagógica estudada.

As transformações ocorrem em nas várias dimensões do espaço e tempo na matéria, seja ele viva, não viva ou em ambas as opções (ANGOTTI, 2015). Tendo em vista a impossibilidade de destruição da matéria, o mundo, em todas as suas instâncias, se transforma e se renova constantemente, fatores essenciais na conquista de novos objetivos, como as transformações energéticas, fundamentais para maior e melhor qualidade de vida da humanidade.

As regularidades, cita Angotti (2015), são categorias que agrupam a anterior – transformações – mediante padrões, regras, semelhanças, ciclos abertos e fechados, sobretudo no campo científico, logo pode-se afirmar que a ciência trabalha por transformações e regularidades de forma dinâmica. Direcionadas especialmente pelo mundo científico, seja na Física, Química, Biologia, entre outras áreas do conhecimento, a busca por regularidades é própria da atividade científica. Logo, observa-se que as transformações estão em função de pelo menos uma regularidade que estabelece relações entre padrões, leis e teorias.

Para Angotti (2015), as regularidades e transformações são incorporadas pelo terceiro conceito unificador, denominado energia. Grandeza acima de qualquer outra no campo científico, capaz de balizar as tendências no ensino que priorizem as relações entre Ciências, Tecnologia e Sociedade, a energia opera com regularidades e transformações, mas mantém-se constante num sistema fechado. Ainda incorpora a possibilidade de sua degradação em situações de irreversibilidade, como é o caso do conceito de calor. No cenário científico atual, talvez nenhum outro conceito tenha importância maior que a energia, possibilitando desde as simples atividades diárias até as mais sofisticadas viagens espaciais.

As escalas, no ponto de vista Angotti (2015), têm o qualitativo com aliado, todavia o quantitativo é bem mais presente, englobando distintas dimensões nos eventos estudados, “sejam ergométricas, macro ou microscópicas a nível espacial; de durações normais, instantâneas ou remotas a nível temporal; ou com auxílio dos três conceitos anteriores”

(ANGOTTI, 2015, p. 11). As escalas dimensionam e direcionam pesquisas situando e posicionando a humanidade no local onde ela se encontra.

Estes quatro conceitos são centrais na problematização do conhecimento, estabelecem pontes entre a cultura científica ou elaborada e a cultura primeira, está relacionada ao cotidiano das pessoas. Aponta Delizoicov (2001) que a problematização consiste em adequar através da formulação e escolha de problemas com potencial de fazer com que os estudantes sintam a necessidade de se apropriarem de novos conhecimentos nunca antes estudado e que o professor ainda não tenha apresentado. É necessário que esses problemas tenham significado para os estudantes, conscientizando-os de que precisam lidar com um conhecimento novo para chegarem a uma solução.

É também vista como um processo em que o professor usa os conhecimentos prévios para promover discussões, situando limitações e contradições esclarecidos pelos estudantes através de questionamentos. O problema, dessa forma, poderá ser formulado de maneira oportuna, tornando-o significativo para os estudantes (DELIZOICOV, 2001).

Abordando proposta elaborada para estudantes de licenciatura em Física e profissionais do magistério atuando nesta área no ensino médio, especialmente em aspectos metodológicos que se relacionam aos conteúdos, bem como seu desenvolvimento, Delizoicov e Angotti (1991), colocam em destaque, durante toda a proposta, a seguinte questão: “Para que serve o ensino de Física no segundo grau? ” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991, p. 13). A SD, aqui apresentada, tem proposta similar no que diz respeito aos conteúdos de Física:

O estudo da História da Ciência, ressalta Ricardo (2010), é uma forma amenizar descontextualização sofrida pela transposição didática, levando em consideração a distinção na construção dos saberes científicos entre cientistas e alunos. Delizoicov e Angotti (1991), no que diz respeito ao plano pedagógico na interação entre professor a aluno, citam em sua obra contraposições denominadas questões de fundo, como o *Senso comum x conhecimento sistematizado*, relatando a interferência na compreensão dos conteúdos aprendidos na escola por conta dos conhecimentos que o estudante já detém, como apontam os estudos. Confirmada essa possibilidade de conflitos, ela é vista como uma boa oportunidade de se trabalhar e explicar paralelamente duas estruturas para se chegar ao conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991).

Essa aproximação entre o que se aprende fora e dentro do ambiente escolar é uma boa oportunidade para uma roda de conversas, entre outras atividades em que, paralelamente, a mesma interpretação física pode ser dada com pontos de vista distintos do tema trabalhado por

meio da problematização do conhecimento, rompendo, portanto, o contraponto *diálogo x monólogo*.

As escolhas didáticas dos profissionais do magistério envolvendo uma boa metodologia resultará no ensino contextualizado, que por sua vez será antecedido pela problematização (RICARDO, 2010). Por isso, acreditamos que um projeto de ensino bem elaborado faz desse contraponto um recurso essencial no contexto escolar.

Delizoicov e Angotti (1991) colocam a problematização inicial com dois vieses, no primeiro os estudantes já conhecem ou tem noções das questões abordadas por conta de suas vivências na escola ou em outros ambientes, podendo estar ou não de acordo com as teorias abordadas em Física, sendo denominados “conceitos espontâneos” ou concepções alternativas. O segundo diz respeito a necessidade que o aluno possa sentir em adquirir novos conhecimentos que ainda não possua, isto é, um problema que ele possa enxergar como não resolvido

Cabe aos professores a árdua tarefa de administrar as diversas turmas heterogêneas, a criação de situações de ensino, conhecer processos escolares, concepções do alunado, entre outros (RICARDO, 2010). Espera-se também, entre os educadores, obtenção dos conhecimentos iniciais dos estudantes, para melhores resultados na pesquisa realizada, na qual a problematização torna-se boa alternativa. Ricardo (2010) esclarece sobre o fato de não buscar fórmulas prontas, até porque elas não existem no processo educativo, todavia menciona sobre a veracidade das inúmeras alternativas e possibilidades para enfrentar o cenário educacional.

Em outra abordagem, no ponto de vista de Angotti (2015), a problematização inicial é vista como o momento em que os alunos conhecem e presenciam situações reais envolvidas no tema proposto, todavia, exigindo também, para interpretação, que seja feita uma introdução dos conhecimentos que fazem parte das teorias científicas.

Com a organização do conhecimento, que sob orientação do professor, os alunos estudarão com maior profundidade os conhecimentos de Física para compreensão do tema e da problematização inicial, uma vez que, em função dos objetivos ou dos recursos adotados pelo professor, os conteúdos específicos relacionados a cada tópico serão abordados (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991). Acreditamos que a partir da organização do conhecimento um bom direcionamento pode ser dado a pesquisa, tendo em vista que os caminhos já foram traçados.

Outro ponto fundamental da proposta de Delizoicov e Angotti (1991) diz respeito ao momento de aplicação do conhecimento, pois:



Destina-se sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como as situações que não estejam ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991, p. 31).

Entendemos que esta dinâmica pedagógica pode contribuir para o ensino-aprendizagem, mas centramos nosso olhar no conceito unificador escala para contextualizar o ensino de Astronomia e problematiza-lo por meio das tirinhas.

### **3.2 Importância das escalas**

As escalas podem fornecer um bom direcionamento para uma melhor compreensão do que nos rodeia; a partir delas, a humanidade conseguiu localizar-se no espaço e no tempo, teve noção do muito pequeno e do muito grande, ampliando sua visão de mundo. Logo, a familiarização com as unidades de medida é essencial nas instituições de ensino, principalmente no Ensino fundamental, com atividades e trabalhos voltados para o estudo das escalas abordando, minimamente: *i) ordem de grandeza de massa; ii) ordem de grandeza de comprimento; iii) ordem de grandeza de tempo; iv) e ordem de grandeza de volume.*

#### *3.3.1 As escalas de massa e volume*

Quando se fala de massa, utilizando a familiaridade cotidiana, é fácil entender o quilograma ou grama, mas com um simples distanciamento para algo muito pequeno, como a massa de um átomo, ou muito grande, como a massa do Sol, surgem dificuldades por tudo parecer muito abstrato. Por apresentar algumas semelhanças, geralmente, é confundida com peso por aqueles que não são cientistas; para Asimov (1985), se levarmos em consideração a superfície da Terra, limitando-a ao nível do mar, ambos – peso e massa – são, de fato, diretamente proporcionais e com um bom grau de precisão, todavia não são a mesma coisa.

Não obstante, massa e o peso são completamente diferentes. A massa é a medida da facilidade com que um objeto pode ser acelerado (para pôr a coisa de modo mais simples, mas não muito preciso, a massa é a medida da soma de matéria contida pelo objeto.) O peso, por outro lado, é medido da força com que o campo gravitacional de um corpo próximo (sob condições habituais, quase sempre na Terra) atrai o objeto (ASIMOV, 1985, p. 140).

Poderíamos tratá-los como iguais se pensarmos que, quanto maior a massa, maior será o seu peso, no entanto a diferença entre ambos pode ser evidenciada quando nos deparamos com planetas com diferentes acelerações da gravidade, na qual o peso muda, mas a massa permanece inalterada. O mesmo pode ser dito para um objeto afastando-se do centro da Terra,

quanto mais distante da superfície, mais leve, porém com mesma massa. Para compreender melhor o que foi relatado, veremos no quadro 1 a ordem de grandeza de massa do muito grande – uma Galáxia – até o muito pequeno – um elétron.

<b>Massa (Kg)</b>	<b>Objeto</b>
$10^{40}$	Galáxia
$10^{30}$	Sol
$10^{24}$	Terra
$10^{22}$	Lua
$10^{12}$	Grande montanha
$10^8$	Petroleiro
$10^3$	Elefante
$10^2$	Homem adulto
$10^0$	Litro de água
$10^{-1}$	Caneta
$10^{-2}$	Selo postal
$10^{-6}$	Traço de Lápis
$10^{-13}$	Glóbulo vermelho
$10^{-22}$	Molécula de proteína
$10^{-26}$	Molécula de oxigênio
$10^{-27}$	Próton
$10^{-30}$	Elétron

**Quadro 1.** Ordem de grandeza de massa

Fonte: Delizoicov e Angotti (1994, p. 103).

O que não pode, também, ser confundido com massa é o volume. O Universo, com elemento de composição e densidades diferentes, evidencia essas diferenças. Dizer que a massa da Terra corresponde a mais de oitenta vezes da Lua não quer dizer, necessariamente, que o espaço correspondente ao volume do globo terrestre precisaria de oito dezenas de seu “satélite natural” para preenchê-lo. O volume, assim como outras unidades de medidas, é igualmente importante para o estudo científico, melhora a compreensão dos fenômenos físicos, todavia é importante estar ciente das diferenças existentes entre eles.

### 3.3.2 A Escala de comprimento

Na ordem de grandeza de comprimento, utilizamos o sistema métrico e, de maneira geral, compreendemos medidas bem próximas de nossa realidade cotidiana, como o centímetro, usado na medição do comprimento de uma caneta, metros, para medir o comprimento de uma sala de aula ou a distância de uma residência à escola, e quilômetros, que possibilita a medição entre duas cidades, qualquer outra unidade desse sistema costuma ser conflituosa. Muito embora a medida do micro seja relevante na compreensão da Física, o intuito do presente trabalho é ir para o macro, escalas maiores que possam direcionar a compreensão do que está,

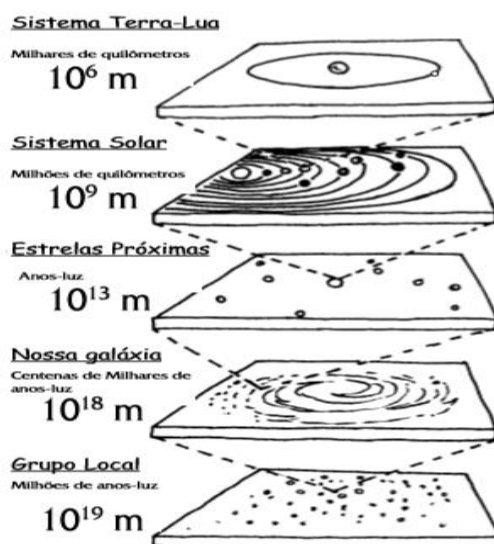
principalmente, além da Terra. O quadro 2 representa o muito comprido – Distância da Alfa do Centauro, estrela de 1ª grandeza “próxima” à Terra – ao muito curto – raio médio de um núcleo – possibilita-nos ter noção dessa escala.

Comprimento (m)	
$10^{16}$	Distância da Alfa do Centauro, estrela de 1ª grandeza “próxima” à Terra
$10^{11}$	Distância da Terra ao Sol
$10^7$	Raio da Terra
$10^2$	Extensão de um quarteirão
$10^0$	Altura de uma criança
$10^{-2}$	Diâmetro de um lápis
$10^{-4}$	Espessura de uma folha de papel
$10^{-5}$	Diâmetro de um glóbulo vermelho do sangue
$10^{-10}$	Raio médio de um átomo
$10^{-14}$	Raio médio de um núcleo

**Quadro 2.** Ordem de grandeza de comprimento

Fonte: Delizoicov e Angotti (1994, p. 104).

É difícil compreender com números a enorme distância métrica entre o muito pequeno e o muito grande, e, por vezes, é necessária uma maquete, uma representação ou desenho cuja visualização possa permitir esse entendimento. A figura 20 mostra com um desenho, algumas distâncias relevantes a partir do Sistema Terra Lua.



**Figura 20.** Representação de distâncias a partir do Sistema Terra Lua

Fonte: GREF (1998).

A imagem traz uma maneira bem mais simples para compreender as escalas de comprimento, ela parte de uma escala menor para um bem “grande”. Inicia-se com o Sistema Terra Lua – *milhares de quilômetros* – que está inserido no Sistema Solar – *milhões de quilômetros* – a *anos-luz* de algumas estrelas e localizado na Via Láctea – *centenas de milhares de anos-luz* – pertencente a um aglomerado de várias outras galáxias – *milhões de anos-luz*.

### 3.3.3 A escala de tempo

Falando de escala temporal, geralmente, os não cientistas – a maioria das pessoas – identificam facilmente o segundo, minuto, hora, dia, meses e anos, porém surgem as dificuldades quando se fala de séculos, milênios ou algo na escala de milhão ou bilhão de anos, deixando claro a não familiaridade com medidas extremas.

Um “segundo”, por sua rapidez, parece não ter importância para as pessoas, no entanto essa unidade de medida pode ser muito lenta quando se trata de definir, por exemplo, o “grid” de largada em uma corrida de automóveis que ultrapassam 350 km/h (trezentos e cinquenta quilômetros por hora); há, portanto, a necessidade de utilização de unidades menores como o milésimo de segundo. Qualquer tipo de escala é de difícil compreensão se ela vai para os extremos, todavia nossa viagem, como supracitado, é para “cima”, abordando unidades maiores observadas no quadro 3.

Intervalo de tempo (s)	
$10^{18}$	Vida suposta do Sol
$10^{16}$	Revolução solar em torno da galáxia
$10^{15}$	Época dos dinossauros até hoje
$10^{13}$	Primeiros homens até hoje
$10^{11}$	Princípio da era cristã até hoje
$10^{10}$	Descobrimto da América até hoje
$10^9$	Duração da vida de um ser humano
$10^7$	Um ano
$10^6$	Um mês
$10^5$	Um dia
$10^2$	Um minuto
$10^0$	Duas batidas consecutivas do coração humano
$10^{-2}$	Rotação das pás de um ventilador elétrico
$10^{-3}$	Batida das asas de uma mosca
$10^{-7}$	Viagem de um feixe eletrônico do catodo à tela do televisor
$10^{-16}$	Rotação do Elétron em torno do próton num átomo de hidrogênio

**Quadro 3.** Ordem de grandeza de tempo

Fonte: Delizoicov e Angotti (1994, p. 105).

Ainda há dificuldades de as pessoas lidarem com o tempo; ele é de extrema importância, além de controlar atividades humanas essenciais e permitir nossa “volta” ao passado, pode nos situar no presente, determinar ações futuras com previsões precisas envolvendo esta unidade de medida. É urgente a compreensão daquilo que nos rodeia, por isso a necessidade de maior ênfase a trabalhos voltados para escalas nas Instituições de Ensino, principalmente em matérias científicas, que, apesar do alto grau de complexidade, são fundamentais.

### 3.4 Astronomia no Ensino Fundamental

Durante o desenvolvimento da SD, realizou-se um levantamento de trabalhos acadêmicos publicados em diversos meios de comunicação referentes ao tema nela abordado, neste caso, *Astronomia no Ensino Fundamental*. A busca se iniciou com a palavra *Astronomia* localizada nos resumos, e foram encontrados 38 (trinta e oito) trabalhos no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), 91 (noventa e um) na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e, no evento do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF, 2019), 31 trabalhos apresentados.

Como o tema é muito abrangente para a área de Ciências da Natureza – Física –, ele foi lapidado, ficando apenas as publicações mais recentes – a partir de 2015. Fazendo uso dos últimos cinco anos, os números foram reduzidos para 11 (onze) no CBEF e 32 (trinta e dois) na RBEF. E, finalmente, entre os trabalhos na área de *Astronomia* voltados para o *Ensino Fundamental*, foram encontrados apenas 4 (quatro) no Caderno Brasileiro, 2 (dois) na Revista Brasileira e 3 para trabalhos com a temática apresentados no SNEF em 2019. No *site* da revista *Investigação em Ensino de Ciências (IENCI)*, nenhum trabalho abordando a temática foi encontrado.

Foi realizada também uma busca no *site* do MNPEF para dissertações defendidas nos últimos anos, a partir de 2016, e encontrados 27 trabalhos fazendo uso da palavra *Astronomia* em seus títulos; e, daqueles disponíveis para leitura, apenas 5 (cinco) com enfoque no *Ensino Fundamental*, como podem ser observados a tabela 1.

Sítios visitados – Revista/ eventos (publicações dos últimos 5 anos)	Astronomia	Astronomia no Ensino Fundamental
CBEF	11	4
RBEF	32	2
MNPEF	27	5
<b>SNEF – 2019</b>	<b>31</b>	<b>3</b>

**Tabela 1.** Quantidade de trabalhos pesquisados e seus meios de publicação

Em trabalho com autoria de Langhi, publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, em 2017, e intitulado *O Projeto Eratóstenes Brasil: autonomia docente em atividades experimentais de Astronomia*”, é realizado um retorno à História das Ciências para lembrar de Eratóstenes de Cirene e seu feito de ter conseguido encontrar, por meio do uso de noções básicas em Astronomia e Trigonometria, as dimensões do planeta Terra, tendo como objetivo a reprodução desse experimento em escolas de educação básica.

Profissionais do magistério e alunos são, desde 2010, segundo Langhi (2017), convidados a participarem desse importante momento; ele ressalta que, além da motivação dos envolvidos e várias escolas Brasileiras, resgate de momentos importantes da História e Filosofia da Ciência, interesse pela Ciência, entre outros objetivos relevantes, fica evidenciado também como a interdisciplinaridade faz-se presente neste projeto, em que várias áreas do conhecimento, como a Geometria, História, Geografia, Literatura, Matemática, Física, Artes, Filosofia, têm grande interação com a Astronomia.

Desse modo, o Projeto Eratóstenes possibilita aplicar ações à distância de episódios formativos para professores visando a construção de sua autonomia para o ensino de alguns tópicos de Astronomia fundamental por meio do estabelecimento de relações sociais entre escolas localizadas no território nacional e internacional. Utilizando as TIC, ao planejarem e executarem, em conjunto, atividades experimentais, que abordem aspectos da História e Filosofia da Ciência e a interdisciplinaridade da Astronomia, fundamentam-se nas atividades de medição do raio terrestre efetuada por Eratóstenes (LANGHI, 2017, p. 8).

O pioneiro nesse projeto foram os Estados Unidos no *World Year of Physics* (WYP) *Eratosthenes Project*, durante o Ano Mundial da Física, servindo de modelo para outras nações. Mais tarde, outros países, como a Argentina, que coordenou o projeto na América Latina, adotaram a ideia, criando uma ponte e possibilitando sua chegada ao Brasil. Aqui o projeto trabalha com várias atividades, e não há necessidade de comunicações com parceiros distantes ou a execução de cálculos, fatores que desencorajam a inscrição da escola no Projeto Eratóstenes, segundo relatos de alguns professores. Todavia, a facilidade no envio de resultados tem motivado a adesão de novos participantes, como afirma Langhi (2017).

O artigo *Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental: uma parceria entre universidade e escola* publicado no CBEF, de Barai et al. (2016) tem, entre outros envolvidos, alunos e professores do Ensino Fundamental – 1º ao 5º ano – e estudantes de licenciatura da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e objetiva a divulgação de Astronomia e Astronáutica entre estudantes das séries iniciais. O conteúdo utilizado como base para realização da parceria teve como referência a Olimpíada Brasileira de Astronomia e

Astronáutica (OBA). A parceria envolve ciclo de palestras para estudantes, com participação também de professores, organizado por bolsistas, além de formação para os professores no campus da UFSCar-Araras. Além da utilização do livro didático, outras atividades contemplaram a aprendizagem, em que o maior desafio dos profissionais do magistério foi a adequação dos conteúdos à série/ano em que ensinava.

O artigo menciona atividades práticas em que há construção e lançamento de foguetes com estudantes, respeitando os níveis de cada série, bem como a realização de atividades envolvendo a observação do céu com uso de telescópio. A idade de alguns estudantes dificultou o aprendizado de alguns conceitos, tendo em vista a inexperiência dos palestrantes com determinada faixa etária, mas foi evidente o sucesso da parceria escola-universidade nas atividades no estudo sobre Astronomia e Astronáutica abordadas nas séries iniciais da educação básica (BARAI et al., 2016).

O artigo *Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local*, com publicação na *Revista Brasileira de Ensino de Física*, de autoria de Costa e Maroja (2018), traz uma forma menos comum nas abordagens de trabalhos sobre Astronomia, a observação diurna do céu. Observar o céu durante o dia é visto, segundo a concepção desses autores, com limitação na maioria dos trabalhos que visam à utilização de telescópios, todavia colocam o Sol como abertura das possibilidades desta experimentação astronômica. Os principais envolvidos não são alunos nem professores da educação básica, mas formadores dos professores dessa etapa de ensino, voltados, especialmente, para os cursos de Ciências Naturais, Física e Matemática.

Costa e Maroja (2018) relatam o quanto os alunos no final do Ensino Fundamental interessam-se por assuntos referentes à Astronomia, mostrando o quanto é importante oportunizar a estes um olhar mais amplo para as ciências que os situe na escala de tempo do Universo sobre as várias conquistas espaciais. Foca-se a formação dos professores, livro didático e disponibilidade de materiais nas escolas como obstáculo para se estudar Astronomia. “Aliás, o previsto no PCN está bem à frente do que é efetivamente ensinado ao longo da formação dos estudantes na educação básica e mesmo na formação dos professores de ciências que atuam no ensino fundamental” (COSTA; MAROJA, 2018, p. 2).

A partir da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com a unidade temática *Terra e Universo* presente nos livros didáticos de Ciências, os conteúdos referentes ao ensino de Física e Astronomia não estão mais concentrados nos 6º (sexto) e 9º (nono) anos, levando os profissionais do magistério a refazerem os planos anuais de aula com uma pitada de Astrofísica em cada ano/série. A medida não intensifica os conteúdos de Física, mas, de certa forma, os

tornam mais abrangentes, uma vez que são trabalhados em todos os anos do ensino fundamental II.

Como estratégia para superar as dificuldades supracitadas, Costa e Majora (2018) sugerem que sejam disponibilizados a professores de Ciências da Educação básica recursos de baixo custo, tendo em vista as dificuldades apresentadas pelas escolas na aquisição de telescópios, e propõem atividades diurnas, como relógio de Sol com interação humana, observação de eclipses solares com utilização de espelhos planos, além de modelos para movimento anual do Sol na perspectiva geocêntrica, miniplanetários, *softwares* para simulação dinâmica do sistema solar, entre outros.

O trabalho intitulado *Canto do Conto: Reinventando Histórias Através da Astronomia*, de Oliveira et al. (2019), apresentado no Simpósio Nacional de Ensino de Física explora a Astronomia como tema gerador nos anos iniciais do Ensino Fundamental, em que os estudantes são direcionados para determinado ambiente para a contação de histórias. Sites como “*Canal Kids*” são utilizados como suporte em assuntos relacionados a curiosidades sobre os planetas, são usados também nas atividades contos como “O caminho da anta”, *Tablets* e aplicativos, além de vários ambientes. Com essas atividades, segundo os autores, os estudantes são motivados, desperta-se o gosto pela leitura e escrita, podem se expressar, expor opiniões, usar imaginação e se divertir.

Por fim, foi realizada uma análise no artigo *O Sistema Solar Numa Representação Teatral*, encontrado no CBEF e escrito por Canalle (1994). O trabalho é considerado antigo – na época, Plutão ainda era considerado planeta –, mas traz uma abordagem bem interessante e divertida do aprendizado de Astronomia em sala de aula por meio do Teatro.

Canalle (1994) critica a forma como os livros didáticos abordam o tema “Sistema Solar”, com figuras que não apresentam escalas de diâmetros (Sol e planetas) ou distância dos planetas ao Sol, e afirma que elas sugerem que os planetas apresentam as mesmas distâncias uns dos outros, e, quando trazem tabelas, os estudantes não conseguem ter noção do que significam aqueles números enormes. Assim,

Para darmos uma ideia correta das distâncias médias dos planetas ao Sol, sugerimos que sejam reduzidas as distâncias médias, dos planetas ao Sol, através de uma escala (1). Por exemplo, se adotarmos a escala de 10 milhões de quilômetros para cada 1cm de papel, teremos Mercúrio a 5,8cm do Sol, pois sua distância média ao Sol é de 58 milhões de quilômetros; Vênus estaria a 10,8cm do Sol, pois sua distância média é de 108 milhões de quilômetros, e assim para os demais planetas (CANALLE, 1994, p. 28).



Canalle (1994) sugere que a atividade representando as distâncias seja desenvolvida junto aos alunos e representada em forma de teatro, no qual o estudante representará um planeta girando sobre um círculo desenhado para cada um dos astros. Dessa forma, terão noção da enorme distância entre planetas internos e externos e aprenderão também os movimentos de rotação, translação, que a velocidade dos planetas diminui com a distância do Sol, dia e noite, que as órbitas planetárias não são exatamente circulares, entre outros. Sendo assim, segundo o autor do artigo, o estudante aprende mais, uma vez que escuta e participa da atividade.

Aqui pode-se notar que o conceito unificador escala é deixado de lado pelos livros didáticos da década de 90, realidade também presente nos livros atuais, onde o volume dos astros e as distâncias, uns dos outros, são evidenciados com os números enormes. Além disso, as figuras não mostram os tamanhos em escalas reais quando se trata de representá-los com imagens. Esta não é uma deficiência do livro, uma vez que a própria dimensão do exemplar não possibilita representação em escala real sem auxílio de números. Portanto, cabe aos educadores o dinamismo de propiciar métodos alternativos no ambiente escolar, assim como a boa proposta de Canalle (1994), – *Representação Teatral* – para que tais problemas relacionados as escalas de volume e comprimento sejam sanados.

## Capítulo 4

### Metodologia

A Sequência Didática (SD) aqui apresentada foi realizada entre os meses de agosto, setembro e outubro de 2019 com estudantes do 7º Ano do ensino fundamental de unidade escolar da rede pública municipal de ensino, localizada no sudoeste baiano em apenas uma turma de 26 estudantes com faixa etária de 13 anos de idade, em aulas ministradas nas segundas e quintas-feiras no turno matutino. Com consentimento da gestão escolar e coordenação pedagógica da instituição, além do conhecimento dos pais, a turma tinha o autor do presente trabalho também como professor de Ciências. Embora a intervenção – SD – tenha parecido muito longa, não durou três meses, teve início em agosto e término em outubro. Com duração de 12 horas/aulas – três aulas de Ciências semanais e com colaboração de alguns colegas, as vezes quatro – com várias paradas durante o percurso como interrupção das atividades da SD por conta do período de provas, feriados como Dia da Independência onde se realiza em um longo período de jogos estudantis no município, semana do estudante comemorada, excepcionalmente neste ano, no final do mês de agosto, período chuvoso com inviabilidade das aulas, entre outras limitações.

A SD teve o intuito de verificar a potencialidade de tirinhas na aquisição do conhecimento científico acumulado pela humanidade ao longo dos anos, especialmente relacionado às escalas de tempo, comprimento e volume na Astronomia. Durante o período de execução dos trabalhos, foram confeccionadas tirinhas envolvendo a história da Astronomia, modelos de astros do Sistema Solar, memórias de aulas, discussões em sala, atividades escritas, além de questionários. Todas as atividades foram norteadas pelos planos de aula (Apêndice C).

A SD foi dividida em sete momentos criados e executados pelo autor, apresentados no quadro 4 (Página 61) na ordem em que ocorreram.

Fazendo uso de tirinhas, vídeos, textos e atividades demonstrativas. Dessa forma, personalidades históricas e decisivas no processo de construção do conhecimento vieram à tona e ganharam destaque como peças fundamentais nesse processo; são elas: a) Eratóstenes de Cirene; b) Cláudio Ptolomeu; c) Nicolau Copérnico; d) Giordano Bruno; e) Johannes Kepler; e) Galileu Galilei; f) Isaac Newton; e g) Edwin Hubble. Para evitar ao máximo a perda do conteúdo trabalhado, registramos as aulas em áudio e confeccionamos um diário de bordo com permissão e consentimento dos pais dos estudantes com observações e reflexões sobre o processo ensino-aprendizagem, com base em pesquisas do tipo estudo de caso (LUDKE, M; ANDRÉ, 1986). Além das personalidades supracitadas, a SD apresentou, de maneira geral,

algumas leis que regem a natureza (leis de Newton, leis de Kepler), descobertas e desenvolvidas ao longo da história, um pouco do que conhecem os pais de nossos estudantes por meio de atividade “jornalística”, atividades em classe e extraclasse e confecção de diversos materiais.

<b>Momentos</b>	<b>Atividade</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Carga Horária</b>
1º	Questionário socioeconômico familiar	✓ Conhecer e discutir influências sociais e culturais no contexto onde está inserida a unidade de ensino visando à investigação que possa contribuir positivamente para o sucesso escolar, bem como nortear o planejamento por meio de possíveis previsões com base nos dados coletados.	1 hora /aula
2º	Tirinhas como problematização inicial	✓ Discutir influências sociais que dificultaram a implementação de novas visões de mundo a partir de conceitos científicos. ✓ Estudar diversas personalidades marcantes na Evolução da História das Ciências e suas influências no desenvolvimento de novos conceitos físicos.	1 horas /aula
3º	Conhecendo o Experimento de Eratóstenes	✓ Entender como o experimento de Eratóstenes contribuiu para a evolução da História das Ciências. ✓ Debater e discutir Ciência a partir do experimento de Eratóstenes.	2 horas /aula
4º	Gravitação (Isaac Newton e Edwin Hubble)	✓ Analisar o conceito de força em nosso cotidiano e sua contribuição na compreensão da queda de corpos. ✓ Estudar as influências sociais e culturais que possibilitaram a Isaac Newton desenvolver novos pensamentos dentro dos conhecimentos da Física. ✓ Analisar e discutir por meio de demonstrações e História das Ciências como a gravitação está presente em nosso cotidiano.	2 horas /aula
5º	Medidas de comprimento e volume: confeccionando o Sistema Solar (Nicolau Copérnico, Claudio Ptolomeu e Johannes Kepler)	✓ Analisar e discutir os modelos planetários ptolomaico e copernicano, bem como suas contribuições para o conhecimento de mundo ao longo dos anos. ✓ Estudar e analisar nossa pequenez ante a imensidão do Sistema Solar. ✓ Debater sobre as regularidades dos astros por meio do pensamento de Kepler, bem como os enunciados das duas primeiras equações deste “cientista”.	2 horas / aulas
6º	Estudando a Lua (Galileu Galilei e Giordano Bruno)	✓ Analisar, por meio do pensamento “galileano”, a importância do telescópio no estudo astronômico, assim como a importância histórica de Giordano Bruno na construção do conhecimento científico acumulado. ✓ Estudar e compreender fenômenos lunares, a partir de demonstrações e História das Ciências. ✓ Estudar as influências sociais e culturais na vida de Galileu que dificultaram a implementação de novos conhecimentos científicos.	2 horas / aulas
7º	Habilidades artísticas por meio da confecção de tirinhas.	✓ Desenvolver a criatividade dos estudantes estimulando a compreensão da SD apresentada a partir de fatos relacionados com a História das Ciências.	2 horas / aulas

**Quadro 4.** Resumo das atividades realizadas durante a Sequência Didática

Fonte: O autor (2019).

A proposta inicial seria intensificar as atividades da SD e realiza-las em, no máximo, um mês, todavia, por conta das várias limitações supracitadas, notou-se muitas irregularidades, tanto na quantidade dos estudantes como nos dias de aplicação das atividades. Por isso as tarefas tiveram avaliações diárias, quase sempre voltadas às tirinhas e debatendo o conteúdo antes trabalhado. Destacam-se a seguir os momentos ou etapas da SD.

Primeiro momento – Buscou-se nesta etapa, mediante *Questionário Social e Econômico dos Estudantes*, encontrar fatores externos ao ambiente físico escolar, como grau de escolaridade dos pais, acesso a meios de comunicação, equipamentos coletivos, endereço, entre outros, que pudessem orientar, dar suporte e evidenciar possíveis limitações no processo de ensino e aprendizagem durante a SD. As questões, elaboradas previamente pelo orientador, foram respondidas em sala pelos estudantes com leitura oral e coletiva, a fim de possibilitar que o professor tirasse as dúvidas de todos ao mesmo tempo, dinamizando melhor a atividade. Como tarefa de casa, os estudantes levaram o Termo de Assentimento e Livre Esclarecimento (Apêndice D) para que seus pais autorizassem qualquer tipo de divulgação do material produzido naquele período (gravações de áudio e/ou fotos tiradas durante as atividades).

Segundo momento – Nesta parte da SD, o diálogo era imprescindível, por isso os estudantes da turma se dividiram em cinco grupos, cada um ficou com a incumbência de ler, discutir, interpretar e apresentar as tirinhas que lhe foram atribuídas; quatro equipes ficaram com duas (2) delas cada, e uma ficou com três (3), totalizando onze (11) histórias em quadrinhos, todas relacionadas ao saber astronômico acumulado ao longo dos anos. Discutiram durante um período 15 minutos, e, na sequência, foi realizada abertura para as apresentações. Com projeção das HQs, a socialização tornou-se bem mais rica e prazerosa, possibilitando análises de outros estudantes, que não faziam parte daqueles que conduziam a atividade no momento. Por apresentar texto e imagem, esperava-se que os estudantes fizessem, ainda que superficialmente, a interpretação das tirinhas, proporcionando uma discussão inicial que seria aprofundada nos dias posteriores com a SD. Os resultados podem ser conferidos no capítulo seguinte.

Terceiro momento – Consistiu em apresentar uma das mais importantes personalidades desta SD, Eratóstenes de Cirene, com as tirinhas 1: *Eratóstenes* (Figura 26 A, página 92) e 7: *Atualidades Astronômicas* (Figura 32 A, página 95). A primeira (tirinha 1: Eratóstenes) traz um homem (Eratóstenes) palestrando para uma multidão e afirmando que a Terra é esférica como uma “laranja” e com circunferência próxima a 40000 km (quarenta mil quilômetros); assim como as mais variadas formas de receber e interpretar essa informação por um povo vivendo em uma época tão remota, ela mostra o que, possivelmente, a sociedade pensou de um homem

que conseguiu, por meio de artifícios geométricos e observações da natureza, chegar à conclusão de que o planeta é esférico e com determinadas medidas.

A segunda história (Tirinha 7: Atualidades Astronômicas) mostra a influência dos canais criados e apresentados no “youtube” e como parte da população começa a duvidar, a partir de opiniões pouco embasadas, do conhecimento científico acumulado. A tirinha retrata a visão “*terraplanista*”, em que as descobertas de vários cientistas, especialmente as de Eratóstenes, deixam de ser verdadeiras e sem qualquer valor. Na sequência, realizada a apresentação de nota biográfica desta personalidade.

Dentro da rica história deste também bibliotecário, o foco principal da atividade foi demonstrar a sua grande façanha ao medir o diâmetro do planeta Terra muito antes do nascimento de Cristo e que os discentes conseguissem perceber alguns dos pontos supracitados nas tirinhas. Uma segunda etapa ficou por conta dos estudantes, “repórteres” encarregados de entrevistarem um familiar com questões geradas a partir de fatos cotidianos sobre nossos astros. O objetivo desta atividade foi promover uma discussão sobre temas rotineiros envolvendo Astronomia e, em se tratando do cientista que também afirmou que a Terra era esférica, problematizar sobre o “fenômeno Terra Plana”. A socialização foi realizada na aula seguinte, e todos fizeram a leitura da resposta dos pais em entrevista, seguida das várias opiniões da turma a respeito do ponto de vista de cada um deles.

Quarto momento – Discorreu-se sobre a Gravitação, na qual Isaac Newton foi o personagem central; Edwin Hubble também foi lembrado, todavia bem mais discretamente. A parte introdutória desta atividade teve o globo terrestre e um boneco em que os estudantes mostraram os vários posicionamentos de uma pessoa em cada uma das partes do globo (Norte, Sul, Leste ou Oeste). Com a simples demonstração e seus conhecimentos prévios, perceberam que existe uma “força que nos prende ao chão”; a força centrípeta foi também demonstrada com uma esfera presa a um barbante simbolizando, por exemplo, o movimento de translação da Lua. As biografias dos “cientistas” em destaque foram apresentadas.

Como falávamos de Gravitação, o momento foi propício e necessário para discutir “forças”, e, em se tratando de uma turma de 7º Ano do Ensino Fundamental, foram utilizadas algumas tirinhas, apresentadas no Apêndice B, página 92, que propiciaram dinamismo à atividade, e, com situações cotidianas, as três leis de Newton foram discutidas: i) *inércia de corpos*; ii) *força e aceleração*; iii) *ação e reação*.

Em *i*, aparece uma sequência de quadrinhos (Figura 37A, página 97) com o motorista de um automóvel, sem o cinto de segurança, sendo arremessado para a frente – para fora do carro – quando o veículo, em alta velocidade, se choca com um hidrante. Situação simples, em

que, claramente, presenciamos a primeira Lei de Newton, a inércia. Em *ii*, foi utilizada a imagem de uma pessoa puxando um *skate* com outra em cima do objeto. Nesta situação, sem esperar, o menino (“passageiro”) cai do brinquedo (Figura 38, página 97); a situação foi usada para mostrar a segunda lei de Newton. Observava-se que, para uma determinada massa entrar em movimento, era necessário que uma força fosse aplicada a ela.

Para *iii*, uma situação em que um boxeador (Figura 39A, página 98) quer usar a terceira lei de Newton para lutar. No desfecho, o lutador, após perder a luta, percebe que o princípio de ação e reação, embora funcione, não serve para vencer lutas de boxe.

Logo depois, para descontrar, foram apresentadas as tirinhas 5: *Isaac Newton* (Figura 30A, página 94), onde o personagem, simbolizando Newton, teve uma grande ideia após uma maçã cair sobre sua cabeça, vender tortas de maçãs, e 6: *Os maiores acertos de um gênio* (Figura 31A, página 94); nesta são ‘re-lembradas’ grandes descobertas do cientista, como suas três leis, telescópio refletor, gravitação universal e o fato de não ter constituído uma família. Fechamos a atividade com uma memória de aula utilizada também como processo avaliativo.

Quinto momento – Esta etapa trouxe os modelos planetários Geocêntrico, de Ptolomeu, e Heliocêntrico, de Copérnico, bem como uma breve biografia destas personalidades. O momento também contou com as contribuições de Johannes Kepler, que teve sua biografia e as regularidades de suas duas primeiras leis mencionadas. Foram apresentados, para construção dos planetas rochosos do Sistema solar, os dados, previamente calculados (Tabelas 10 e 11 – Resultados e Discussões, páginas 74 e 75, respectivamente), a partir de uma bola de pilates de 70 centímetros de diâmetro representando o Sol e uma laranja de 7,2 centímetros de diâmetro representando Júpiter; os demais foram confeccionados por grupos de estudantes utilizando massa adesiva epóxi. Logo depois, realizaram-se as medidas das distâncias entre eles (no campo de futebol) em relação ao tamanho de cada astro confeccionado em sala. A atividade procurou demonstrar “absurdos”, como o tamanho da Terra em relação ao Sol, a distância entre eles, além da forte atração exercida de um sobre o outro, fatos desconhecidos ou pouco estudados pela turma em que a SD foi aplicada. Esta etapa findou-se apresentando a tirinhas 11: *Olimpíadas Interestelares* (Figura 36A, página 97) e 3: *Copérnico* (Figura 28A, página 93). A tirinha 11, apenas discutida em sala, mostra um telejornal em que alguns planetas são os jornalistas e outros atletas em uma olimpíada, e, pelo esporte praticado, as características de cada um deles são evidenciadas. Com a tirinha 3, foi realizada atividade escrita apontando as dificuldades enfrentadas por Nicolau Copérnico para comprovar suas ideias heliocêntricas.

Sexto momento – Destinado a duas personalidades que, além de serem lembradas por apresentarem conhecimentos de mundo além dos seus tempos, também são mencionadas nos

documentos históricos como pessoas injustiçadas por um certo conservadorismo da época em que viveram. A atividade abarcou breve relato oral (biografias) sobre Galileu Galilei e Giordano Bruno, além de suas contribuições no avanço espacial, principalmente relacionado ao telescópio e observações da Lua. Nesta atividade, utilizou-se projetor de imagens (sua luz representou os raios solares), uma bola pequena de cerca de 15 centímetros de diâmetro (representando a Lua), o globo terrestre (Terra), um barbante e a participação de um estudante para uma rápida demonstração. Com o globo sobre a mesa, o projetor foi posicionado à sua frente, enquanto o estudante, segurando o barbante preso à esfera, posicionou-se entre os dois objetos. Durante a demonstração, as discussões foram realizadas. Com o intuito de conhecer e diferenciar eclipses (lunar e solar), influências da Lua em fenômenos terrestres (marés) e como se davam as fases do satélite natural da Terra, foram realizadas, aproveitando-se do momento, diversas discussões durante a demonstração, a luz forte, emitida pelo projetor, serviu para o propósito, pois tornou o momento bem interessante, principalmente por destacar uma sombra marcante nos “astros”.

Esta etapa trouxe um número maior de tirinhas: 2 e 4: Galileu Galilei (Figuras 27 e 29A, páginas 92 e 93), além de 8, 9 e 10: Fofoca espacial (Figuras 32A, 33A e 34A, páginas 95 e 96). Na tirinha (2), Galileu tenta, com o telescópio, focar a Lua e confunde o astro com uma fatia de queijo em um sanduíche do seu vizinho, e, a tirinha (4), tenta evidenciar que adquirir dinheiro foi a primeira providência deste cientista ao aperfeiçoar o telescópio. A ideia era fazer com que os estudantes percebessem as semelhanças entre o queijo, aqui na Terra, e o astro, distante cerca de 400 mil quilômetros (escala de centímetro para quilômetros) e mostrar que, independentemente da época, não se faz ciência sem investimentos.

Nas tirinhas 8, 9, 10, diálogos entre a Terra e a Lua sobre várias curiosidades da Astronomia: achatamento nos polos da Terra, crateras lunares, luas de Júpiter, gravidade, anéis de Saturno, entre outros, sempre bem-humoradas. As tirinhas foram rerepresentadas em atividade avaliativa com questões objetivas e subjetivas ao final desta etapa.

Sétimo momento – Foi a etapa para o desfecho da SD, na qual as habilidades artísticas dos estudantes foram exaltadas. A aula começou com um breve diálogo entre professor e estudantes, divisão de equipes e proposta do trabalho, que consistiu na construção de tirinhas sobre qualquer momento da SD considerado por eles como interessante. As tirinhas, que apresentaram tema livre dentro do contexto trabalhado, foram construídas e apresentadas pelas equipes formadas.

## Capítulo 5

### Resultados e discussões

Diante do trabalho realizado, apresentaremos neste capítulo os resultados pertinentes ao desenvolvimento de todas as etapas da SD a partir de dados obtidos em sondagem, gravações em áudio, diário de bordo, atividades xerografadas e interpretações de tirinhas e buscaremos indícios de que houve aprendizagem levando em consideração a proposta aqui executada.

#### 5.1 Questionário socioeconômico familiar

Com relação ao teste de sondagem, pelos dados coletados entre os presentes naquele dia, verificou-se:

- ✓ Grau de instrução dos pais: 52,8% não sabiam; 25% concluiu o Ensino Fundamental I (antigo ciclo da 1ª a 4ª séries); 5,6%, Ensino Fundamental II (5ª a 8ª séries – antigo ginásio); 11%, Ensino Médio, e apenas 5,6% disseram que a mãe não é alfabetizada. Tendo em vista que a maioria dos pais mora na zona rural e o Ensino Fundamental II é recente na localidade, os dados indicam que tiveram grandes dificuldades para frequentarem uma instituição de ensino.
- ✓ Onde moram: 1 estudante mora na sede (Barra nova – distrito onde a escola está localizada), os demais, 17 estudantes, residem na zona rural e dependem de transporte escolar. O fato justifica a ausência de muitos estudantes, principalmente em épocas chuvosas, o que pode ter efeito negativo na aprendizagem e dificulta o trabalho docente na obtenção de dados que evidenciem o sucesso escolar, por isso, sempre que possível, a verificação do conhecimento foi realizada diariamente respeitando o planejamento elaborado, e as peculiaridades da turma, ainda que toda sequência estivesse conectada.
- ✓ Casa Própria: 16 deles moram em casa própria, e apenas 2, em residências cedidas (fazendas). Ter a casa própria pode evidenciar melhor organização dos recursos financeiros e, possivelmente, melhor qualidade de vida e melhores possibilidades de sucesso escolar.
- ✓ Quantidade de pessoas em casa: 9 estudantes moram em família constituída por 3 a 7 pessoas; 7 deles, em família formada por 1 a 3 pessoas; e apenas 2 estudantes convivem com mais de 8 pessoas em casa. Os dados são inconclusivos, mas podem



indicar melhor administração financeira no âmbito familiar, uma vez que a maioria dessas famílias é formada por um número pequeno de pessoas.

- ✓ Equipamentos coletivos disponíveis nas residências: 15 possuem energia elétrica, 14 usam água potável, 13, *internet*, e apenas 1 tem rede de esgoto tratada. Observa-se que, apesar de apenas um estudante possuir em sua residência rede de esgoto tratada, a maioria possui energia elétrica, acesso à informação e água potável, pontos positivos, que podem indicar melhor saúde física e mental e, conseqüentemente, uma melhor aprendizagem.
- ✓ Acesso a celular: 2 não têm acesso; 16 têm celulares. A maioria usa em casa, fato, teoricamente, positivo para o sucesso da sequência, uma vez que a maior parte deles possui acesso a esse veículo de informação.
- ✓ Leitura Anual (livros): a turma lê uma média de 1,8 livros por ano e tem romances (39%) e gibis (33%) como leituras favoritas. O número é pequeno e pode justificar algumas dificuldades encontradas durante a aplicação da SD, como: interpretação, leitura e escrita.
- ✓ Benefícios sociais: 9 estudantes recebem incentivo financeiro para permanecer na escola. O fato pode ser considerado positivo, pois estimula o estudante a permanecer na escola, no entanto indica que metade dos estudantes possui família com baixa renda.

Nota-se, pelos dados apresentados, que a turma é heterogênea em vários aspectos. Essas incoerências podem tornar o processo de ensino e aprendizagem aquém do desejado. Como a maioria mora longe da localidade onde a instituição está situada, a instabilidade no número dos estudantes foi o maior obstáculo na apresentação da SD, todavia todas as etapas previstas foram realizadas.

## **5.2 Tirinhas como problematização inicial**

Com poucas ou quase nenhuma interferência do professor, nesta etapa, os estudantes tiveram liberdade nas interpretações realizadas em grupo e apresentadas ao final da atividade. Não conheciam os cientistas que apareciam como títulos das tirinhas – *Galileu, Newton, Eratóstenes e Copérnico* –, para eles, apenas cientistas. Alguns não conseguiram relacionar o humor dos desenhos com a história da Astronomia, outros faziam a leitura literal do texto, e muitos levaram em consideração os conhecimentos prévios sobre a Lua ter buracos, veiculação de vídeos dizendo que a Terra é plana, achatamento nos polos do planeta, entre outros. Ainda que os estudantes tenham apresentado algumas dificuldades de interpretação, o propósito da

atividade foi alcançado, com promoção de uma discussão espontânea a partir da leitura da imagem e do texto, apresentados nas *tirinhas*. Os diálogos de alguns estudantes, identificados como E1, E2, E3, E4, E5, E6 e E7, estão apresentados a seguir:

Eu entendi que a Lua “tá” tão preocupada com a aparência física que ela não liga para os próprios sentimentos dela, e Galileu, ela pensou que Galileu estava espalhando para a Terra toda, mas, na verdade, Galileu estava falando que ela é um satélite natural da Terra que, por exemplo, é cheia de erupções [...] (Estudante E1, sobre tirinha 9: Fofoca espacial, Figura 34A, página 96).

Eu entendi que a Terra “tava” falando que Júpiter tem quatro filhas que são luas que “é” satélites naturais de Júpiter (Estudante E2, sobre tirinha 10: Fofoca espacial, Figura 35A, página 96).

Eu entendi que o cientista descobriu que a Terra era redonda, igual a uma laranja, e tem circunferência de 39 mil quilômetros e que a multidão entendeu que, ou a gente fica pendurados na Terra, ou fica dentro, outro não entendeu nada, um entendeu que era uma laranja e ia fazer o suco e outro pensou que o cara era louco (Estudante E3, sobre tirinha 1: Eratóstenes, Figura 26A, página 92).

A lua e o queijo são parecidos porque ambos têm buracos (Estudante E4, sobre tirinha 2: Galileu Galilei, Figura 27A, página 92).

A Terra é esférica com os polos achatados... A Terra leva 365 dias e algumas horas para dar uma volta em torno do Sol e 23 horas e alguns minutos para completar o movimento de rotação (Estudante E5, sobre tirinha 8: Fofoca espacial, Figura 33A, página 95).

Pessoas que acham que a Terra é plana são todas doidas (Estudante E6, sobre tirinha 7: Atualidades astronômicas, Figura 32A, página 95).

Eu entendi que “prá” ele “conseguir” “investir” na ciência que ele queria, ele “teve” que vender aquilo que ele produziu. (Estudante E7, sobre tirinha 4: Galileu Galilei, Figura 29A, página 93).

A atividade estava programada para uma aula/hora de 45 minutos, no entanto, por conta de pequenos atrasos e o bom envolvimento dos estudantes com as tirinhas, a atividade se estendeu para uma segunda aula, ou seja, teve a duração de 90 minutos.

Percebe-se, pelas falas dos estudantes, indícios de conhecimentos prévios sobre Astronomia ou aquisição do saber durante a atividade. É comum aos estudantes chegarem ao sétimo ano do Ensino Fundamental com algumas aprendizagens como: achar que Lua se parece com um queijo por conta de animações da televisão ou internet; conhecer a esfericidade do planeta, assim como os movimentos de translação e rotação, conteúdos trabalhados em outras disciplinas como Geografia e História; conhecer o termo “Terraplanismo” não é tão incomum, graças as redes sociais e canais do “*you tube*”; e pelas vivências dos próprios estudantes como dificuldades no transporte, ausências de materiais na escola – telescópio por exemplo –, entre outras, perceberem como é difícil “fazer” ciência com pouco investimento. Com informações

desta natureza pode-se notar alguns conhecimentos preexistentes durante as discussões. Houve percepção das crateras existentes na Lua, satélites em Júpiter, comercialização do telescópio assim que ele foi “re-inventado”, de que, um dia, alguém se arriscou a medir a circunferência da Terra, achatamento nos polos, falaram da Terra plana; mencionaram sobre o período de translação da Terra, viram a semelhança entre a Lua e o queijo, as dificuldades de consolidar uma teoria ao longo da história ante a uma sociedade conservadora, entre outros. Tais pontos, observados durante a atividade, confirmaram passagens marcantes nas contribuições de algumas personalidades aqui trabalhadas e, conseqüentemente, vestígios de aprendizagem. O desenvolvimento da atividade trouxe à tona elementos antes propostos por Pereira, Olenka e Oliveira (2016), a partir de tirinhas como objeto de problematização inicial, havendo motivação nas discussões, espaço para opiniões diversas dos estudantes e possibilidades ao professor, por meio dos conhecimentos preexistentes, explorar o potencial da turma.

### **5.3 Conhecendo o experimento de Eratóstenes**

O terceiro momento foi reservado a apresentação de uma personalidade pouco conhecida em outras áreas do conhecimento e/ou no Ensino Fundamental. Embora as Ciências Humanas falam da esfericidade do planeta, Eratóstenes, pioneiro nas medidas das dimensões da Terra, nunca é lembrado nos livros didáticos de História ou Geografia, tornando-o pouco ou nada conhecido pelos estudantes. Por isso, esta etapa buscou informar sobre como este cientista conseguiu medir as dimensões desta “grande esfera”, e teve como destaque a entrevista dos estudantes com algum familiar visando, inicialmente, um diálogo entre filha (o) e pais sobre o que os progenitores sabem a respeito de algumas questões voltadas ao ensino de Astronomia. As respostas foram debatidas em sala e apresentaram os seguintes resultados:

#### *Sobre o formato da Terra*

Mesmo nos dias de hoje percebe-se que alguns pais ainda acreditam que a Terra é um corpo não esférico, não se sabe se por influência de vídeos veiculados na internet ou se pelo baixo grau de instrução relatado em questionário, todavia os estudantes, de forma unânime, estão cientes de que essa minoria está equivocada quanto ao formato do nosso planeta.

Com muitos comentários pejorativos da turma em relação aos que acreditam que o planeta não era esférico, a ocasião, apesar do curto tempo destinado a SD, foi propícia para orientar os estudantes sobre o respeito que se deve ter com as opiniões dos outros, por mais absurdas que elas sejam, aproveitando-se daquele momento para lembrá-los de como foram tratados vários cientistas ao longo da história com suas descobertas “malucas”, inclusive o que estudávamos durante aquela atividade.

Especificação	Número de Respostas
Esférica	15
Cúbica	00
Plana	01
Oval	01
Não respondeu	01

**Tabela 2.** Formato da Terra segundo os pais dos estudantes.

Fonte: O autor (2019).

### Sobre quem foi Eratóstenes

Nenhuma surpresa sobre quem foi Eratóstenes. No início da SD, nenhum aluno o conhecia, e não se esperava resposta diferente dos pais. Embora muito conhecido entre matemáticos e físicos, pouco aparece entre outras áreas do conhecimento.

Especificação	Número de Respostas
Não sabem	06
Um cientista (apenas)	12

**Tabela 3.** Resposta dos pais dos estudantes para a pergunta: Quem foi Eratóstenes?

Fonte: O autor (2019).

### Por que o ano tem aproximadamente 365 dias?

Talvez o grau de instrução dos pais, também, justifique essas respostas. Apenas cinco deles sabiam sobre o movimento de translação e que ele dura em torno de 365 dias, alguns não sabiam responder, e a maioria teve uma resposta descabida, como dizer “*É o tempo que a Terra gira a Lua*”.

Especificação	Número de Respostas
Resposta correta	05
Não souberam responder	03
Respostas descabidas	10

**Tabela 4.** Por que o ano tem 365 dias na concepção dos pais dos estudantes

Fonte: O autor (2019).

### Sobre o Heliocentrismo e Geocentrismo

A maioria dos pais está ciente sobre o Heliocentrismo, mas ainda é preocupante que parte deles acredita que a Terra é o centro do Universo. Não houve surpresas quanto a isso, mas

os dados indicam que possivelmente a falta de acesso ao conhecimento escolar distancia as pessoas do conhecimento científico acumulado.

Especificação	Número de Respostas
Acham que a Terra gira em torno do Sol	14
Acham que o Sol gira em torno da Terra	04

**Tabela 5.** Quem está no centro do Sistema Solar segundo os pais dos estudantes

Fonte: O autor (2019).

### Sobre as fases da Lua.

Para esta análise, perguntamos: “*Quantas fases tem a Lua e quais são elas?*” e “*Quais são os fenômenos influenciadores das fases da Lua?*” Os resultados para a primeira pergunta foram satisfatórios como mostra a Tabela 6, onde 94% das respostas foram coerentes com o conhecimento científico, todavia, para a segunda questão, apenas três apenas 3 (três) dos entrevistados falaram sobre o posicionamento do Sol, os demais não souberam ou distanciaram da resposta – como por exemplo: “*Porque a Terra gira*” ou “*Porque ela não tem luz própria*”. Nestes casos, pressupõe-se que as fases da Lua é algo rotineiro na vida das pessoas por conta do contato direto com calendários, no entanto, o conhecimento científico sobre os fenômenos que as provocam não faz parte desta rotina, tornando os resultados, de maneira geral, esperados, apesar de alguns erros.

Especificação	Número de Respostas
Quatro fases – cheia, nova, quarto minguante e quarto crescente	17
Respondeu incorretamente	01

**Tabela 6.** Quantas fases tem a Lua e quais são elas segundo os pais dos estudantes

Fonte: O autor (2019).

### Sobre o brilho da Lua.

Um resultado não satisfatório, mas esperado. Os dados do questionário mostram que os alunos leem pouco e os pais, talvez pelos poucos anos de estudos, menos ainda. Logo, suas respostas derivam de observações diretas, como a Lua vista no céu sempre com brilho intenso, que parece emanar do próprio astro, fato que os confunde. Em sala, o objetivo foi alcançado, e tais correções foram feitas pelos filhos desses.

Especificação	Número de Respostas
Tem luz própria	14
Reflete a luz do Sol	04

**Tabela 7.** O brilho da Lua segundo os pais dos estudantes

Fonte: O autor (2019).

Como ocorrem as fases da Lua.

Nesta questão, apenas dois pais responderam corretamente, tendo em vista o fato de que a maioria não frequentou nem o Ensino Fundamental II, podemos dizer que não houve surpresas.

Especificação	Número de Respostas
Não souberam responder	13
Posicionamentos Sol/Terra/ Lua	02
Não responderam	03

**Tabela 8.** Como ocorrem as fases da Lua segundo os pais dos estudantes

Fonte: O autor (2019).

Sobre o astro mais volumoso entre Sol, Terra e Lua

A maioria respondeu corretamente, todavia alguns pais ainda veem a Terra como peça central no Universo, como supracitado.

Especificação	Número de Respostas
Sol	10
Terra	04
Lua	00

**Tabela 9.** Astro mais volumoso segundo os pais dos estudantes

Fonte: O autor (2019).

Todos os “repórteres” foram ouvidos, e, quando a resposta era descabida ou não científica, eles faziam rapidamente a correção. A atividade foi bem prazerosa, os estudantes tiveram autonomia e firmeza para debater cada questão; assim, proporcionou-se uma bela discussão, com resultados satisfatórios.

## 5.4 Gravitação

O quarto momento foi desenvolvido em duas aulas com demonstrações (gravidade e força centrípeta), apresentação das leis de Newton (com imagens e tirinhas), além das discussões com a turma (momento de maior destaque) e avaliação escrita (uma memória de aula sobre o que foi marcante daquele momento) a partir das quais, por meio de gravações em áudio, registro em diário de bordo e atividade escrita foram retirados alguns recortes das discussões dos estudantes identificados como E5, E8 e E9.

[...] sobre ação e reação, por exemplo, se eu der um soco na parede, ele volta com a mesma proporção da força contra mim (Estudante E5 sobre terceira lei de Newton – ação e reação).

[...] Isaac Newton, foi um grande sábio que nasceu depois de Cristo, e foi ele que descobriu a gravidade que faz nós todos andarmos na Terra [...] (Estudante E8 sobre Newton e a lei da Gravidade).

[...] aprendi que quando um cavalo ou carro está “corredo” 100 por hora, quando freia “trucamente” e freia bruscamente, o corpo é “arremessado”, porque o corpo continua em movimento [...] (Estudante E9 sobre a primeira lei de Newton – Inércia).

Nas atividades demonstrativas, como apresentar o globo e um boneco mostrando como estamos na Terra e o que nos “prende” a ela, as ilustrações sobre as leis de Newton evidenciaram os conhecimentos de mundo presentes nos estudantes, mas sem associação com o mundo científico. Essas leis estão na vida das pessoas, antes mesmo de elas estudarem os conceitos sobre Física, onde se encontra o movimento, seja caminhando, empurrando caixas ou praticando atividades físicas, são leis que funcionam, em sua grande maioria, todavia não existe a harmonia delas com a análise lógica e a experiência (YOUNG E FREEDMAN, 2003).

Não houve dúvidas sobre atração gravitacional ou força centrípeta, mostraram conhecimento sobre inércia quando descreveram o que acontece quando um automóvel freia ou acelera, falaram sobre ação e reação com os danos causados a alguém quando se choca com um obstáculo e da força que deve ser exercida por um corpo para que este entre em movimento.

## 5.5 Medidas de comprimento e volume: confeccionando o sistema solar

Em se tratando de um sétimo ano do Ensino Fundamental e com o tempo muito reduzido, neste momento reservado à confecção dos planetas, o próprio professor realizou os cálculos para obtenção dos diâmetros dos astros confeccionados, bem como das distâncias que ficariam um do outro. A Tabela 10 destaca as distâncias médias do Sol aos cinco primeiros planetas do Sistema Solar, em quilômetros – Mercúrio, Vênus, Terra, Marte e Júpiter –, bem

como o diâmetro de cada astro, em quilômetros, e razão do diâmetro do Sol pelo diâmetro de cada um deles.

Astro	Distância média do Sol ao planeta (km)	Diâmetro do Astro (km)	Razão Sol/planeta (Diâmetro)
Mercúrio	57.910.000	4.879,4	285,3
Vênus	108.200.000	12.103,6	115
Terra	149.600.000	12.756,2	109,1
Marte	227.940.000	6.792,4	204,9
Júpiter	778.330.000	142.984	9,7

**Tabela 10.** Distância média do Sol aos planetas e razão do diâmetro Sol/planeta

Fonte: Adaptada de Canalle (1994).

A partir do diâmetro do Sol (cerca de 1.390.000 km de distância – um milhão, trezentos e noventa mil quilômetros), foram calculadas as medidas para confecção de cada planeta em sala de aula. A medida do diâmetro do nosso planeta, por exemplo, obteve-se ao dividir o diâmetro do Sol – neste caso, representado por uma bola de Pilates de 0,7 metros (setenta centímetros) – pela razão entre o diâmetro (real) do Sol e o diâmetro (real) da Terra, ou seja:

$$\begin{aligned} \text{Diâmetro do tamanho da Terra confeccionada em sala: } & \frac{0,7m}{109,1} \\ & = 6,4 \times 10^{-3}m \end{aligned} \quad (29)$$

Para as distâncias proporcionais entre os planetas confeccionados, o Sol também foi utilizado como parâmetro. Neste caso, calculou-se quantos “sois” enfileirados caberiam entre o Sol e cada planeta; o resultado foi multiplicado pelo tamanho do astro trabalhado em sala (bola de Pilates 0,7 m), e se obteve, dessa forma, as distâncias desejadas. Para saber a distância proporcional entre Sol e Terra, por exemplo, efetuou-se o seguinte cálculo: dividimos a distância (real) entre os dois astros (cerca de 149.600.000 km – cento e quarenta e nove milhões e seiscentos mil quilômetros –) pelo diâmetro (real) do Sol (cerca de 1.390.000 km – um milhão, trezentos e noventa mil quilômetros –) e obtivemos o número 107 (cento e sete vezes); em seguida, bastou multiplicar esta quantidade por 0,7 m (bola de Pilates) e chegar a 75,3 m (setenta e cinco metros e trinta centímetros), que corresponde à distância entre Sol e Terra, como mostra a equação:

$$\begin{aligned} \text{Distância entre Sol e Terra para demonstração} &= \frac{149.600.000Km}{1.390.000Km} = 107,6 \\ &\rightarrow 107,6 \times 0,7m = 75,3m \end{aligned} \quad (30)$$



Todos os cálculos, tanto para confecção dos planetas como para a distância entre eles, seguiram o mesmo padrão e podem ser observados na Tabela 11.

	Distância média aproximada do Sol ao planeta (m)	Diâmetro aproximado do astro (m)
Mercúrio	29,2	$2,5 \times 10^{-3}$
Vênus	54,5	$6,1 \times 10^{-3}$
Terra	75,3	$6,4 \times 10^{-3}$
Marte	114,8	$3,4 \times 10^{-3}$
Júpiter	392	$7,2 \times 10^{-2}$

**Tabela 11.** Dados proporcionais na escala 1: 1.985.714.000 obtidos em sala do 7º ano considerando a distância média do Sol aos planetas e o diâmetro desses astros.

Fonte: O autor (2019).

A atividade proporcionou aos estudantes: a) trabalho coletivo, quando discutiram a respeito da atividade, confeccionaram os planetas e realizaram medidas de suas distâncias em relação ao Sol; b) Expressões de surpresas com as diferenças de volume entre os astros confeccionado em sala e o Sol – bola de pilates de 0,7 metros –, bem como as distâncias entre eles; c) um momento diferenciado onde os estudantes deixaram o espaço físico da escola como alternativa às aulas tradicionais. A figura 21, abaixo, mostra como ficaram os planetas ao término de confecção em sala.



**Figura 21.** Foto de planetas confeccionados em sala

Fonte: O autor (2019)

A figura acima representa os planetas em ordem decrescente de tamanhos a partir do Sol – Sol, Júpiter, Terra, Vênus, Marte e Mercúrio.

As surpresas dos estudantes, em um primeiro momento, foram notadas quando viram a enorme diferença entre os astros, lembrando que Júpiter foi representado por uma laranja. Com tamanhos milimétricos, a confecção dos planetas internos ou rochosos – realizada com utilização de resina epóxi –, impôs certa dificuldade, mas os estudantes obtiveram sucesso no trabalho como podemos visualizar na figura 21.

Na figura 22, apresentada a seguir, pode-se visualizar um segundo momento da atividade



**Figura 22.** Foto de estudantes medindo a distância entre os planetas internos do Sistema Solar

Fonte: O autor (2019)

Nessa imagem percebe-se a enorme distância entre Sol e Terra. Os estudantes – depois de medir a distância entre os dois astros – se posicionaram onde se localizaria nosso planeta, a esfera pintada com a cor laranja representa o Sol, a Terra é praticamente invisível, posicionada aos pés dos discentes. A imagem nos dá uma noção de como veríamos o “planeta azul” caso estivéssemos no Sol. Nem todos os planetas internos foram representados, Marte, nesta representação, ficaria a 114,8 metros de distância da “esfera laranja” – como mostra a tabela 11, página 75 – e não foi representado por falta de espaço, porém esta foi uma experiência fantástica e também com muitas expressões de surpresas. Foi um momento alternativo ao que trazem os livros didáticos a respeito dos astros, pois mostram, segundo Canalle (1994), figuras

que não apresentam escalas de diâmetros (Sol e planetas) ou distância dos planetas ao Sol, representando as mesmas distâncias uns dos outros.

Apesar das várias discussões e dificuldades apresentadas sobre os termos *Geocentrismo* e *Heliocentrismo*, dos 19 estudantes que responderam a atividade, 79% tinham convicção de que a Terra, bem como os demais planetas do nosso sistema planetário, giram em torno do Sol, mostrando resultado satisfatório para a questão. Após a atividade e discussão sobre a tirinha 3: *Copérnico* (Figura 28A, página 93), 95% dos estudantes passaram a afirmar que poucas pessoas na época concordavam com o ponto de vista de Copérnico, no que se referia aos movimentos de rotação e translação da Terra; abaixo destacamos a resposta de alguns estudantes com relação à tirinha e ao trabalho de construção e representação dos planetas (Identificados como E10, E11, E12, E13 e E14).

Por que a igreja católica não aceitava ideias contrárias as do papa. (Estudante E10 sobre Copérnico e tirinha 3: Copérnico – figura 28, página 93).

Por que, na época, as pessoas falavam que ele estava doido. As pessoas “pensava” que a “terra” era plana (Estudante E11 sobre Copérnico e tirinha 3: Copérnico – figura 28, página 93).

Por que na época eles acreditavam no Geocentrismo ou seja que o “sol” girava em torno da Terra (Estudante E12 sobre Copérnico e tirinha 3: Copérnico – figura 28, página 93)

Oje eu aprendi sobre cada planeta de sistema solar, que cada distância de um planeta para o outro são muito grande e aprendi sobre os modelos astronômicos Geocêntrico e Heliocêntrico (Estudante E13 sobre Copérnico e tirinha 3: Copérnico – figura 28, página 93).

Hoje “confeccionamos” os planetas dos nosso sistema solar com o mesmo diâmetro dos planetas, depois fomos representar a distância dos planetas de um no outro. Experiência maravilhosa. Com base nos nossos conhecimentos usamos o campo para medir com precisão a distância de um no outro, o interessante é que todos os alunos participaram da dinâmica do professor (Estudante E14 sobre Copérnico e tirinha 3: Copérnico – figura 28, página 93).

Algumas literaturas confirmam semelhanças entre o que foi aprendido durante a atividade e algumas passagens da vida de Copérnico. Os pensamentos dos estudantes, com relação a Copérnico, estão de acordo com as ideias da época em que ele viveu quando, segundo Rocha (2015), é evidenciada na fala de Martin Lutero que Josué mandou Sol e não a Terra parar, o pensamento copernicano poderia virar a ciência astronômica de ponta-cabeça, além do receio do cientista de ser exposto ao ridículo com desaprovação religiosa. A atividade de construção e representação dos planetas rochosos do sistema solar mostrou resultado semelhante ao trabalho de Canalle (1994), *O sistema solar numa representação teatral*, pois os estudantes tiveram, pela reação apresentada, noção da enorme distância entre planetas através

de escalas de comprimento adotadas durante a atividade estimulando a curiosidades sobre Astronomia.

## 5.6 Estudando a Lua

Com intuito de voltar ao passado para lembrar de duas personalidades fundamentais no ensino de Astronomia – Galileu Galilei e Giordano Bruno –, as atividades desta etapa da SD tiveram êxitos relacionados ao satélite natural da Terra – Lua –, mas com retorno aos modelos planetários e a utilização de uma maior quantidade de tirinhas.

As atividades realizadas indicaram que nas questões relacionadas a Galileu e suas descobertas, 80% das questões foram respondidas corretamente; nas que diziam respeito aos modelos planetários (heliocentrismo e geocentrismo), a turma alcançou 80% de acertos. Sobre a Lua, o objetivo foi identificar os fenômenos observados da Terra, com utilização de imagens ou não, como diferenciar os eclipses (lunar, solar, parcial ou total) e as fases da Lua (Nova, Cheia, Minguante ou Crescente); nesse tocante, verificaram-se 75% de acertos. Com relação a questões sobre influência da Lua nas marés ou formato da Terra, as respostas corretas atingiram 70%. Lembrando que as questões envolveram, além dos conhecimentos sobre Astronomia, leitura e interpretação de textos, tornando-as bem mais complexas do que uma simples conversa informal.

A etapa também contou com questões subjetivas a respeito da utilização de tirinhas, tendo em vista que a atividade estava repleta delas. Perguntamos: *Na sua opinião, a utilização de tirinhas facilita o entendimento de fenômenos físicos?*

Identificados como E1, E7, E15, e E16, obtivemos as seguintes declarações dos estudantes:

Sim, ajuda a entender a pergunta da questão. A tirinha tem palavra que dá para entender o que está perguntando. (Estudante E1 sobre a utilização de tirinhas nas atividades).

Sim, porque com a utilização das tirinhas, se compreende melhor o assunto e com as imagens fica fácil de “entende” e conseguir representar o assunto (Estudante E7 sobre a utilização de tirinhas nas atividades).

Sim, porque ajudou a entender a pergunta [...] (Estudante E15 sobre a utilização de tirinhas nas atividades).

Sim, porque vendo as “tirinha”, podemos ‘lembra’ das explicações dos professores [...] (Estudante E16 sobre a utilização de tirinhas nas atividades).

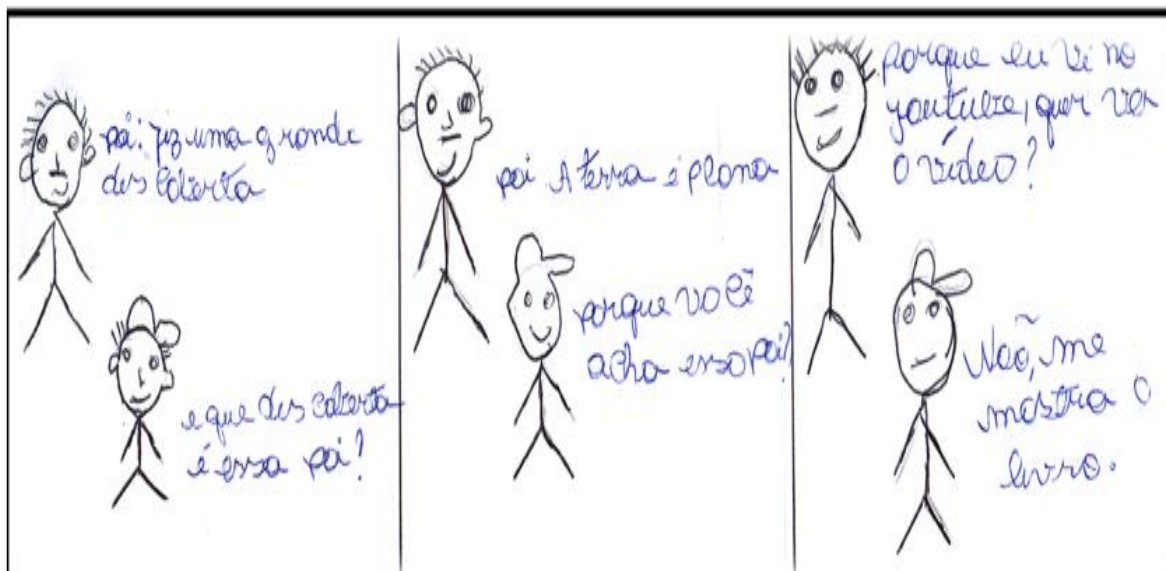
A atividade escrita trouxe muitas tirinhas como elementos facilitadores, pois segundo Testoni e Abib (2003), elas ajudam na interpretação de fatos históricos, tornando a atividade

simples e prazerosa por possuírem inúmeras funções lúdicas e linguísticas. Os pontos de vista desses autores corroboram com os resultados apresentados durante a atividade que podem ser classificados como satisfatórios. Observou-se também pelos veículos de coleta de dados utilizados que a turma estava ciente da importância de Galileu e do telescópio em descobertas relevantes no desenvolvimento da Astronomia.

### 5.7 Habilidades artísticas por meio da confecção de tirinhas

Sobre a etapa final, foi destinada uma avaliação de toda SD. Com propósito de confeccionar tirinhas, os estudantes tiveram liberdade para abordarem qualquer tema relacionado a sequência apresentada. Notamos certa dificuldade na construção das tirinhas por parte de alguns estudantes, mas tivemos belas criações nas tirinhas abaixo, criadas por estudantes que denominaremos E5 e E17 (Figuras 23 e 24).

O E5 traz um diálogo entre pai e filho mostrando um tema bem atual, que desconstrói o conhecimento científico acumulado, o “Terraplanismo”. A tirinha mostra o diálogo entre pai, que tenta refutar, com vídeos postados em canais do “You Tube”, a esfericidade da Terra, enquanto o filho pede para que ele prove a sua teoria fazendo uso de livros e não de vídeos pouco ou quase nunca fundamentados.



Pai: Fiz uma grande descoberta.  
Filho: Que descoberta é essa, pai?

Pai: A Terra é plana.  
Filho: Por que você acha isso?

Pai: Porque eu vi no 'You Tube, quer ver o vídeo?  
Filho: Não, me 'mostra' um livro.

**Figura 23** – E5: Diálogo entre pai e filho

Nota: Tirinha confeccionada durante a SD

Fonte: Estudantes do 7º Ano – Ensino Fundamental, transcrição nossa

O diálogo descrito pelo E17 ocorre entre dois astros, Sol e Lua, e o foco do estudante foi mostrar o que é um eclipse solar, bem como exaltar a importância do Sol como astro central no Sistema Solar.



Sol: Ô Lua, por que você está na minha frente?  
 Lua: Porque está ocorrendo um fenômeno.

Sol: Que fenômeno?  
 Lua: O eclipse solar.

Lua: Mas 'relaxa', daqui a pouco, você volta a ser o centro das atenções.

**Figura 24.** E17: Diálogo entre Sol e Lua

Nota: Tirinha confeccionada durante a SD

Fonte: Estudantes do 7º Ano – Ensino Fundamental, transcrição nossa

Não é fácil a confecção de uma história em quadrinhos com um desfecho cômico, por isso, nem todas as tirinhas criadas foram bem-humoradas, mas trouxeram bons momentos de construção, discussão, descontração e, conseqüentemente, acesso a parte do conhecimento científico acumulado durante anos, como podemos ver na criação do estudante E11, observada na figura 25 abaixo.



Cientista 1: Oi ontem eu vi a lua de perto.  
 Cientista 2: como?

Cientista 1: Com o telescópio. Você sabe quem foi que “enventou” o telescópio?  
 Cientista 2: Não, quem foi?

Cientista 1: Galileu Galilei.

**Figura 25.** E11: Galileu e o telescópio

Nota: Tirinha confeccionada durante a SD

Fonte: Estudantes do 7º Ano – Ensino Fundamental, transcrição nossa

Percebeu-se, pelas criações, que apesar da falta de humor em algumas delas, como supracitado, houve compreensão de fatos históricos relevantes relacionados ao ensino de Física e Astronomia.

Na figura 23 – E5: Diálogo entre pai e filho – houve a percepção da existência de uma nova forma de disseminação de informações através de redes sociais e/ou canais no *you tube* sem qualquer embasamento teórico. A tirinha chama a atenção para a checagem de tais informações em outras fontes confiáveis – livros, por exemplo – antes de qualquer tentativa que possa induzir o leitor a acreditar em fatos que não condizem com a realidade;

Na figura 24 – E17: Diálogo entre Sol e Lua – o eclipse solar visualizado na tirinha, bem como a compreensão do Sol como “peça” central no Sistema Solar, evidencia o modelo heliocêntrico. E na figura 25 – E11: Galileu e o telescópio – é mostrada a importância das contribuições de Galileu Galilei, especialmente quando apontou o telescópio para o céu e possibilitou acesso a lugares longínquos do Universo com fantásticas descobertas.

As construções mostraram que os objetivos foram alcançados. Não houve possibilidades de todos os conteúdos aparecerem nas THQ confeccionadas em sala, no entanto notou-se

diversão, um momento prazeroso, trabalho em grupo e principalmente um resultado satisfatório com criações que mostraram parte do conhecimento científico acumulado durante milênios.



## Capítulo 6

### Considerações Finais

A sequência didática aqui apresentada trouxe possibilidades de dinamizar o Ensino de Física e áreas afins, a partir de uma proposta diferenciada que, além de ser uma forma alternativa ao ensino tradicional ainda presente em nossas instituições de ensino, foca com intensidade em algo pouco comum para as turmas de Ensino fundamental, a Astronomia e os vários personagens que a tornaram tão atraente no cenário científico.

As tirinhas foram cruciais, uma vez que estiveram presentes em todos os momentos aqui apresentados, facilitando as discussões por exporem fatores essenciais, como desenho e escrita, pontos que foram associados corretamente e dinamizaram a SD, tornando a interpretação de fatos históricos bem mais compreensíveis. Como uma das propostas do MNPEF é a criação de um *produto educacional*, disponível no Apêndice F, página 110, pode-se encontrar, detalhadamente nesse produto, todos os sete momentos realizados durante a intervenção. As tirinhas, aqui trabalhadas, estão disponíveis também no endereço eletrônico <https://fiscartoons2019.blogspot.com/p/atualidades-astronomicas.html> para “download”.

As atividades de construção e demonstração tiveram, também, papel relevante, propiciaram a discussão, cooperação, diálogo, confecção, aulas em classe e extraclasse, além de momentos de diversão diferenciados e bem proveitosos. Apesar das limitações apresentadas pela turma por conta de inúmeras variáveis supracitadas, principalmente em relação à irregularidade no número de estudantes durante as aulas, as atividades desenvolvidas na SD identificaram aquisição e transmissão do conhecimento durante todas as etapas, mostrando indícios de aprendizagem desse saber acumulado ao longo da história a partir de conteúdos como: a) as dimensões da Terra; b) gravitação; c) forças; d) modelos planetários; e) Sistema Solar; f) leis de Kepler; g) a Lua e fenômenos relacionados a ela; e h) história das ciências.

Normalmente parece comum trabalhar o conteúdo de maneira isolada, como se ele tivesse surgido do nada, a proposta *Fiscartoons: escalas na Astronomia por meio de quadrinhos* mostrou a existência de importantes cientistas ligados a estes conteúdos – Eratóstenes, Ptolomeu, Copérnico, Giordano Bruno, Tycho Brahe, Galileu, Kepler, Newton e Hubble – que, além de desenvolvê-los ao longo da história do ensino de Física e Astronomia, possibilitaram aprendizagens quando trazidos para sala de aula. A história de vida, as dificuldades, a época em que viveram, entre outros, direcionaram a SD, tornando-a bem mais

interessante por conta das várias contribuições dessas importantes personalidades da história das Ciências.

Assim, percebe-se, depois de meses de planejamento e sete momentos distintos e conectados ao mesmo tempo, que a Física, sempre tratada com rigidez, possui seu lado poético, especialmente quando é proporcionada essa viagem ao passado abordando a literatura, momentos de construção, discussão e comprovação de fenômenos vivenciados nesse cenário.

## Referências Bibliográficas

ALCÂNTARA, C. S. Histórias em quadrinhos e educação: inovando o currículo. In: *Didática e Prática de Ensino na relação com a escola*. EdUECE, 2014. (Livro 1, 02562).

ANGOTTI, J. A. P. *Ensino de Física com TDIC*. Florianópolis: UFSC/EAD/CFM/CED, 2015. Disponível em: <http://ced.ufsc.br/files/2016/01/Livro-Angotti.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2020.

ARAÚJO, V. H. *Prototexto: uma narrativa poética da Ciência*. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2012.

ARAÚJO FILHO, Walter Duarte de. *A gênese do Pensamento Galileano*. Salvador: Editora Gráfica da Bahia, 2006.

ASIMOV, I. (1983). *A Medida do Universo*. Rio de Janeiro: Francisco Alves Editora. 1985.

ASTRO. *Doppler*. Disponível em: <http://www.astro.ucla.edu/~wright/doppler.htm>. Acesso em: 18 mar. 2020.

BARAI, A.; Carvalho Neto, J. T. de; GARRIDO, D.; ITYANAGUI, G.; NAVI, M. Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental: uma parceria entre universidade e escola. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 3, p. 1009-1025, dez. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n3p1009>

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2018.

CANALLE, J. B. G. O sistema solar numa representação teatral. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 11, n. 1, p. 27-32, 1994.

CANALLE, J. B. G. Comparação entre os tamanhos dos planetas e do sol. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 11, n. 2, p. 141-144, 1994b. Disponível em: <http://aulasdefisica.com/download/astrofisica/cursoastrofisica/tabelacomasdistanciasmedias.htm>. Acesso em: 07 dez. 2018.

COPELLI, A. C.; TOSCANO, C.; TEIXEIRA, D. R. T.; SILVA, I. S.; PEREIRA, J. A.; MARTINS, J.; MENEZES, L. C. de; PIASSI, L. P. de C.; PELAES, S. B.; DIAS, W. da S.; HOSOUME, Y. *Leitura de Física - GREF Mecânica: para ler, fazer e pensar*. Ilustrações: Fernando Chuí de Menezes e Mário Kano. São Paulo, SP: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física Instituto de Física (GREF) da USP, 1998. Versão preliminar. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec4.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2018.

CARUSO, F.; FREITAS, N. Física moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 2, p. 355-366, 2009.

CARVALHO, A. M. P. et. al. (org.). *Ensino de Física*. São Paulo: Cortez, 2010. (Coleção Ideias em Ação).

COSTA, I. F. da; MAROJA, A. de M. Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40, n. 1, p. e1501, 2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0301>

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Física*. São Paulo: Cortez, 1991.

\_\_\_\_\_. *Metodologia de Ensino de Ciências*. São Paulo: Ed. Cortez, 1994.

DELIZOICOV, D. Problemas e Problematizações. In: PIETROCOLA, M. (org.). *Ensino de Física – conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

ELER, G. *A “ciência” da Terra plana*. 27 out. 2017. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/a-ciencia-da-terra-plana/>. Acesso em: 07 dez. 2018.

FRÓES, A. L. D. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.36, n.3, p. 3504, 2014.

GEWANDSZNAJDER, Fernando. *Projeto Teláris: ciências no ensino fundamental 2*. São Paulo: Ática, 2015.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2011.

LANGHI, R. Projeto Eratóstenes Brasil: autonomia docente em atividades experimentais de Astronomia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 1, p. 6-46, abr. 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n1p6>

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986. (Temas básicos de educação e ensino).

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. *Curso de Física Básica*. 4. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2002.

OLIVEIRA, D. J. de; SILVA, A. S. da; ZAMBRANO, J. M. C.; ROSA, R. C. da; KUNST, A. V.; FERREIRA, E.; Braga, P. C. P.; LIMA, M. R. T. de. Canto do conto: reinventando histórias através da astronomia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 23., 2019. *Anais [...]* Salvador, BA, 2019.

PEREIRA, M. L. D’A. A.; OLENKA, L.; OLIVEIRA, P. E. D. F. Física em ação através de tirinhas e histórias em quadrinhos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 33, n.3, p. 896-926, dez. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n3p896>

PIETROCOLA, M. *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Ed. da UFSC. Florianópolis, 2001.

PIRES, A. S. T. *Evolução das Idéias da Física*. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

ROCHA, J. F. M. (org.). *Origens e evolução das ideias da Física*. 2. ed. Salvador: EDUFBA, 2015.

SANTOS, A. J.J.; VOELZKE, M. R.; ARAÚJO, M. S. T. O projeto Eratóstenes: a reprodução de um experimento histórico como recurso para a inserção de conceitos da Astronomia no

Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 1137-1174, 2012. Doi: 10.5007/2175-7941.2012v29n3p1137

SILK, J. *O Big Bang: a origem do universo*. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1988, c 1980.

SILVA, C.C. *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

SILVA, B. V. C.; ATAIDE, M. C. E. S.; VENCESLAU, T. K. O. S. Tirinhas em sala de aula: o que sabem os futuros professores de física? *HOLOS*, ano 31, v. 3, 2015. Doi: 10.15628/holos.2015.832

SÓ FÍSICA. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2020. *Leis de Kepler*. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Mecanica/GravitacaoUniversal/lk.php>. Acesso em: 07 dez. 2018.

TESTONI, L. A.; ABIB, M. L. V. dos S. A utilização de histórias em quadrinhos no ensino de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003. *Anais [...]* Bauru, SP, 2003.

WATARI, K. Movimentos bi e tridimensionais. In: **Mecânica clássica 2**. São Paulo: Livraria da Física, 2003. v. 2. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=tap0o\\_4sb9cC&pg=PA38&lpg=PA38&dq=como+se+chega+a+equa%C3%A7%C3%A3o+da+massa+reduzida+mi&source=bl&ots=zCzZZXNH0&sig=ACfU3U1vXkXxqr7IdeN0sDdZWYQrXh24dg&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwivocrLqYvpAhUNJrkGHXerAYUQ6AEwAnoECACQAQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=tap0o_4sb9cC&pg=PA38&lpg=PA38&dq=como+se+chega+a+equa%C3%A7%C3%A3o+da+massa+reduzida+mi&source=bl&ots=zCzZZXNH0&sig=ACfU3U1vXkXxqr7IdeN0sDdZWYQrXh24dg&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwivocrLqYvpAhUNJrkGHXerAYUQ6AEwAnoECACQAQ#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 07 dez. 2018.

YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. *Sears e Zemansky Física*. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

ZANETIC, J. *Notas de aula mimeografadas*. 1994.

## **Apêndices**

## Apêndice A - Questionário socioeconômico familiar

### Nome e profissão dos pais

Nome do pai

Nome da mãe

Profissão do pai

Profissão da mãe

### 1. Qual é o grau de escolaridade da sua mãe? (Marque apenas uma resposta)

- (A) Não alfabetizada
- (B) Da 1ª à 4ª série do Ensino Fundamental (antigo primário)
- (C) Da 5ª à 8ª série do Ensino Fundamental (antigo ginásio)
- (D) Ensino Médio (antigo 2º grau)
- (E) Ensino Superior
- (F) Especialização
- (G) Não estudou
- (H) Não sei

### 2. Qual é o grau de escolaridade de seu pai? (Marque apenas uma resposta)

- (A) Não alfabetizado
- (B) Da 1ª à 4ª série do Ensino Fundamental (antigo primário)
- (C) Da 5ª à 8ª série do Ensino Fundamental (antigo ginásio)
- (D) Ensino Médio (antigo 2º grau)
- (E) Ensino Superior
- (F) Especialização
- (G) Não estudou
- (H) Não sei

### 3. Quantas pessoas moram com você? (incluindo filhos, irmãos, pais, parentes e amigos) (Marque apenas uma resposta)

- (A) Moro sozinho
- (B) Uma a três
- (C) Quatro a sete
- (D) Oito a dez
- (E) Mais de dez

### 4. Das pessoas que residem com você, quantas delas trabalham?

### 5. (Caso possua) Qual o grau de escolaridade de cada um (a) dos seus irmãos (as)?

### 6. Recebe algum incentivo financeiro para estudar?

- ( ) Sim      ( ) Não

**7. A casa onde você mora é: (Marque apenas uma resposta)**

(A) Própria (B) Alugada (C) Cedida

**8. Sua casa está localizada em? (Marque apenas uma resposta)**

(A) Campo.

(B) Sede (Barra do Choça)

(C) Comunidade indígena.

(D) Comunidade quilombola.

**9. Quais são os equipamentos coletivos disponíveis em sua residência**

( ) água potável ( ) rede de esgotos ( ) energia elétrica ( ) internet

**10. O que gosta de fazer?**

**11. Onde espera estar daqui a 5 anos?**

**12. Como espera que a escola contribua para seu futuro?**

**13. O que você pretende fazer pela escola?**

**14. Qual o meio de comunicação que você mais utiliza para se manter informado?**

( ) Jornal escrito

( ) Jornal falado (TV)

( ) Jornal falado (rádio)

( ) Internet

( ) Revistas

( ) Redes sociais. Qual (is)?

**15. Você usa o computador (laptop ou computador de mesa)?**

( ) Não

( ) Sim, de casa

( ) Sim, da escola

( ) Sim, de amigos

( ) Sim, de outros locais

**16. (Somente se a resposta anterior for afirmativa) O que você mais gosta de fazer com o computador?**

**17. Você usa o celular?**

( ) Não

( ) Sim, de casa

( ) Sim, da escola



Sim, de amigos

Sim, de outros locais

**18. (Somente se a resposta anterior for afirmativa) O que você mais gosta de fazer com o celular?**

**19. Quantos livros você lê por ano?**

**20. Qual seu tipo de leitura favorita?**

literária (romances)

ficção científica

científica

religiosa

gibi

outra.

## Apêndice B - As tirinhas

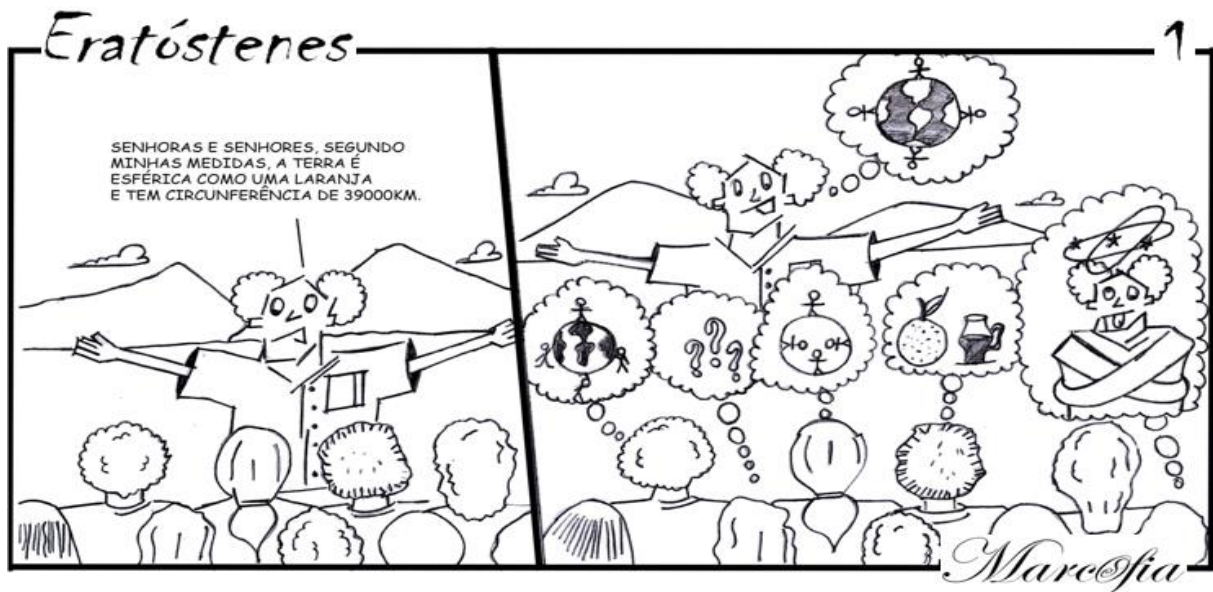


Figura 26A. Tirinha 1: Eratóstenes

Fonte: O autor (2019).



Figura 27A. Tirinha 2: Galileu Galilei

Fonte: O autor (2019).



Figura 28A. Tirinha 3: Copérnico

Fonte: O autor (2019).



Figura 29A. Tirinha 4: Galileu Galilei

Fonte: O autor (2019).

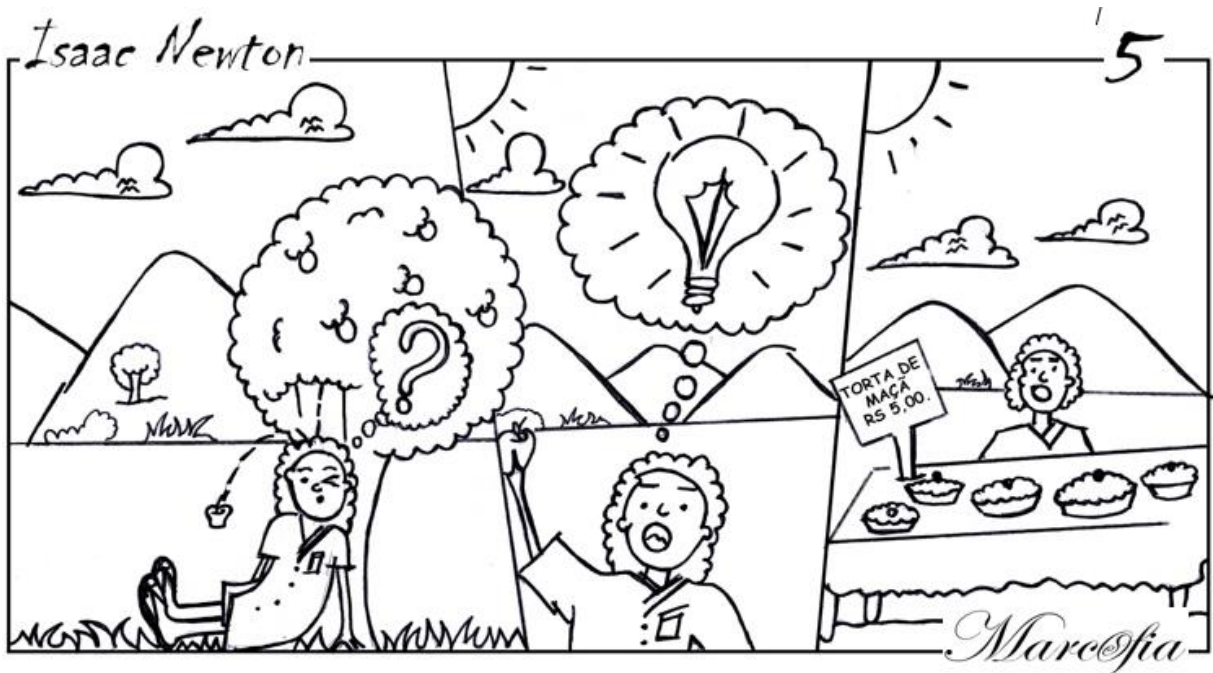


Figura 30A. Tirinha 5: Isaac Newton

Fonte: O autor (2019).



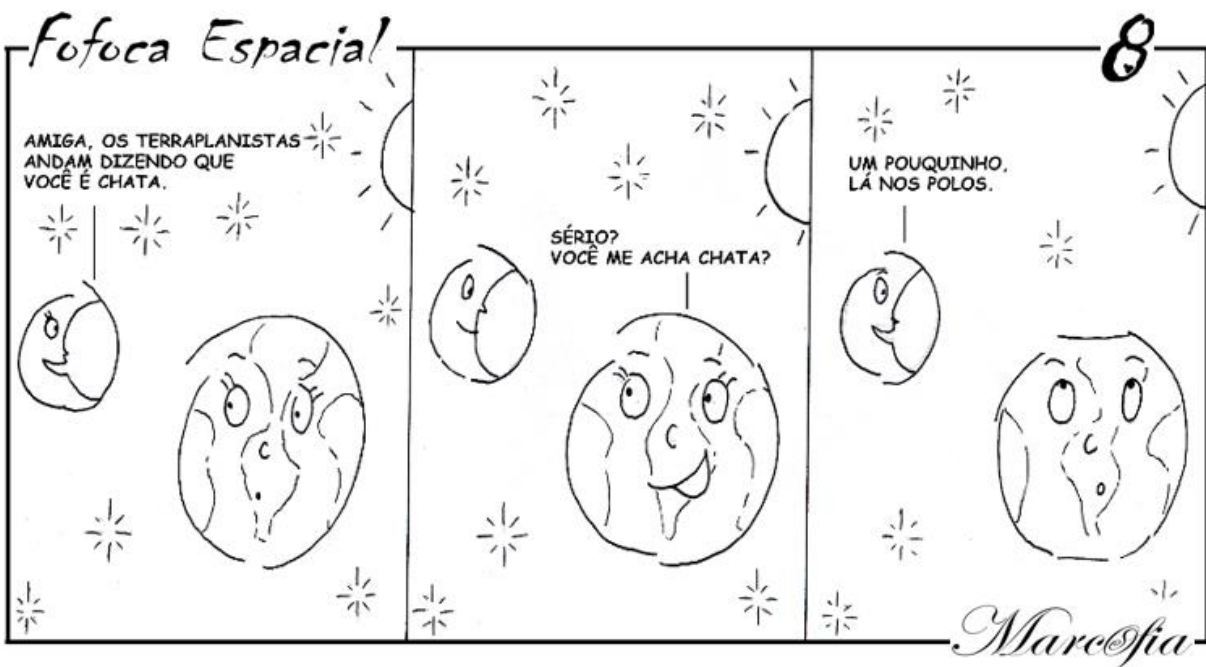
Figura 31A. Tirinha 6: Os maiores acertos de um gênio

Fonte: O autor (2019).



**Figura 32A.** Tirinha 7: Atualidades Astronômicas

Fonte: O autor (2019).



**Figura 33A.** Tirinha 8: Fofoca Espacial

Fonte: O autor (2019).



Figura 34A. Tirinha 9: Fofoca Espacial

Fonte: O autor (2019).



Figura 35A. Tirinha 10: Fofoca Espacial

Fonte: O autor (2019).

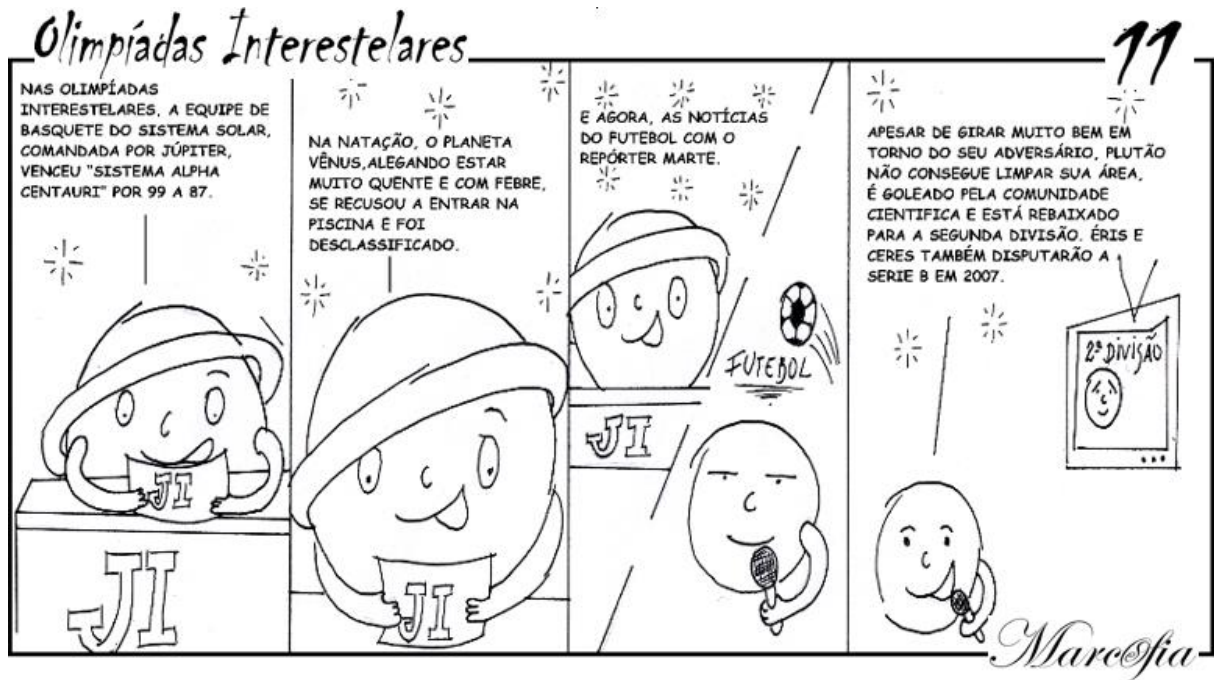


Figura 36A. Tirinha 11: Olimpíadas Interestelares

Fonte: O autor (2019).

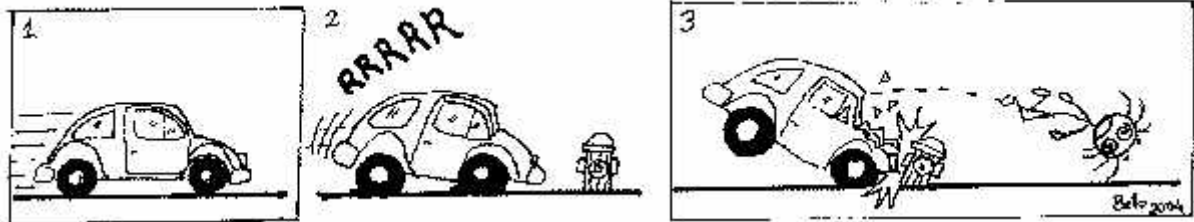


Figura 37A. A lei da inércia

Fonte: Alberto Castro Batista (2004).

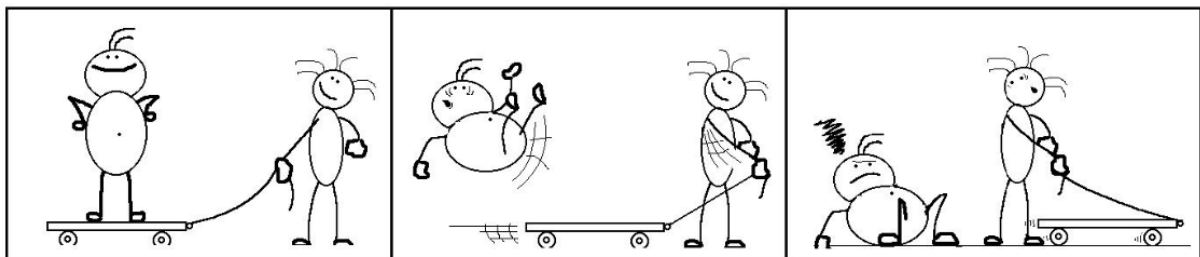


Figura 38A. A segunda lei de Newton

Fonte: Alberto Castro Batista (2004).



**Figura 39A.** Ação e reação

Fonte: o autor (2019).



## Apêndice C - Planos de aula

### Plano de aula 1

**TEMA: QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO FAMILIAR**

**CENTRO EDUCACIONAL DE BARRA NOVA – CEBN**

**DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES SOBRE ESCALAS NA ASTRONOMIA  
POR MEIO DE QUADRINHOS**

**Professor:** Marcos Oliveira dos Santos

**Disciplina:** Ciências da natureza

Série: 7º ano do Ensino Fundamental

**Tempo estimado:** Uma aula de 45 minutos

#### **Objetivos:**

- ✓ Conhecer e discutir influências sociais e culturais no contexto onde está inserida a unidade de ensino visando à investigação que possa contribuir positivamente para o sucesso escolar, bem como nortear o planejamento por meio de possíveis previsões com base nos dados coletados.

**Conteúdo abordado:** “A vida dos estudantes”.

#### **Metodologia:**

- ✓ Distribuição individual de questionários (Disponível no Apêndice A, página 89). Tempo estimado: cerca de 3 minutos;
- ✓ Leitura do questionário em grupo seguida de preenchimento deste. Será feita no período estimado de 40 minutos;
- ✓ Recolhimento dos questionários. Duração: cerca de 2 minutos.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, papel ofício A4.

**Estratégias de ensino:** Aulas por meio de material impresso em papel ofício.

**Verificação da Aprendizagem (avaliação):** Por meio dos dados coletados em questionário.

**Resultados esperados:** Espera-se que a resposta dos alunos – conhecendo melhor o perfil da turma – oriente melhor os planejamentos.

### Plano de aula 2

**TEMA: TIRINHAS COMO PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL**

**CENTRO EDUCACIONAL DE BARRA NOVA – CEBN**

**DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES SOBRE ESCALAS NA ASTRONOMIA  
POR MEIO DE QUADRINHOS**

**Professor:** Marcos Oliveira dos Santos

**Disciplina:** Ciências da natureza                      **Série:** 7º ano do Ensino Fundamental  
**Tempo estimado:** Uma aula de 45 minutos.

**Objetivos:**

- ✓ Discutir influências sociais que dificultaram a implementação de novas visões de mundo a partir de conceitos científicos;
- ✓ Estudar diversas personalidades marcantes na Evolução da História das Ciências e suas influências no desenvolvimento de novos conceitos físicos.

**Conteúdo abordado:** A História da Astronomia.

**Metodologia:**

- ✓ Divisão dos alunos em pequenos grupos. Duração média de 5 minutos;
- ✓ Distribuição das tirinhas impressas em papel ofício (Disponível no Apêndice B, página 92). Duração média de 5 minutos;
- ✓ Leitura e discussão oral (entre alunos) sobre as tirinhas. A atividade terá duração média de 15 minutos;
- ✓ Apresentação dos grupos e abertura para discussões com auxílio do projetor de imagens. Tempo estimado de 20 minutos.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, projetor de imagens, papel ofício A4, tirinhas.

**Estratégias de ensino:** Aulas por meio de material impresso em papel ofício (Apêndice B).

**Verificação da Aprendizagem (avaliação):** Serão analisadas as respostas orais registradas em áudio e mencionadas em diário de bordo.

**Resultados esperados:** Além de atingir os objetivos propostos, interação entre estudantes referentes aos conhecimentos prévios dos mesmos, bem como curiosidade pela história da Astronomia.

**Plano de aula 3**

**TEMA: CONHECENDO O EXPERIMENTO DE ERATÓSTENES**

**CENTRO EDUCACIONAL DE BARRA NOVA – CEBN  
DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES SOBRE ESCALAS NA ASTRONOMIA  
POR MEIO DE QUADRINHOS**

**Professor:** Marcos Oliveira dos Santos

**Disciplina:** Ciências da natureza                      **Série:** 7º ano do Ensino Fundamental

**Tempo estimado:** Duas aulas de 45 minutos cada (90 minutos).

**Objetivos:**

- ✓ Entender como o experimento de Eratóstenes contribuiu para a evolução da História das Ciências;
- ✓ Debater e discutir Ciência a partir do experimento de Eratóstenes.

**Conteúdos abordados:** Medidas de ângulos, medidas de comprimento, História da Astronomia.

**Metodologia:**

- ✓ Apresentação de nota biográfica de Eratóstenes. Tempo estimado de 15 minutos;
- ✓ Análises e discussões sobre as Tirinhas 1: Eratóstenes (Figura 26 – Apêndice B, página 92) e tirinha 7: Atualidades Astronômicas (Figura 32 – Apêndice B, página 95) e como este “cientista mediu a circunferência da Terra. Tempo estimado de 15 minutos;
- ✓ Discussão da atividade para casa: questionário para entrevistar um familiar (pai, mãe, tio, entre outros). Tempo estimado de 15 minutos;
- ✓ Avaliação: socialização e discussão da atividade de casa. A atividade teve duração de cerca de 45 minutos.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, projetor de imagens, papel ofício A4, tirinhas e transferidor grande.

**Estratégias de ensino:** Aula expositiva por meio de material impresso em papel ofício e projetor de imagens.

**Verificação da Aprendizagem (avaliação):** Serão analisadas as respostas orais registradas em áudio e em diário de bordo.

**Resultados esperados:** Espera-se que os discentes entendam como Eratóstenes realizou este importante experimento, bem como a importância de seu pensamento na História da Astronomia.

**Observação:** Se necessário, faça uma rápida revisão sobre medidas de ângulos.

**Plano de aula 4**

**TEMA: GRAVITAÇÃO**

**CENTRO EDUCACIONAL DE BARRA NOVA – CEBN  
DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES SOBRE ESCALAS NA ASTRONOMIA  
POR MEIO DE QUADRINHOS**

**Professor:** Marcos Oliveira dos Santos

**Disciplina:** Ciências da natureza - Física      **Série:** 7º ano do Ensino Fundamental

**Tempo estimado:** Duas aulas de 45 minutos cada (90 minutos)

**Objetivos:**

- ✓ Analisar o conceito de força em nosso cotidiano e sua contribuição na compreensão da queda

de corpos.

- ✓ Estudar as influências sociais e culturais que possibilitaram a Isaac Newton desenvolver novos pensamentos dentro dos conhecimentos da Física.
- ✓ Analisar e discutir por meio de demonstrações e História das Ciências como a gravitação está presente em nosso cotidiano.

**Conteúdos abordados:** Forças e a atração gravitacional.

**Metodologia:**

- ✓ Representação de como estamos no globo (parte de baixo, parte de cima, de lado ou se essas denominações não existem no espaço interplanetário). Tempo estimado de 10 minutos;
- ✓ Experimento representando a força centrípeta. Tempo estimado de 10 minutos;
- ✓ Exibição de recorte de vídeo mostrando um pouco da vida de Isaac Newton (disponível em “*Cosmos: A Spacetime Odyssey episódio 3* – disponível para download em: [http://olharastronomico.blogspot.com/2016/11/download-todos-episodios-de-cosmos\\_1.html](http://olharastronomico.blogspot.com/2016/11/download-todos-episodios-de-cosmos_1.html) . Cerca de 15 minutos.
- ✓ Apresentação de nota biográfica de Edwin Hubble. Cerca de 10 minutos.
- ✓ Exemplos e discussões com imagens das leis de Newton em nosso cotidiano (Figuras 37, 38 e 39 – Apêndice B, página 92) Cerca de 20 minutos.
- ✓ Reapresentação das tirinhas: 5: Isaac Newton (Figura 30 – Apêndice B, página 94) e 6: Os maiores acertos de um gênio (Figura 31 – Apêndice B, página 94) e atividade escrita: memória de aula. Cerca de 25 minutos.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, projetor de imagens, papel ofício A4, tirinhas, globo terrestre, boneco, barbante, tecido (representar a esfera no experimento de força centrípeta), vídeos, livro didático.

**Estratégias de ensino:** Aulas por meio de material impresso em papel ofício, atividades práticas e vídeos.

**Verificação da Aprendizagem (avaliação):** Serão analisadas as respostas em atividades escritas, discussões registradas em áudio e em diário de bordo.

**Resultados esperados:** Espera-se que os objetivos propostos sejam alcançados e se evidencie o quanto Isaac Newton e Edwin Hubble foram fundamentais no avanço Astronômico.

**Observação:** Todas as atividades práticas podem ser realizadas pelos alunos (força centrípeta e como estamos posicionados no globo).

## **Plano de aula 5**

### **TEMA: MEDIDAS DE COMPRIMENTO E VOLUME: CONFECCIONANDO O SISTEMA SOLAR**

**CENTRO EDUCACIONAL DE BARRA NOVA – CEBN**

### **DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES SOBRE ESCALAS NA ASTRONOMIA POR MEIO DE QUADRINHOS**

**Professor:** Marcos Oliveira dos Santos

**Disciplina:** Ciências da natureza - Física

Série: 7º ano do Ensino Fundamental

**Tempo estimado:** Duas aulas de 45 minutos cada (90 minutos)

#### **Objetivos:**

- ✓ Analisar e discutir os modelos planetários ptolomaico e copernicano, bem como suas contribuições para o conhecimento de mundo ao longo dos anos.
- ✓ Estudar e analisar nossa pequenez ante a imensidão do Sistema Solar.
- ✓ Debater sobre as regularidades dos astros por meio do pensamento de Kepler, bem como os enunciados das duas primeiras equações deste “cientista”.

**Conteúdos abordados:** Leis de Kepler, Ordem de grandeza de comprimento e volume.

#### **Metodologia:**

- ✓ Apresentação dos modelos planetários ptolomaico e copernicano. (Duração de cerca de 10 minutos);
- ✓ Apresentação de notas biográficas de Cláudio Ptolomeu, Nicolau Copérnico e Johannes Kepler. (Duração de cerca de 10 minutos);
- ✓ Comparação entre os modelos planetários. Tempo estimado de 10 minutos;
- ✓ Apresentação das duas primeiras leis de Kepler. Tempo estimado de 5 minutos;
- ✓ Apresentação das tabelas 10 e 11 (Disponíveis no capítulo Resultados e discussões, páginas 74 e 75) com cálculos para confecções dos planetas e medições das distâncias entre eles. (Duração: cerca de 15 minutos);
- ✓ Medir e representar, fora da sala de aula, as distâncias entre os planetas confeccionados em sala. Duração média de 30 minutos;
- ✓ Atividade escrita com tirinhas 3: Copérnico (Figura 29 – Apêndice B, página 93) e 11: Olimpíadas interestelares (Figura 36 – Apêndice B, página 97). (Duração: cerca de 20 minutos)

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, terreno em frente à Instituição de Ensino (campo de futebol ou rua longa), tirinhas, textos, tabela (medidas das distâncias entre o Sol e os planetas do Sistema Solar, bem como o diâmetro de cada um deles), computador, projetor de imagens, resina epóxi, trena ou barbante longo, tinta à base de água, tesoura, régua, uma bola grande (Pilates).

**Estratégias de ensino:** Aulas por meio de material impresso em papel ofício, aula prática em classe e extraclasse.

**Verificação da Aprendizagem (avaliação):** Serão analisadas as participações em todas as etapas da atividade, inclusive resposta em atividade escrita.

**Resultados esperados:** Espera-se que os estudantes compreendam nossa pequenez no Sistema Solar, que, por sua vez, não passa de poeira na periferia da Via Láctea.

**Observação:** Quanto maior a bola de Pilates, mais fácil será a confecção dos planetas, todavia isso dificultará a representação das distâncias entre eles.

## **Plano de aula 6**

### **TEMA: ESTUDANDO A LUA**

#### **CENTRO EDUCACIONAL DE BARRA NOVA – CEBN DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES SOBRE ESCALAS NA ASTRONOMIA POR MEIO DE QUADRINHOS**

**Professor:** Marcos Oliveira dos Santos

**Disciplina:** Ciências da natureza - Física                      **Série:** 7º ano do Ensino Fundamental

**Tempo estimado:** Duas aulas de 45 minutos cada (90 minutos)

#### **Objetivos:**

- ✓ Analisar, por meio do pensamento “galileano”, a importância do telescópio no estudo astronômico, assim como a importância histórica de Giordano Bruno na construção do conhecimento científico acumulado.
- ✓ Estudar e compreender fenômenos lunares, a partir de demonstrações e História das Ciências.
- ✓ Estudar as influências sociais e culturais na vida de Galileu que dificultaram a implementação de novos conhecimentos científicos.

**Conteúdo abordado:** A Terra e seu Satélite Natural.

#### **Metodologia:**

- ✓ Apresentação de notas biográficas de Galileu Galilei e Giordano Bruno. Tempo estimado de 20 minutos;

- ✓ Representação de fenômenos Lunares por meio de demonstração. Tempo estimado de 25 minutos;
- ✓ Avaliação escrita com questões objetivas e subjetivas sobre o tema da aula. (Duração: cerca de 45 minutos)

**Estratégias de ensino:** Aulas práticas e por meio de material impresso em papel ofício.

**Verificação da Aprendizagem (avaliação):** Serão analisadas as respostas orais registradas em áudio e diário de bordo, bem como atividade escrita.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, sala de vídeo, computador, projetor de imagens, tirinhas, globo terrestre, laranja, barbante, parafuso e atividade xerografada.

**Resultados esperados:** Compreensão dos fenômenos relacionados ao satélite natural da Terra e da importância de Galileu Galilei e Giordano Bruno na construção do conhecimento sobre a Lua.

## Plano de aula 7

**TEMA: HABILIDADES ARTÍSTICAS POR MEIO DA CONFECÇÃO DE TIRINHAS**  
**CENTRO EDUCACIONAL DE BARRA NOVA – CEBN**  
**DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES SOBRE ESCALAS NA ASTRONOMIA**  
**POR MEIO DE QUADRINHOS**

**Professor:** Marcos Oliveira dos Santos

**Disciplina:** Ciências da natureza - Física      **Série:** 7º ano do Ensino Fundamental

**Tempo estimado:** Duas aulas de 45 minutos cada (90 minutos)

### Objetivo:

- ✓ Desenvolver a criatividade dos estudantes estimulando a compreensão da SD apresentada a partir de fatos relacionados com a História das Ciências.

**Conteúdos abordados:** Qualquer conteúdo dentro da sequência apresentada.

### Metodologia:

- ✓ Organização dos grupos. Tempo estimado de 10 minutos;
- ✓ Construção de tirinhas. Tempo estimado de 50 minutos;
- ✓ Apresentação dos trabalhos. Cerca de 30 minutos.

**Estratégias de ensino:** Aula oral e produção livre.

**Verificação da Aprendizagem (avaliação):** Serão analisadas as respostas orais registradas em áudio e apresentação das produções artísticas.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, computador, projetor de imagens, cartolinas e outros, que dependerão da demanda de cada grupo.

**Resultados esperados:** Espera-se que os discentes, por meio de suas produções, mostrem parte do que aprenderam durante a sequência didática.

**Observação:** Se houver possibilidade, realizar as apresentações na (s) aula (s) seguinte (s).



## Apêndice D - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

O (a) filho (a) do Sr (a) está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada **Fisicartoons: escalas na Astronomia por meio de quadrinhos**. Esta pesquisa tem dentre os seus objetivos verificar a potencialidade de uma sequência didática sobre o conceito de escalas em Astronomia abordado didaticamente por meio da História da Astronomia e de Quadrinhos. Registros de áudio e imagem de aula serão tratados como dados de pesquisa, resultados e análises serão divulgados em trabalhos acadêmicos e em eventos científicos. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada, uma vez que seu nome será substituído de forma aleatória ou por meio de códigos. A participação do seu filho é voluntária, isto é, poderá recusar-se a autorizar a gravação e retirar seu consentimento. A recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador. Portanto, gostaríamos de pedir-lhe a autorização **para registrar em áudio e imagem a participação do (a) seu(a) filho(a) nas aulas que serão ministradas entre os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2019**. A pesquisa é parte integrante do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), polo 62.

Desde já, agradecemos sua atenção e contamos com sua participação.

Atenciosamente,

**Prof. Marcos Oliveira dos Santos**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)/*campus* de Vitória da Conquista

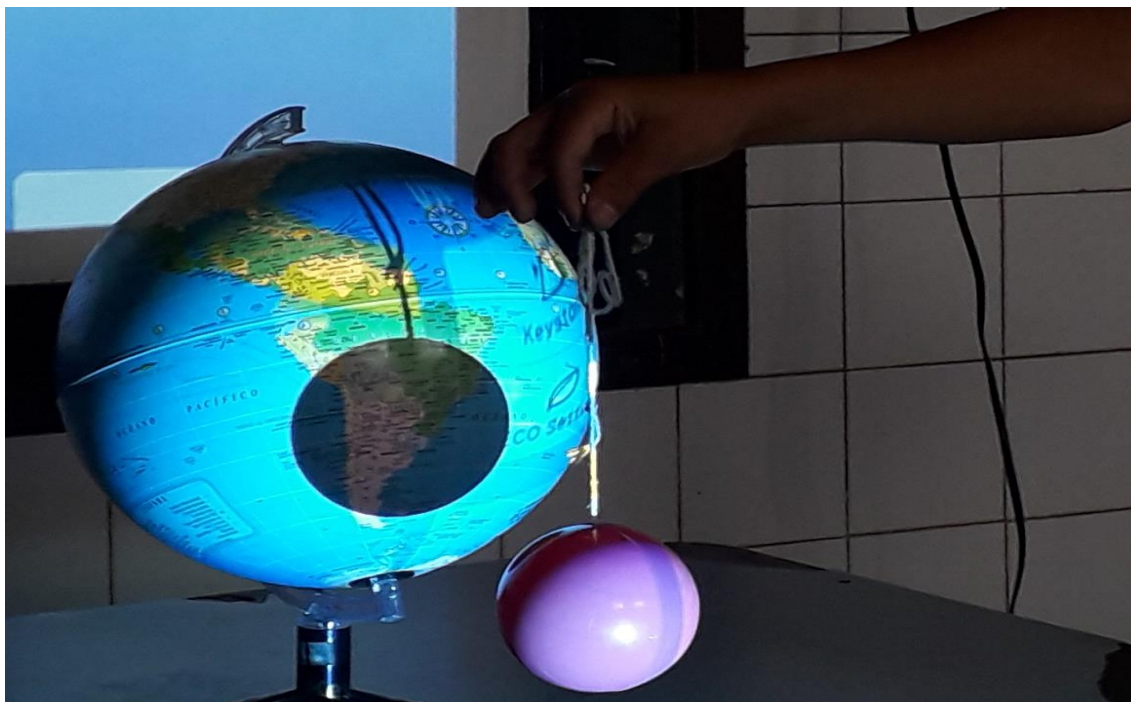
### TERMO DE ASSENTIMENTO

Eu, \_\_\_\_\_ RG: \_\_\_\_\_, estou ciente de que meu filho(a) faz parte da pesquisa descrita acima e declaro que fui informado(a) sobre os procedimentos da pesquisa recebendo de forma clara e objetiva as explicações pertinentes ao projeto. Permito que os dados de \_\_\_\_\_ sejam gravados em áudio e imagem e que sejam utilizados nesta pesquisa e em artigos posteriores.

Barra do Choça, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

Assinatura do (a) responsável

## Apêndice E - Registro fotográfico de atividades



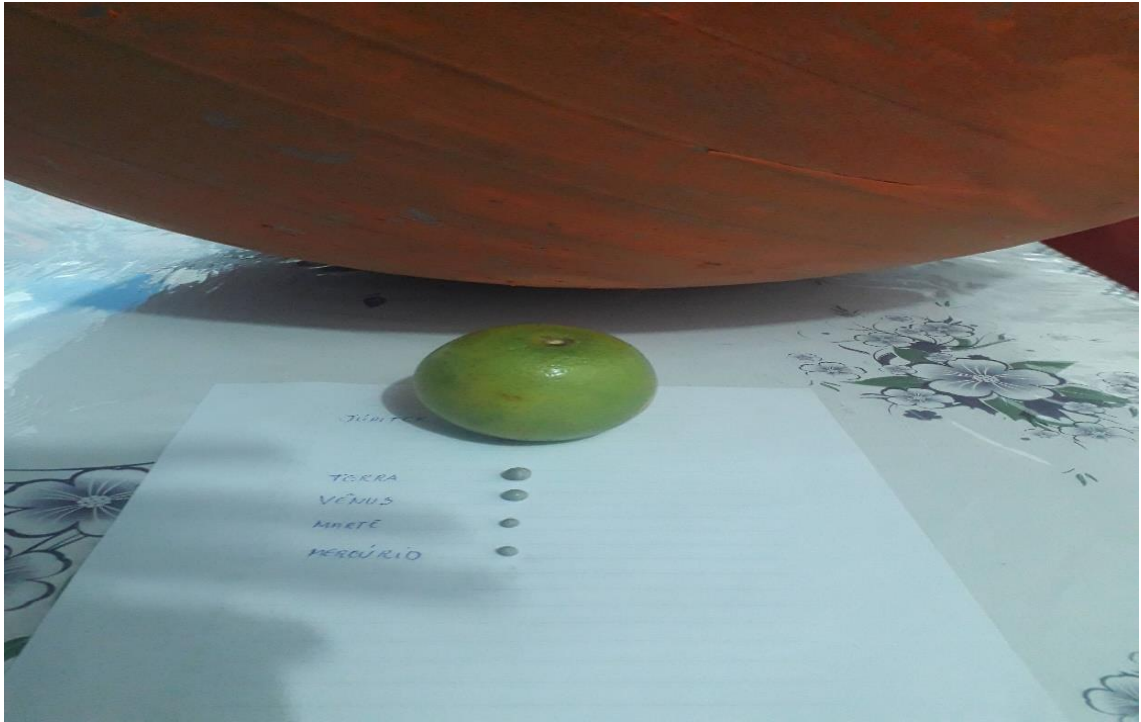
**Figura 40A.** Foto de demonstração de eclipse solar

Fonte: O autor (2019)



**Figura 41A.** Foto de demonstração das fases da Lua

Fonte: O autor (2019)



**Figura 42A.** Foto de planetas confeccionados em sala

Fonte: O autor (2019)



**Figura 43A.** Foto de representação em escalas dos planetas internos do sistema solar

Fonte: O autor (2019)

## Apêndice F - Produto Educacional

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



**UESB**  
UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DO SUDESTE DA BAHIA



**MARCOS OLIVEIRA DOS SANTOS**

**MATERIAL AUXILIAR PARA USO DO PRODUTO EDUCACIONAL: SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA ENVOLVENDO ESCALAS NA ASTRONOMIA POR MEIO DE  
QUADRINHOS**

Orientador: Professor dr. Wagner Duarte José  
Coorientador: Professor Dr. Valmir Henrique  
de Araújo

**VITÓRIA DA CONQUISTA**

**MARÇO – 2020**

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	112
AS TIRINHAS .....	113
AS ATIVIDADES.....	114
Atividade 1: Questionário socioeconômico familiar .....	114
Atividade 2: Tirinhas como problematização inicial.....	118
Atividade 3: Conhecendo o experimento de Eratóstenes .....	124
Atividade 4: Gravitação.....	127
Atividade 5: Medidas de comprimento e volume: confeccionando o Sistema Solar .....	130
Atividade 6: Estudando a Lua .....	136
Atividade 7: Habilidades artísticas por meio da confecção de tirinhas.....	144
BIBLIOGRAFIA .....	146

## APRESENTAÇÃO

Com intuito de atender principalmente estudantes e professores que ministram aulas nas séries finais do Ensino Fundamental, este produto educacional apresenta uma sequência didática abordando várias personalidades e suas contribuições ao longo da História da Astronomia, bem como as escalas de ordem de grandeza de tempo, massa, comprimento e volume por meio de tirinhas criadas pelo próprio autor, disponíveis no endereço eletrônico <https://fiscartoons2019.blogspot.com/> para “download”. Com as tirinhas, os profissionais do magistério, caso tenham interesse em utilizá-las, poderão fazer uso dentro da sequência aqui apresentada ou, simplesmente, baixá-las individualmente, a fim de aplicá-las da maneira que melhor lhes convir no cotidiano escolar.

Para melhor compreensão de fenômenos físicos diários é preciso compreensão do muito grande e do muito pequeno, voltar ao passado e dinamizar cada vez mais as atividades de Ciências naturais com aulas alternativas ao ensino tradicional, por isso, este produto apresenta todos os passos de uma sequência didática que teve como título *Fiscartoons: escalas na Astronomia por meio de quadrinhos*. Mediante a experiência de vida de Valmir Henrique, afirmando em livro de sua autoria que:

Em contraposição a esse modo tradicional de ensino, tentava promover uma aprendizagem de modo que o estudante incluísse a própria visão de mundo no estudo da física e o conhecimento pudesse acontecer por uma *catarse* ao longo de suas tentativas de aprender conceitos e leis, e não por uma mera aceitação tácita destes (ARAÚJO, 2012, p. 41).

Para esse escritor, quando se propõe algo novo, como representação teatral, jogral, poesia, entre outros, para aprendizes acostumados a equações e números, a fuga do tema da aula quase sempre é certa, mas a empolgação dos alunos contagia também o orientador e uma interrupção torna-se pouco provável. Afinal de contas, Araújo (2012, p. 42) deixa bem claro que: “Aflorava nos estudantes essa necessidade premente de novidades, algo em que eu viria a ter um reforço, mais tarde, nessa compreensão de que as criações e as invenções na ciência e na arte devem se relacionar”.

Com o propósito de inovar e trazer benefícios para o Ensino de Física, o produto também visa mostrar um lado mais dinâmico, e apresenta uma nova possibilidade de trabalho, deixando explicitado que a Literatura é, também, parte integrante dessa área do saber.

## AS TIRINHAS

Tendo em vista o fato de que nem todos têm habilidade e criatividade para transformar um fato histórico em algo informativo, ilustrativo e cômico, este manual disponibiliza onze (11) tirinhas utilizadas durante a sequência didática e várias outras adquiridas com um “click” no endereço eletrônico <https://fisiccartoons2019.blogspot.com/>. Todavia, para aqueles e aquelas que querem se aventurar no “mundo dos *cartoons*”, as dicas para confecção são as seguintes: *i) esteja inteirado(a) do conteúdo e/ou da história que serão trabalhados; ii) relacione o conteúdo com fatos cotidianos (lembrando que estes fatos não podem, em hipótese alguma, trazer desconforto aos leitores); iii) utilize contradições, tornando o fato engraçado (Induza o leitor e o contradiga no desfecho); iv) crie a história e, somente depois, comece a desenhar; e v) rabisque, e a perfeição virá com a prática.* Se as dicas não foram úteis, não se preocupe, além dos quadrinhos aqui mencionados, a “internet” possui uma infinidade de tirinhas que são bem-vindas no Ensino de Física e Astronomia.

## AS ATIVIDADES

### **Atividade 1:** Questionário socioeconômico familiar

- ✓ Conhecer e discutir influências sociais e culturais no contexto onde está inserida a unidade de ensino visando à investigação que possa contribuir positivamente para o sucesso escolar, bem como nortear o planejamento por meio de possíveis previsões com base nos dados coletados.

**Conteúdo abordado:** “A vida dos estudantes”.

#### **Metodologia:**

- ✓ Distribuição individual de questionários (Disponível na página 115). Tempo estimado: cerca de 3 minutos;
- ✓ Leitura do questionário em grupo seguida de preenchimento deste. Será feita no período estimado de 40 minutos;
- ✓ Recolhimento dos questionários. Duração: cerca de 2 minutos.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, papel ofício A4.

**Estratégias de ensino:** Aulas por meio de material impresso em papel ofício (disponível na página 115).

A atividade é individual, e para melhor resultado é preferível que o professor orientador faça a leitura coletiva com a turma, passando por todas as questões, tirando as dúvidas e evitando que os estudantes fiquem atrasados em suas respostas. Depois, é só recolher o material, realizar análise – em outro momento, é claro – e traçar um perfil da turma. Em um segundo momento, distribua termo de consentimento, explique – embora o termo seja autoexplicativo, – e peça aos alunos que orientem e façam a leitura junto aos pais. O termo é fundamental, pois irá garantir que fotos e imagens dos estudantes sejam divulgadas e/ou publicadas sem causar transtornos aos envolvidos, caso haja consentimento dos pais.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, papel ofício A4.

**Resultados esperados:** Melhor planejamento das atividades por meio dos dados coletados.



## Questionário socioeconômico

### Nome e profissão dos pais

Nome do pai

Nome da mãe

Profissão do pai

Profissão da mãe

### 1. Qual é o grau de escolaridade da sua mãe? (Marque apenas uma resposta)

- (A) Não alfabetizada
- (B) Da 1ª à 4ª série do Ensino Fundamental (antigo primário)
- (C) Da 5ª à 8ª série do Ensino Fundamental (antigo ginásio)
- (D) Ensino Médio (antigo 2º grau)
- (E) Ensino Superior
- (F) Especialização
- (G) Não estudou
- (H) Não sei

### 2. Qual é o grau de escolaridade de seu pai? (Marque apenas uma resposta)

- (A) Não alfabetizado
- (B) Da 1ª à 4ª série do Ensino Fundamental (antigo primário)
- (C) Da 5ª à 8ª série do Ensino Fundamental (antigo ginásio)
- (D) Ensino Médio (antigo 2º grau)
- (E) Ensino Superior
- (F) Especialização
- (G) Não estudou
- (H) Não sei

### 3. Quantas pessoas moram com você? (incluindo filhos, irmãos, pais, parentes e amigos) (Marque apenas uma resposta)

- (A) Moro sozinho
- (B) Uma a três
- (C) Quatro a sete
- (D) Oito a dez
- (E) Mais de dez

### 4. Das pessoas que residem com você, quantas delas trabalham?

### 5. (Caso possua) Qual o grau de escolaridade de cada um(a) dos seus irmãos(as)?

### 6. Recebe algum incentivo financeiro para estudar?

- ( ) Sim      ( ) Não

### 7. A casa onde você mora é: (Marque apenas uma resposta)

(A) Própria (B) Alugada (C) Cedida

**8. Sua casa está localizada em? (Marque apenas uma resposta)**

- (A) Campo.
- (B) Sede (Barra do Choça)
- (C) Comunidade indígena.
- (D) Comunidade quilombola.

**9. Quais são os equipamentos coletivos disponíveis em sua residência**

( ) água potável ( ) rede de esgotos ( ) energia elétrica ( ) internet

**10. O que gosta de fazer?**

**11. Onde espera estar daqui a 5 anos?**

**12. Como espera que a escola contribua para seu futuro?**

**13. O que você pretende fazer pela escola?**

**14. Qual o meio de comunicação que você mais utiliza para se manter informado?**

- ( ) Jornal escrito
- ( ) Jornal falado (TV)
- ( ) Jornal falado (rádio)
- ( ) Internet
- ( ) Revistas
- ( ) Redes sociais. Qual (is)?

**15. Você usa o computador (laptop ou computador de mesa)?**

- ( ) Não
- ( ) Sim, de casa
- ( ) Sim, da escola
- ( ) Sim, de amigos
- ( ) Sim, de outros locais

**16. (Somente se a resposta anterior for afirmativa) O que você mais gosta de fazer com o computador?**

**17. Você usa o celular?**

- ( ) Não
- ( ) Sim, de casa
- ( ) Sim, da escola
- ( ) Sim, de amigos
- ( ) Sim, de outros locais

**18. (Somente se a resposta anterior for afirmativa) O que você mais gosta de fazer com o celular?**

**19. Quantos livros você lê por ano?**

**20. Qual seu tipo de leitura favorita?**

literária (romances)

ficção científica

científica

religiosa

gibi

outra.

### **Termo de Assentimento Livre e Esclarecido**

O filho (a) do Sr (a) está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada **Fisicartoons: escalas na Astronomia por meio de quadrinhos**. Esta pesquisa tem dentre os seus objetivos verificar a potencialidade de uma sequência didática sobre o conceito de escalas em Astronomia abordado didaticamente por meio da História da Astronomia e de Quadrinhos. Registros de áudio e imagem de aula serão tratados como dados de pesquisa, resultados e análises serão divulgados em trabalhos acadêmicos e em eventos científicos. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada, uma vez que seu nome será substituído de forma aleatória ou por meio de códigos. A participação do seu filho é voluntária, isto é, poderá recusar-se a autorizar a gravação e retirar seu consentimento. A recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador. Portanto, gostaríamos de pedir-lhe a autorização **para registrar em áudio e imagem a participação do (a) seu (a) filho(a) nas aulas que serão ministradas entre os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2019**. A pesquisa é parte integrante do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), polo 62.

Desde já, agradecemos sua atenção e contamos com sua participação.

Atenciosamente,

**Prof. Marcos Oliveira dos Santos**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) /*campus* de Vitória da Conquista

## TERMO DE ASSENTIMENTO

Eu, \_\_\_\_\_ RG: \_\_\_\_\_, estou ciente de que meu filho(a) faz parte da pesquisa descrita acima e declaro que fui informado(a) sobre os procedimentos da pesquisa recebendo de forma clara e objetiva as explicações pertinentes ao projeto. Permito que os dados de \_\_\_\_\_ sejam gravados em áudio e imagem e que sejam utilizados nesta pesquisa e em artigos posteriores.

Barra do Choça, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

Assinatura do (a) responsável

### **Atividade 2:** Tirinhas como problematização inicial

#### **Objetivos:**

- ✓ Discutir influências sociais que dificultaram a implementação de novas visões de mundo a partir de conceitos científicos;
- ✓ Estudar diversas personalidades marcantes na Evolução da História das Ciências e suas influências no desenvolvimento de novos conceitos físicos.

**Conteúdo abordado:** A História da Astronomia.

#### **Metodologia:**

- ✓ Divisão dos alunos em pequenos grupos. Duração média de 5 minutos;
- ✓ Distribuição das tirinhas impressas em papel ofício (Disponíveis a partir da página 119). Duração média de 5 minutos;
- ✓ Leitura e discussão oral (entre alunos) sobre as tirinhas. A atividade terá duração média de 15 minutos;
- ✓ Apresentação dos grupos e abertura para discussões com auxílio do projetor de imagens. Tempo estimado de 20 minutos.

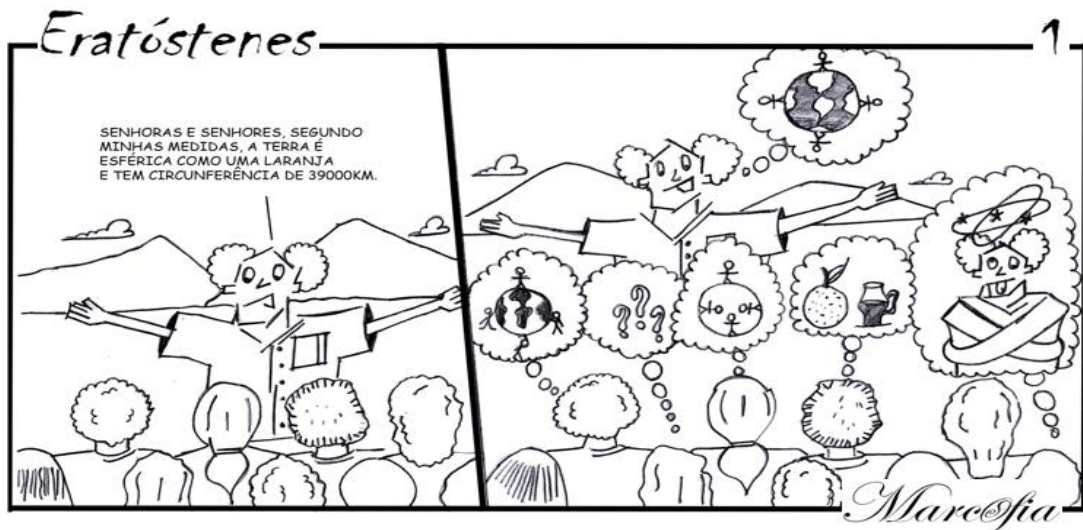
Para esta etapa sugerimos a divisão da turma em pequenos grupos, pois a discussão entre estudantes é parte integrante da atividade. Dependendo da quantidade de estudantes, cada equipe poderá ficar com uma, duas ou três tirinhas. Depois de determinado tempo de discussões – o tempo será determinado pelo professor orientador – é interessante posicionar os alunos em semicírculo, projetar imagens das tirinhas – se houver possibilidades – e deixar que cada grupo apresente o conteúdo abordado na tirinha a ele destinado. A socialização permite que outros estudantes – que não fazem parte da equipe que interpreta a história – façam comentários,

enriquecendo a discussão.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, projetor de imagens, papel ofício A4, tirinhas.

**Resultados esperados:** Além de atingir os objetivos propostos, interação entre os alunos e curiosidade pela História da Astronomia.

### Tirinhas da atividade confeccionadas pelo autor



**Figura 1.** Tirinha 1: Eratóstenes

Fonte: O autor (2019).



**Figura 2.** Tirinha 2: Galileu Galilei

Fonte: O autor (2019).



**Figura 3.** Tirinha 3: Copérnico

Fonte: O autor (2019).



**Figura 4.** Tirinha 4: Galileu Galilei

Fonte: O autor (2019).

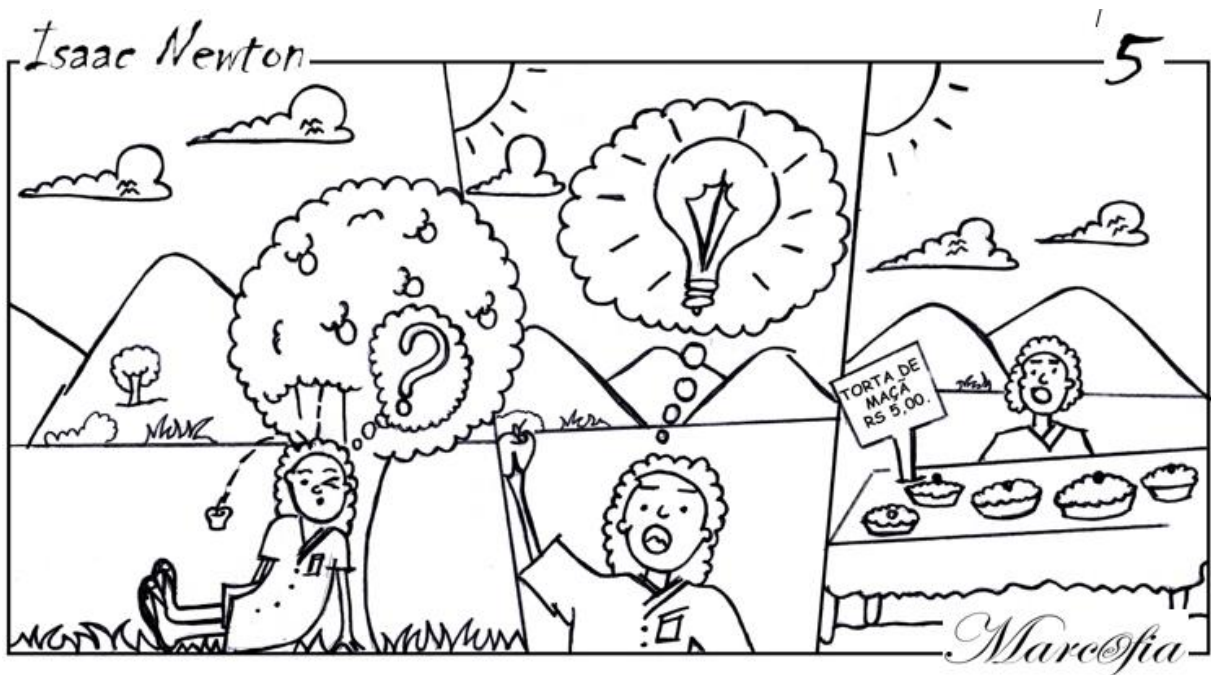


Figura 5. Tirinha 5: Isaac Newton

Fonte: O autor (2019).



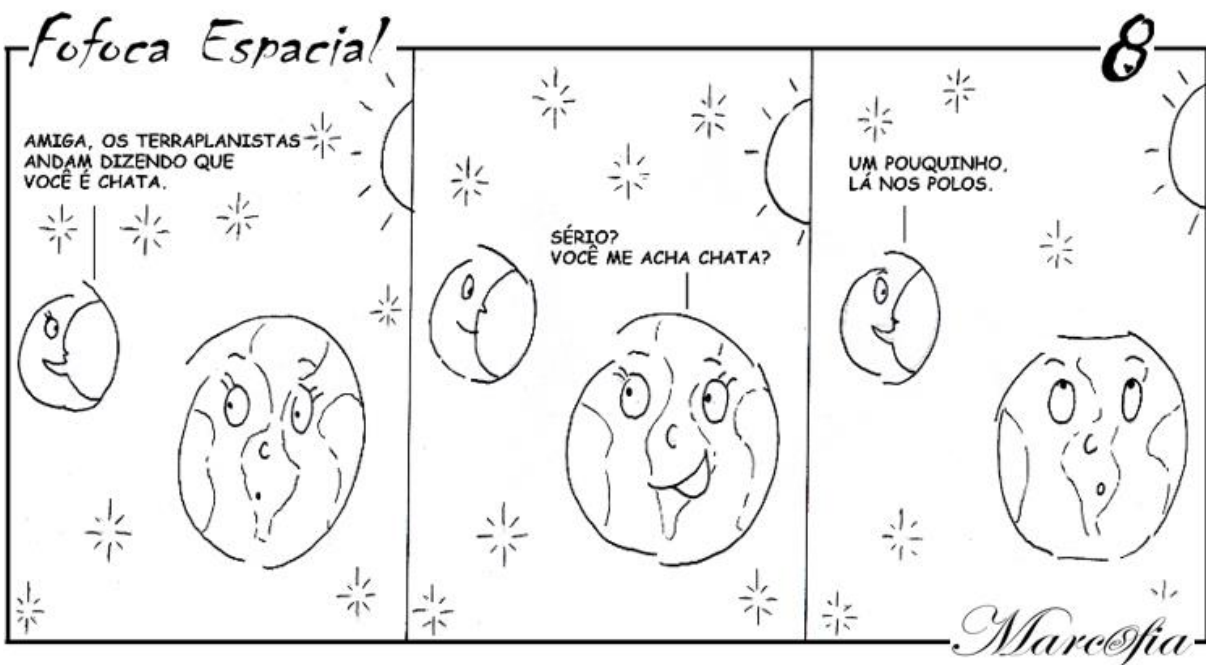
Figura 6. Tirinha 6: Os maiores acertos de um gênio

Fonte: O autor (2019).



**Figura 7.** Tirinha 7: Atualidades Astronômicas

Fonte: O autor (2019).



**Figura 8.** Tirinha 8: Fofoca Espacial

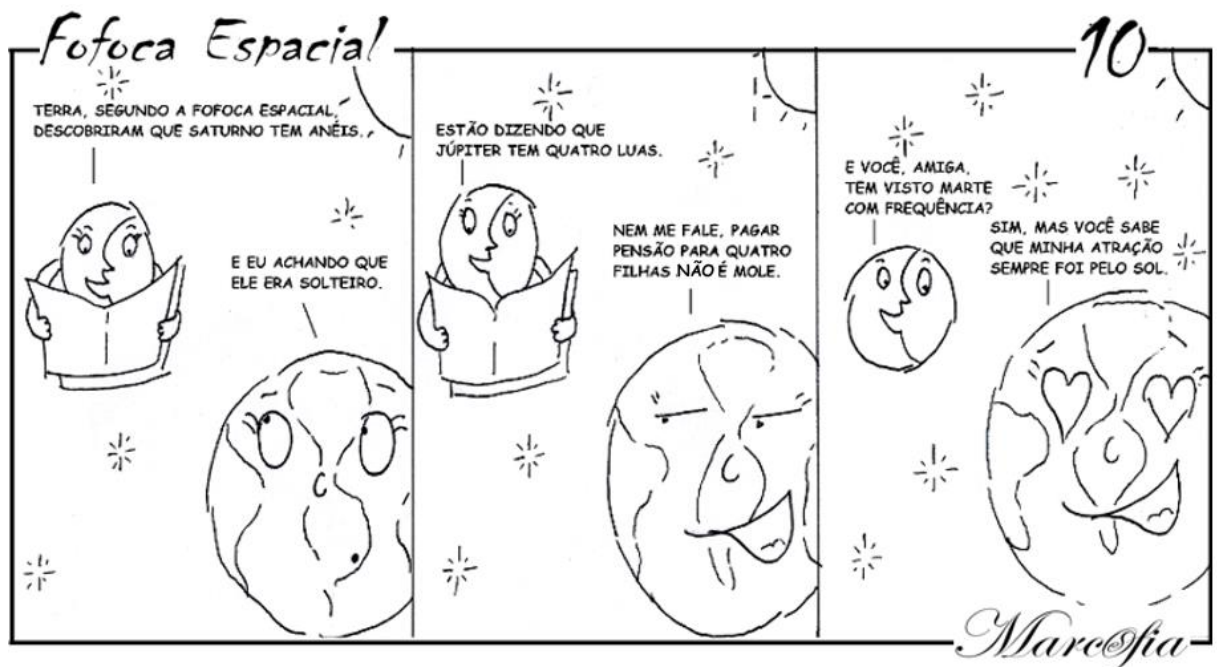
Fonte: O autor (2019).





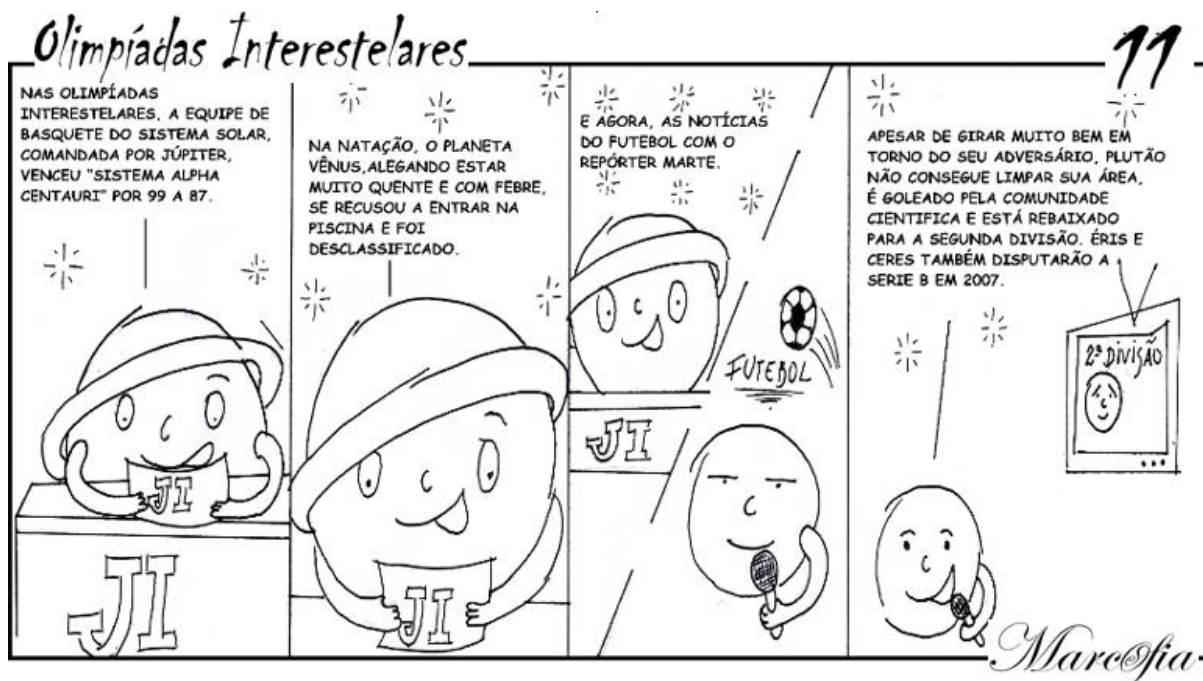
**Figura 9.** Tirinha 9: Fofoca Espacial

Fonte: O autor (2019).



**Figura 10.** Tirinha 10: Fofoca Espacial

Fonte: O autor (2019).



**Figura 11.** Tirinha 11: Olimpíadas Interestelares

Fonte: O autor (2019).

### **Atividade 3:** Conhecendo o experimento de Eratóstenes

#### **Objetivos:**

- ✓ Entender como o experimento de Eratóstenes contribuiu para a evolução da História das Ciências;
- ✓ Debater e discutir Ciência a partir do experimento de Eratóstenes.

**Conteúdos abordados:** Medidas de ângulos, medidas de comprimento, História da Astronomia.

#### **Metodologia:**

- ✓ Apresentação de nota biográfica de Eratóstenes (Disponível na página 126). Tempo estimado de 15 minutos;
- ✓ Análises e discussões sobre as Tirinhas 1: Eratóstenes (Figura 1, página 119) e tirinha 7: Atualidades Astronômicas (Figura 7, página 122) e como este “cientista mediu a circunferência da Terra. Tempo estimado de 15 minutos;
- ✓ Discussão da atividade para casa: questionário para entrevistar um familiar (pai, mãe, tio, entre outros). Tempo estimado de 15 minutos;

- ✓ Avaliação: socialização e discussão da atividade de casa. A atividade teve duração de cerca de 45 minutos.

É interessante que a atividade tenha início com a apresentação de Eratóstenes de Cirene, pioneiro nas medidas das dimensões da Terra e uma personalidade pouco conhecida, depois discussão das tirinhas: 1: Eratóstenes e 7: Atualidades Astronômicas (Disponíveis neste documento), dessa forma os estudantes poderão rever e discutir mais uma vez – de maneira bem mais aprofundada – os quadrinhos que também estavam presentes na problematização inicial. O contraste nas tirinhas – uma dizendo que a Terra é esférica, enquanto outra afirma que o planeta é plano – possibilita uma discussão rica, interessante e oportuna para mostrar como este bibliotecário conseguiu medir as dimensões do planeta Terra. Logo em seguida, apresentação do questionário para entrevista com os pais, leitura do mesmo, discussão com os alunos sobre como os pais serão entrevistados – o (a) estudante não pode “ajudar” seus pais, apenas ouvir e transcrever a resposta deles (as) – e na aula seguinte abertura em semicírculo, onde cada estudante irá expor os resultados de sua entrevista – todos os estudantes devem responder a questão 1, seguida de discussão e, só depois, passar para a questão 2 –, corrigindo-as quando necessário.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, projetor de imagens, papel ofício A4, tirinhas e transferidor grande.

**Resultados esperados:** Espera-se que os discentes entendam como Eratóstenes realizou este importante experimento, bem como sua importância na evolução da Astronomia.

**Observação:** Se necessário, faça uma rápida revisão sobre medidas de ângulos.

### **Questionário para entrevista com os pais.**

1. Qual é o formato do Planeta Terra (plano, esférico, cúbico, cilíndrico, oval...)?
2. Você já ouviu alguém falar em Eratóstenes? Quem foi ele?
3. Por que o ano tem aproximadamente 365 dias?
4. Por que o dia tem aproximadamente 24 horas?
5. O nosso sistema planetário é Heliocêntrico ou Geocêntrico, isto é, o Sol está no centro e a Terra gira ao seu redor ou a Terra é o astro central e o Sol a orbita?
6. Quantas fases tem a Lua? Quais são elas?
7. Quais são os fenômenos influenciadores das fases da Lua?
8. O que apresenta maior volume: a Lua, a Terra ou o Sol?

## Nota biográfica de Eratóstenes

Eratóstenes de Cirene viveu em Alexandria no século III a.C (PIRES, 2015). A ausência das unidades de medidas tão precisas quanto as atuais não foi suficiente para impedir os ideais desse matemático, ele calculou a medida do raio da Terra, (até então, vista como não esférica na visão de mundo de muitos de seus contemporâneos) Segundo Hewitt (2011, p. 1), “[...] lembrado por seu estupendo cálculo do tamanho da Terra, de notável precisão (dois mil anos atrás, sem computadores, sem satélites especiais – usando tão somente um bom raciocínio, geometria e medições simples)”. Com seu vasto conhecimento em Matemática, Geografia e tantas outras áreas do conhecimento, foi audacioso não somente por reafirmar, em uma época tão remota, a esfericidade da Terra, mas por medir o raio desta esfera e chegar a um número muito próximo do que conhecemos atualmente. Portanto:

[...] ele sabia que a Sol está em sua posição mais alta no céu ao meio-dia do de 22 de junho, solstício de verão. Nesse momento, a sombra de uma estaca vertical se apresenta como comprimento mínimo. Se o Sol estiver diretamente acima, a estaca não projetará sombra alguma, o que ocorre em Siena, cidade ao sul de Alexandria. Eratóstenes descobriu que o Sol estava diretamente acima de Siena usando as informações da biblioteca, que registrava que naquele momento a luz do Sol cairia diretamente sobre um poço profundo em Siena e se refletiria para cima novamente. Eratóstenes raciocinou que o prolongamento dos raios do Sol naquela localidade, para o interior da Terra, devia passar pelo seu centro. Da mesma forma, uma linha vertical em Alexandria (ou qualquer outro lugar) que fosse prolongada em direção ao interior da Terra deveria também passar pelo centro do planeta (HEWITT, 2011, p. 2).

Nessa época, segundo Santos, Voelzke e Araújo (2012), a existência da represa de Assuã, localizada ao sul de Alexandria e onde também estava localizada a cidade de Siena, era favorável ao tráfego de muitas caravanas entre estas duas cidades. Tal fato pode evidenciar o conhecimento da distância entre as duas localidades, que era de 5.000 estádios (aproximadamente 800 km).

Eratóstenes tinha conhecimento de que os raios solares, pela enorme distância entre Sol e Terra, chegavam praticamente paralelos à superfície terrestre, conhecia as distâncias entre Siena e Alexandria e, possivelmente, conhecia muito bem a geometria de um plano e de uma esfera, possibilitando, em determinada data do ano, a realização da medida da circunferência do “possível globo”. Com todas essas informações e um vasto conhecimento matemático, bastou efetuar os cálculos e concluir que o nosso planeta se assemelhava a uma esfera, com circunferência próxima a quarenta mil quilômetros.

Esse feito parece bem simples, considerando que já o encontramos pronto, todavia foi calculado há mais de 2000 mil anos. A soma de todos os artifícios utilizados nesse complicado

raciocínio mostra a astúcia de um grande cientista que, praticamente – considerando os poucos recursos disponíveis da época –, foi necessária em suas medidas

#### **Atividade 4:** Gravitação

##### **Objetivos:**

- ✓ Analisar o conceito de força em nosso cotidiano e sua contribuição na compreensão da queda de corpos.
- ✓ Estudar as influências sociais e culturais que possibilitaram a Isaac Newton desenvolver novos pensamentos dentro dos conhecimentos da Física.
- ✓ Analisar e discutir por meio de demonstrações e História das Ciências como a gravitação está presente em nosso cotidiano.

**Conteúdos abordados:** Forças e a atração gravitacional.

##### **Metodologia:**

- ✓ Representação de como estamos no globo (parte de baixo, parte de cima, de lado ou se essas denominações não existem no espaço interplanetário). Tempo estimado de 10 minutos;
- ✓ Experimento representando a força centrípeta. Tempo estimado de 10 minutos;
- ✓ Exibição de vídeo mostrando um pouco da vida de Isaac Newton (“*Cosmos: A Spacetime Odyssey episódio 3*” – disponível para download em: [http://olharastronomico.blogspot.com/2016/11/download-todos-episodios-de-cosmos\\_1.html](http://olharastronomico.blogspot.com/2016/11/download-todos-episodios-de-cosmos_1.html)). Cerca de 15 minutos.
- ✓ Apresentação de nota biográfica de Edwin Hubble (Disponível na página 130). Cerca de 10 minutos.
- ✓ Exemplos e discussões com imagens das leis de Newton em nosso cotidiano (Figuras 11, 12 e 13, páginas 128 e 129) Cerca de 20 minutos.
- ✓ Reapresentação das tirinhas: 5: Isaac Newton (Figura 5, página 121) e 6: Os maiores acertos de um gênio (Figura 6, página 121) e atividade escrita: memória de aula. Cerca de 25 minutos.

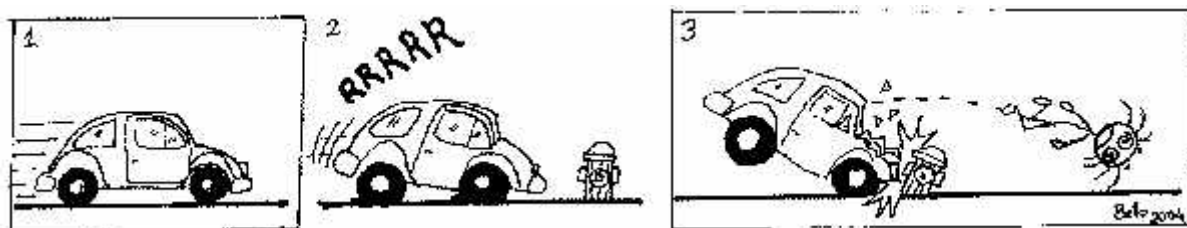
A atividade tem início com o globo terrestre e um pequeno boneco, posicionado em várias partes do globo – em baixo, em cima, dos lados –. A intenção é induzir os estudantes a chegarem no termo gravidade, seguido de discussão, depois é realizado mais uma demonstração da força centrípeta com um barbante e uma esfera (a esfera é confeccionada com tecido, afim de evitar possíveis acidentes). Depois de apresentação da biografia de Newton e Hubble, e imprescindível que seja lembrada a história da maçã que caiu na cabeça de Newton – ainda que

não tenha realmente acontecido –, pois através dela pode-se discutir a gravitação ocorrida em metros com a queda do fruto ou a quilômetros com a queda da Lua, bem como força centrípeta. O momento acaba nos levando a discussão sobre forças e, para isto é interessante a utilização de imagens, pois estamos falando de um 7º Ano do Ensino Fundamental. Por fim, reapresentação das tirinhas 5 e 6: Isaac Newton – disponíveis neste documento – e memória de aula sobre o que os estudantes aprenderam naquele dia de atividades.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, projetor de imagens, papel ofício A4, tirinhas, globo terrestre, boneco, barbante, tecido (representar a esfera no experimento de força centrípeta), vídeos, livro didático.

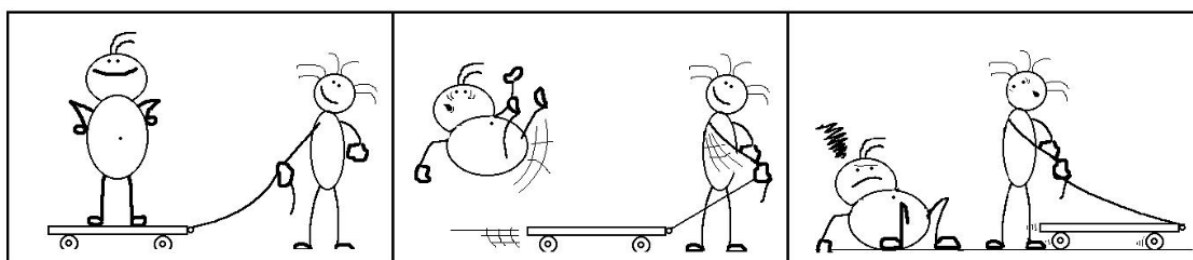
**Resultados esperados:** Espera-se que os objetivos propostos sejam alcançados e se evidencie o quanto Isaac Newton e Edwin Hubble foram fundamentais no avanço Astronômico.

**Observação:** Todas as atividades práticas podem ser realizadas pelos alunos (força centrípeta e como estamos posicionados no globo).



**Figura 12.** Primeira lei de Newton

Fonte: Alberto Castro Batista (2004).



**Figura 13** Segunda lei de Newton

Fonte: Alberto Castro Batista (2004).



**Figura 14.** Terceira lei de Newton

Fonte: o autor (2019).

### **Nota biográfica de Isaac Newton**

Nascido em uma noite de Natal, no ano de 1642, em Woolsthorpe, Inglaterra no calendário daquela localidade, – Juliano – e em 4 de janeiro do ano seguinte pelo calendário adotado na Itália – Gregoriano. Faleceu no dia 20 de março de 1727 (calendário Juliano), e no dia 31 de março 1727 (calendário Gregoriano). Newton foi exaltado por seu amigo Edmond Halley quando este mencionou que nenhum outro ser humano conseguiu chegar tão perto dos deuses (PIRES, 2015). Sem dúvidas, um ícone, um dos maiores revolucionários da história da Física, desenvolveu um dos maiores feitos da humanidade ao formular a lei da gravidade.

Foi nesse mesmo *annus mirabilis* que Newton intuiu que uma maçã caindo um pouco acima da superfície terrestre e a Lua orbitando em torno da Terra tinham algo de muito importante em comum: a mesma força as ‘puxava’ para o centro da Terra. A correlação da órbita lunar com a aceleração da maçã implicava numa lei do inverso do quadrado das distâncias que seria aplicável, não apenas para corpos situados próximos da superfície terrestre, como se estendia a corpos celestes distantes como a Lua (ROCHA, 2015, p. 103).

Ainda que a história da maçã nunca tenha acontecido no *annus mirabilis* (ano dos Milagres, em 1666), o fato interessante e verdadeiro deste possível ocorrido é a relação existente entre a queda de um fruto com algo extremamente grandioso, a descoberta da Gravitação Universal, ou seja, a força existente percebida em metros, como a queda daquele corpo de uma

árvore é a mesma que se nota a uma distância de quase quatrocentos mil quilômetros, como a órbita da Lua sobre a Terra. É uma lei que se aplica em escala pequena, mas que se estende para todo o Universo conhecido.

### **Nota biográfica de Edwin Hubble**

Edwin Hubble, com nascimento e morte datados, respectivamente, em 1889, em Marsfield, Missouri, e 1953, em San Marino, Califórnia, foi pioneiro nos estudos que apontavam um céu muito além da Via Láctea, evidenciando que nossa galáxia não era única e milhares de outras faziam parte da composição do que denominamos universo. Conseguiu, em 1923, diferente de muitos anteriores a ele, com ajuda de um telescópio de cem polegadas de Monte Wilson, regularidades para as medidas das distâncias entre galáxias, um padrão que comprovava sua teoria (SILVA, 2006).

Com pensamento, aparentemente, similar ao do italiano Giordano Bruno, Hubble conseguiu um feito que o italiano não conseguira por conta de inúmeras variáveis, entre elas a falta de aparatos suficientemente avançados para provar que o universo era “infinito”. O mais moderno das personalidades aqui trabalhadas não provou a infinidade do universo, mas mostrou que ele era extremamente grande e necessitava, portanto, da unidade *ano-luz* para estimar o seu tamanho.

### **Atividade 5:** medidas de comprimento e volume: confeccionando o Sistema Solar

#### **Objetivos:**

- ✓ Analisar e discutir os modelos planetários ptolomaico e copernicano, bem como suas contribuições para o conhecimento de mundo ao longo dos anos.
- ✓ Estudar e analisar nossa pequenez ante a imensidão do Sistema Solar.
- ✓ Debater sobre as regularidades dos astros por meio do pensamento de Kepler, bem como os enunciados das duas primeiras equações deste “cientista”.

**Conteúdos abordados:** Leis de Kepler, Ordem de grandeza de comprimento e volume.

#### **Metodologia:**

- ✓ Apresentação dos modelos planetários ptolomaico e copernicano (Disponíveis nas páginas 134 e 135). (Duração de cerca de 10 minutos);
- ✓ Apresentação de notas biográficas de Cláudio Ptolomeu, Nicolau Copérnico e Johannes



- Kepler (Disponíveis nas páginas 131,132 e 133). (Duração de cerca de 10 minutos);
- ✓ Comparação entre os modelos planetários. Tempo estimado de 10 minutos;
  - ✓ Apresentação das duas primeiras leis de Kepler. Tempo estimado de 5 minutos;
  - ✓ Apresentação das tabelas 1 e 2 (Disponíveis nas páginas 133 e 134) com cálculos para confecções dos planetas e medições das distâncias entre eles. (Duração: cerca de 15 minutos);
  - ✓ Medir e representar, fora da sala de aula, as distâncias entre os planetas confeccionados em sala. Duração média de 30 minutos;
  - ✓ Atividade escrita com tirinhas 3: Copérnico (Figura 3, página 120) e 11: Olimpíadas interestelares (Figura 11, página 124). (Duração: cerca de 20 minutos)

Para esta atividade primeiramente são apresentados os modelos planetários geocêntrico e heliocêntrico, seguida das biografias das personalidades estudadas na atividade. Os estudantes farão uma comparação entre os modelos onde, certamente, perceberão o astro central em cada um deles, – Sol e Terra – na sequência são apresentadas as duas primeiras leis de Kepler, lembrando que as órbitas dos planetas não são circulares, bem como a velocidade de cada um deles aumenta ou diminui dependendo da distância em que está do Sol. A parte marcante da atividade acontece logo em seguida com apresentação das tabelas 1 e 2 (Disponíveis nesse documento, páginas 133 e 134) com os cálculos para confecção dos planetas internos do sistema solar, bem como distâncias entre eles – Mercúrio, Vênus, Terra e Marte – e finda-se com a representação das distâncias em ambiente alternativo – campo de futebol – seguida de atividade escrita em sala com utilização das tirinhas 3: Copérnico e 11: Olimpíadas interestelares disponíveis neste documento.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, terreno em frente à Instituição de Ensino (campo de futebol ou rua longa), tirinhas, textos, tabela (medidas das distâncias entre o Sol e os planetas do Sistema Solar, bem como o diâmetro de cada um deles), computador, projetor de imagens, massa adesiva epóxi, trena ou barbante longo, tinta à base de água, tesoura, régua e uma bola grande (Pilates).

**Resultados esperados:** Espera-se que os estudantes compreendam nossa pequenez no Sistema Solar, que, por sua vez, não passa de poeira na periferia da Via Láctea.

**Observação:** Quanto maior a bola de Pilates, mais fácil será a confecção dos planetas, todavia isso dificultará a representação das distâncias entre eles.

### **Nota biográfica de Claudio Ptolomeu**

Segundo Rocha (2015, p. 69), “Claudius Ptolomeu (110-170 d.C.) nasceu provavelmente no Alto Egito e viveu praticamente toda a sua vida em Alexandria”. Apesar de erros cometidos ao longo da vida, deixou importantes contribuições para que outros cientistas obtivessem sucesso em estudos posteriores. Para este “cientista”, o céu era perfeito e obedecia a leis divinas diferentes de qualquer outra encontrada na superfície daquele que era considerado o centro do universo, o planeta Terra, e o círculo era a figura perfeita.

Para falar de Ptolomeu, partimos de uma escala de comprimento menor para algo bem grandioso, da Terra para um Modelo Planetário. Para Ptolomeu, aparentemente, não existia a menor preocupação em criar uma regularidade para explicar os movimentos dos corpos celestes, afinal de contas, a Terra e o céu possuíam leis totalmente distintas.

### **Nota biográfica de Nicolau Copérnico**

Segundo Pires (2008, p. 86), Nicolau Copérnico teve início de vida em 1473, em Torun, na Prússia Oriental, Polônia nos dias de hoje, e faleceu 70 anos mais tarde em Frombork, no mesmo país. Estudioso dos trabalhos de Ptolomeu, ele tenta mostrar e simplificar as ideias com relação ao sistema planetário propondo um novo modelo, muito antes mencionado por Aristarco de Samos, mas nunca aceito; neste, o Geocentrismo – Terra como centro do Universo – dava lugar ao Heliocentrismo – Sol como astro central. Nicolau Copérnico propôs um modelo planetário esteticamente mais simples que o ptolomaico, sem complicados cálculos e trajetórias dos astros em epiciclos (PIRES, 2008).

### **Nota biográfica de Johannes Kepler**

De acordo com Pires (2008), Kepler teve nascimento registrado em 27 de dezembro de 1571, em Weil, cidade localizada no sudoeste da Alemanha. Faleceu em 15 de novembro de 1630.

As parcerias, tão presentes na sociedade atual e necessárias para a produção do conhecimento científico, também se faziam necessárias nos séculos XVI e XVII, por isso Kepler alavancou seus estudos quando trabalhou com as descobertas de Tycho Brahe. Pires (2008) descreve Brahe como dinamarquês da cidade de Knudstrup que nasceu em 14 de dezembro de 1546, filho de um importante governador. Tycho, muito audacioso, perdeu o nariz em um duelo e, por isso, usava uma liga metálica de ouro e prata na cavidade nasal. Com relação às suas descobertas, previu de antemão eclipses, corrigiu tabelas astronômicas, presenciou uma

supernova, além de catalogar com imensa precisão mais de sete centenas de estrelas. Tais atributos renderam-lhe uma ilha com cerca de cinco quilômetros de distância no meio de Sund, localizada entre o castelo de Elsinor e Copenhagen, além de apoio financeiro que possibilitou a construção de um observatório com os mais sofisticados e caros equipamentos astronômicos daquela época. Sem dúvidas, o melhor astrônomo de sua época, com falecimento registrado no ano de 1601.

Independentemente da época, os recursos financeiros são essenciais para a produção do conhecimento. O que foi conquistado e pesquisado por Tycho permitiu a Kepler grandes descobertas, como as famosas Leis de Kepler, princípios que estabelecem regularidades nos astros e dão uma nova dinâmica ao estudo astronômico.

Estudioso do nosso céu, Kepler percebeu que as órbitas circulares dos planetas em torno do Sol, vistas como perfeitas por muitos estudiosos que o precederam, possuíam uma forma oval. Para Hewitt (2011), a expectativa desse estudioso de que os planetas possuíam movimentos perfeitos em torno do Sol foi abalada depois de muitos estudos com pouco ou nenhum resultado. Logo, uma de suas grandes descobertas vem à tona; também conhecida como primeira lei de Kepler, as trajetórias dos planetas em torno do Sol eram elipses e não círculos.

Se em determinada época o planeta está mais distante do Sol, como comprova a primeira lei, provavelmente, haverá variações na influência desta estrela sobre o corpo que a orbita. Este cientista chegou à conclusão de que a velocidade do planeta variava de acordo com a distância que se encontrava do Sol, todavia, varria áreas iguais em tempos iguais e confirmou a segunda lei de Kepler.

Astro	Distância média do Sol ao planeta (km)	Diâmetro do Astro (km)	Razão Sol/planeta (Diâmetro)
Mercúrio	57.910.000	4.879,4	285,3
Vênus	108.200.000	12.103,6	115
Terra	149.600.000	12.756,2	109,1
Marte	227.940.000	6.792,4	204,9
Júpiter	778.330.000	142.984	9,7

**Tabela 1.** Distância média do Sol aos planetas e razão do diâmetro Sol/planeta

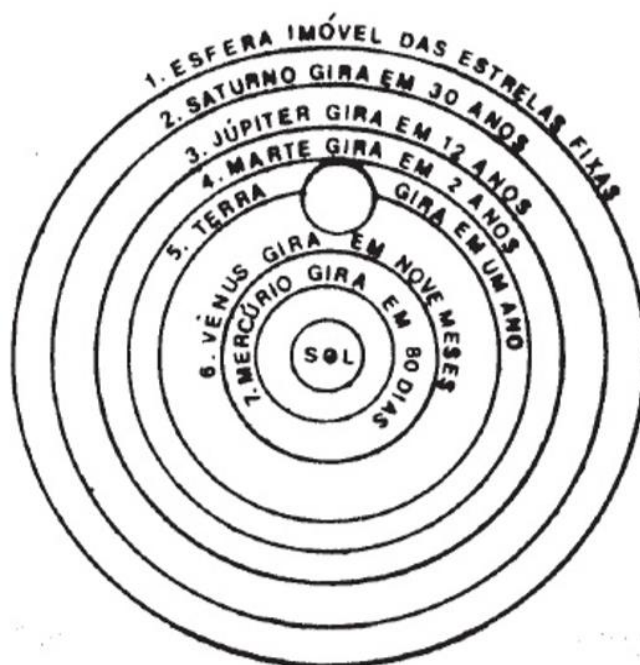
Fonte: Adaptada de Canalle (1994).

	Distância média aproximada do Sol ao planeta (m)	Diâmetro aproximado do astro (m)
Mercúrio	29,2	$2,5 \times 10^{-3}$
Vênus	54,5	$6,1 \times 10^{-3}$
Terra	75,3	$6,4 \times 10^{-3}$
Marte	114,8	$3,4 \times 10^{-3}$
Júpiter	392	$7,2 \times 10^{-2}$

**Tabela 2.** Dados proporcionais na escala 1: 1.985.714.000 obtidos em sala do 7º ano considerando a distância média do Sol aos planetas e o diâmetro desses astros.

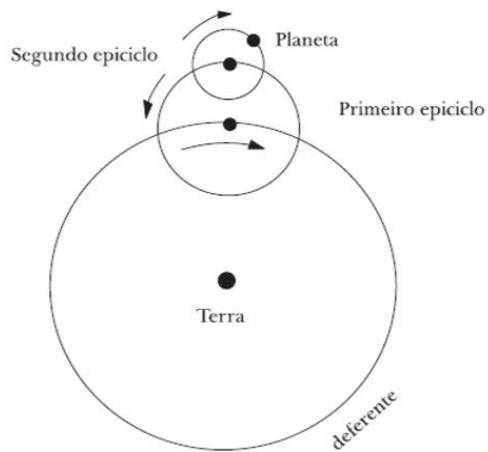
Fonte: O autor (2019).

**Modelos planetários – heliocêntrico (de Copérnico) e geocêntrico (de Ptolomeu).**



**Figura 15.** O sistema heliocêntrico de Copérnico

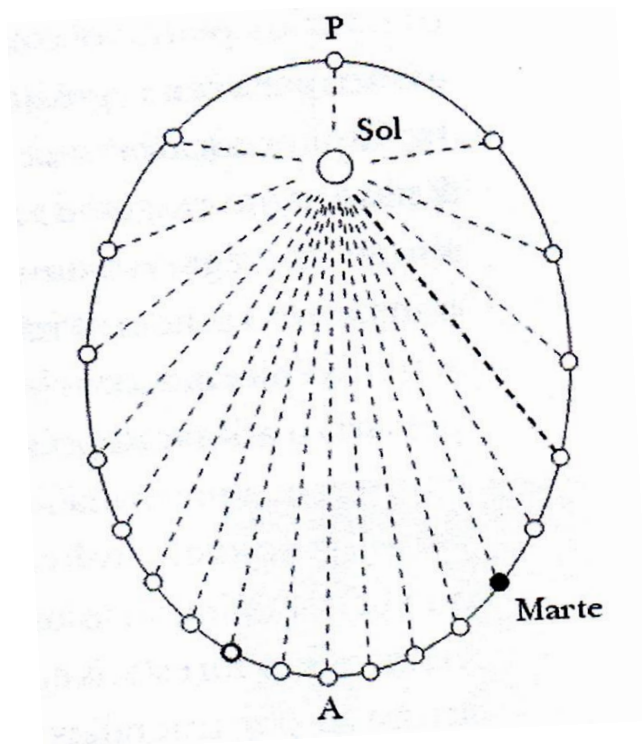
Fonte: Rocha (2015, p. 73).



**Figura 16.** O deferente, o epiciclo e o artifício do equante

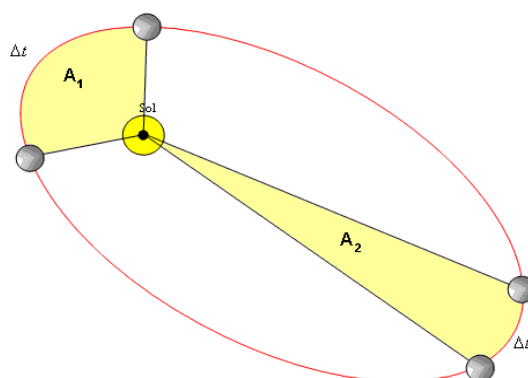
Fonte: Rocha (2015, p. 71).

### Leis de Kepler – primeira e segunda



**Figura 17.** A segunda lei de Kepler para os movimentos planetários

Fonte: Rocha (2015, p. 81).



**Figura 18.** 3ª Lei de Kepler - Lei dos Períodos

Fonte: Só Física (2018).

**Questões da atividade relacionada à tirinha 3: Copérnico (Figura 3, página 120).**

O termo a Terra gira em torno do Sol refere-se a qual modelo Astronômico?

( ) Geocêntrico                      ( ) Heliocêntrico

As ideias de Copérnico foram bem aceitas pela comunidade científica da época? Justifique sua resposta.

**Atividade 6:** Estudando a Lua

**Objetivos:**

- ✓ Analisar, por meio do pensamento “galileano”, a importância do telescópio no estudo astronômico, assim como a importância histórica de Giordano Bruno na construção do conhecimento científico acumulado.
- ✓ Estudar e compreender fenômenos lunares, a partir de demonstrações e História das Ciências.
- ✓ Estudar as influências sociais e culturais na vida de Galileu que dificultaram a implementação de novos conhecimentos científicos.

**Conteúdo abordado:** A Terra e seu Satélite Natural.

**Metodologia:**

- ✓ Apresentação de notas biográficas de Galileu Galilei e Giordano Bruno (Disponíveis nas páginas 137, 138 e 139). Tempo estimado de 20 minutos;

- ✓ Representação de fenômenos Lunares por meio de demonstração. Tempo estimado de 25 minutos;
- ✓ Avaliação escrita com questões objetivas e subjetivas sobre o tema da aula (Disponíveis nas páginas 140 – 144). (Duração: cerca de 45 minutos)

A atividade tem começo com apresentação das biografias de dois importantes cientistas, – Galileu e Giordano Bruno – mas tem seu auge na representação dos fenômenos lunares a partir de uma simples demonstração com o globo terrestre, uma esfera menor pendurada por um barbante e uma luz forte – preferencialmente de um projetor de imagens. Com estes materiais e ajuda dos alunos, é possível mostrar a ocorrência de eclipses, as fases da Lua, bem como proporcionar com uma rica discussão a respeito do tema. A atividade finda-se com avaliação escrita em duplas disponível neste material e trazendo questões diversas sobre fenômenos lunares, movimentos da Terra, a vida de Galileu e uma discussão sobre a utilização de tirinhas no processo de ensino e aprendizagem

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, sala de vídeo, computador, projetor de imagens, tirinhas, globo terrestre, laranja, barbante, parafuso e atividade xerografada.

**Resultados esperados:** Compreensão dos fenômenos relacionados ao satélite natural da Terra e da importância de Galileu Galilei e Giordano Bruno na construção do conhecimento científico.

### **Nota biográfica de Galileu Galilei**

Galileu Galilei nasceu na cidade de Pisa, Itália, em 15 de fevereiro de 1564 e faleceu no dia 8 de janeiro de 1642 em Arcetri, lugar localizado em Florença no mesmo país (PIRES, 2008). Para Hewitt (2011, p. 21), “Foi Galileu, o mais importante cientista do século XVII, quem deu prestígio à opinião de Copérnico sobre o movimento da Terra. Fez isso desacreditando as ideias de Aristóteles sobre o movimento”. Audacioso, teve conflitos com autoridades ligadas à igreja católica, o que lhe proporcionou sofrimento na velhice quando retirada sua liberdade de expressão. Não foi o inventor do telescópio, mas realizou bom trabalho com as lentes do equipamento, fazendo com que elas aumentassem o tamanho aparente dos objetos de maneira significativa.

Durante sua estada em Pádua, em 1609, Galileu conheceu o telescópio. Quase da noite para o dia ele desenhou o seu próprio, para aumentar três vezes o tamanho aparente de um objeto observado e, em breve, outro com o poder de ampliá-lo dez vezes. Por fim, ele construiu um instrumento com ampliação de até trinta vezes. A importância

de Galileu na história do telescópio deve-se ao fato de ele ter empregado cientificamente este instrumento (ROCHA, 2015, p. 83).

Com as lentes aperfeiçoadas, Galileu preocupou-se em arrecadar dinheiro; assim, vendeu seu produto para aqueles que fizeram dele uma arma de guerra; inicialmente, visualizações numa escala de comprimento menor, como embarcações, mais tarde, algo maior e mais distante, a Lua.

O relato das observações astronômicas de Galileu aparece em março de 1610, com a publicação do *Sidereus Nuncius*. Nesta obra Galileu descreve o caráter montanhoso da Lua, que é uma prova experimental clara contra a tese aristotélica da incorruptibilidade dos céus; aponta para a existência de inúmeras estrelas e das enormes distâncias entre elas, se opondo claramente à existência do sétimo céu, isto é, da esfera última de estrelas fixas do sistema cosmológico ptolomaico-aristotélico tradicional; anuncia a descoberta de quatro satélites de Júpiter, permitindo por analogia pressupor a plausibilidade da hipótese copernicana de que a Terra e a Lua giram ao redor do Sol, tal como Júpiter e seus quatro satélites (ARAÚJO FILHO, 2006, p. 47- 48).

Grandes descobertas de um cientista que usou um instrumento, visto com objeto de guerra pelas forças armadas, como aparato científico, impulsionou o avanço astronômico e, apesar de tudo, sofreu muito durante sua vida para conseguir publicar suas ideias. As descobertas de Galileu mudaram radicalmente a forma de ver os céus, buracos na Lua, manchas no sol, entre outros, tornaram aquilo que antes era visto como perfeito em corpo defeituoso, fatos que, provavelmente, desagradaram a sociedade da época.

Para Pires (2008), além das descobertas sobre o satélite natural da Terra, ele teve êxito quando percebeu que as estrelas fixas não mudavam de tamanho quando observadas pelo telescópio e notou que deviam estar a uma enorme distância de nosso planeta. Descobriu centenas de estrelas, os quatro satélites de Júpiter, além das manchas solares. O estudo de quedas de corpos e movimento de projéteis foi deixado de lado por Galileu, tudo graças à descoberta do telescópio com suas potentes lentes. Com tantas descobertas com o uso de um instrumento, é atribuído a ele o título de maior cientista do século XVII.

### **Nota biográfica de Giordano Bruno**

Filósofo italiano, Giordano Bruno (1548- 1600) acreditava em um Universo infinito.

Em 1576 Thomas Digges publicou uma versão popular da ideia de Copérnico onde descrevia um universo que (ao contrário do universo copernicano) era sem limites em todas as direções num espaço infinito. A ideia de universo infinito (tanto no espaço



quanto no tempo) foi endossada também pelo filósofo italiano Giordano Bruno (1548-1600) (PIRES, 2008, p. 92).

Era um infinito místico, ausente das ideias científicas ou sem qualquer regularidade que desse a ideia de como funcionam as leis físicas que regiam esse Universo de Bruno. O interessante na rica história deste astrônomo resume-se ao tamanho que ele atribuiu ao Universo, imenso a ponto de não ter um fim. “Enquanto o Universo fosse imaginado como uma esfera fechada e finita não podia surgir a ideia de um corpo que se movesse indefinidamente em uma linha reta. Tal corpo teria finalmente de sair fora do mundo” (PIRES, 2008, p. 93). Em sua visão, os astros eram seres animados e tinham vontade própria, porém não foi penalizado com a morte por suas crenças cosmológicas, como alguns erroneamente mencionam, mas por ter ideias consideradas heréticas em relação à Santíssima Trindade (PIRES, 2008).

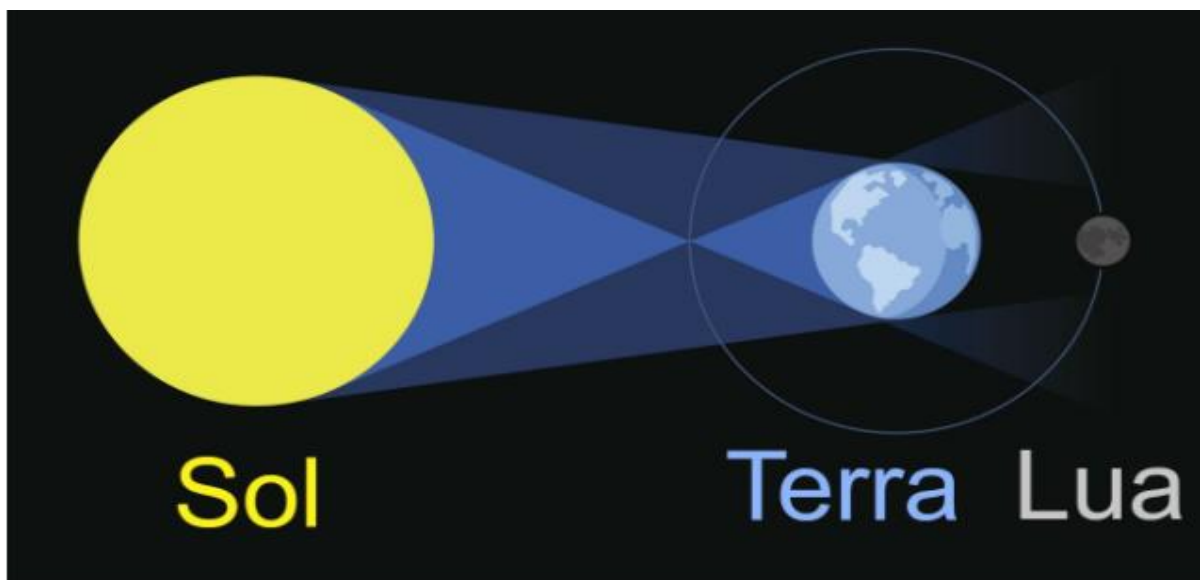
Froés (2014) em seu trabalho “*Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para o Ensino Médio*”, exalta a imensidão do cosmos e de como “cientistas” de épocas tão remotas, detentores de poucos recursos tecnológicos, conseguiam grandes sucessos em seus estudos sobre os céus. Queimado em uma fogueira por afirmar verdades não aceitas pela maioria das pessoas da época, Giordano Bruno é lembrado depois de quatro séculos. Dentre outras afirmações, disse que as estrelas no céu eram outros sóis, com outros sistemas planetários e possibilidades de vida nos possíveis planetas.

O céu diurno abriga o poderoso Sol, em uma imensidão azul. As nuvens, com suas formas em constante transformação, movem-se em diferentes velocidades, eventualmente dando origem à chuva. A Lua muitas vezes está visível, mas é na noite em que ela impera, com suas fases. Na escuridão, aparecem miríades de estrelas, especialmente concentradas em uma faixa no céu, atualmente bem pouco visível em nossas cidades poluídas (FROÉS, 2014, p. 3504-4).

Felizmente, os cientistas modernos têm a tecnologia e liberdade de expressão, aparatos inexistentes para Giordano Bruno, em sua época; este, mesmo com ideias além do seu tempo, não conseguia prová-las com instrumentos extremamente arcaicos. Contudo, o mais lamentável na história deste cientista, como na de muitos outros, foi ser tratado como herético por pensar de maneira diferente. Embora não seja foco deste trabalho, é interessante destacar a impressionante persistência em defender, literalmente, até o fim de sua vida, que seus ideais não fossem corrompidos, em momento algum, pela sociedade da época.

## Questões para atividade escrita

Analise a figura e responda as questões 01, 02, 03, 04 e 05.



**Figura 19.** Eclipse lunar

Fonte: Onda Sul de Rondonia (2018)

**QUESTÃO - 01.** Há um fenômeno celeste que ocorre quando a Lua penetra, totalmente ou parcialmente, no cone de sombra projetado pela Terra, em geral, sendo visível a olho nu. Isto ocorre sempre que o Sol, a Terra e a Lua encontram-se próximos ou em perfeito alinhamento, estando a Terra no meio destes outros dois corpos.

O texto e a imagem 1 indicam que ocorreu um fenômeno, que fenômeno é esse? (Questão adaptada de: <https://suportegeografico77.blogspot.com/2018/09/questoes-sobre-eclipses-e-fases-da-lua.html>)

- a) Estrela cadente.
- b) Eclipse.
- c) Nascer da Lua.
- d) Elipse.

**QUESTÃO – 02** – Com relação aos eclipses solares e lunares, analise as afirmativas e marque V para as verdadeiras e F para as falsas. (Questão adaptada de: <https://suportegeografico77.blogspot.com/2018/09/questoes-sobre-eclipses-e-fases-da-lua.html>)

- O eclipse solar ocorre quando o Sol fica entre a Terra e a Lua.
- Só existem eclipses lunares parciais.
- No eclipse lunar, a Terra fica entre a Lua e o Sol.
- Durante o eclipse solar não se pode olhar diretamente para o Sol, pois isso pode ocasionar problemas na visão.
- São fenômenos celestes de desaparecimento total ou parcial de uma estrela, temporariamente, por interposição do Sol.

( ) Quando a Lua está alinhada entre o Sol e a Terra, dá-se o eclipse do Sol, pois a sombra da Lua projeta-se na Terra, ocorrendo a ocultação parcial, ou total, do Sol.

( ) O eclipse da Lua ocorre quando a Terra interpõe-se entre o Sol e a Lua. Com esse alinhamento, a sombra da Terra projeta-se na Lua, tornando-a invisível.

**QUESTÃO - 03. (UEMG-2014) – Em uma aula sobre Gravitação, o professor de Física resolveu escrever um poema e mostrá-lo a seus alunos:** (Disponível em: <https://suportegeografico77.blogspot.com/2018/09/questoes-sobre-eclipses-e-fases-da-lua.html>)

“O Sol e a Lua num balé em torno da Terra.

Ora a Lua está entre o Sol e a Terra.

Ora a Terra está entre o Sol e a Lua.”

Os dois últimos versos desse poema referem-se, respectivamente,

- a) à lua crescente e à lua minguante.
- b) à lua cheia e à lua nova.
- c) à lua nova e à lua cheia.
- d) a uma situação irreal.

**QUESTÃO - 04. (UCS-2012) Os eclipses ocorrem quando um astro, na sua movimentação pelo espaço Sideral, oculta momentaneamente outro astro.** (Adaptada de: <https://suportegeografico77.blogspot.com/2018/09/questoes-sobre-eclipses-e-fases-da-lua.html>)

O desenho da *imagem 1* está representando o eclipse

- a) total da Terra.
- b) parcial da Lua.
- c) parcial da Terra.
- d) total da Lua.
- e) parcial do Sol.

**QUESTÃO - 05. (IFSP-2017) Durante algum tempo, acreditou-se que o eclipse solar representava a ira dos deuses sobre a humanidade. Hoje, sabe-se que este eclipse é um fenômeno natural no qual a Lua encobre alguns raios provenientes do Sol, causando uma sombra sobre alguns pontos da Terra. Sobre o eclipse solar e a propagação da luz, analise as assertivas abaixo.** (Disponível em: <https://suportegeografico77.blogspot.com/2018/09/questoes-sobre-eclipses-e-fases-da-lua.html>)

**I.** A Lua precisa estar na fase cheia para absorver raios vindos do Sol e causar o eclipse na Terra.

**II.** A posição dos astros no eclipse solar é: Sol – Lua – Terra.

**III.** O princípio da propagação retilínea da luz explica o fenômeno de sombra feito pela Lua sobre a Terra.

**IV.** O eclipse solar demonstra a face da Terra sobre a Lua.

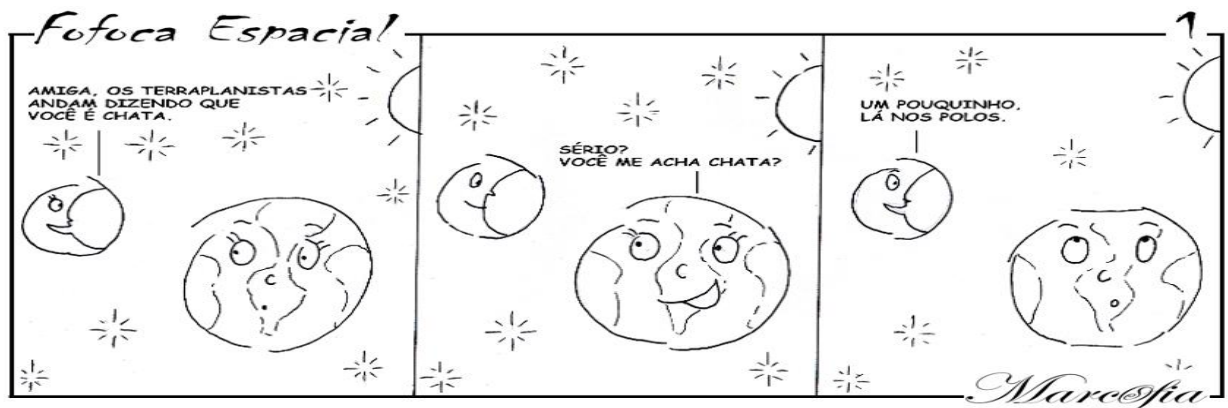
- a) I e II, apenas.
- b) II e III, apenas.
- c) III e IV, apenas.
- d) III, apenas.

**QUESTÃO - 06. Entre as influências que a Lua – o satélite natural da Terra – exerce sobre o nosso planeta, podemos assinalar:** (Disponível em:

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-geografia/exercicios-sobre-planeta-terra.htm>)

- a) Variações no índice de reflexão dos raios solares.
- b) Oscilações no regime das marés.
- c) Elevação ou interrupção das atividades vulcânicas.
- d) Alteração na quantidade de massa rochosa na superfície terrestre.
- e) Determinação dos compostos químicos presentes na atmosfera

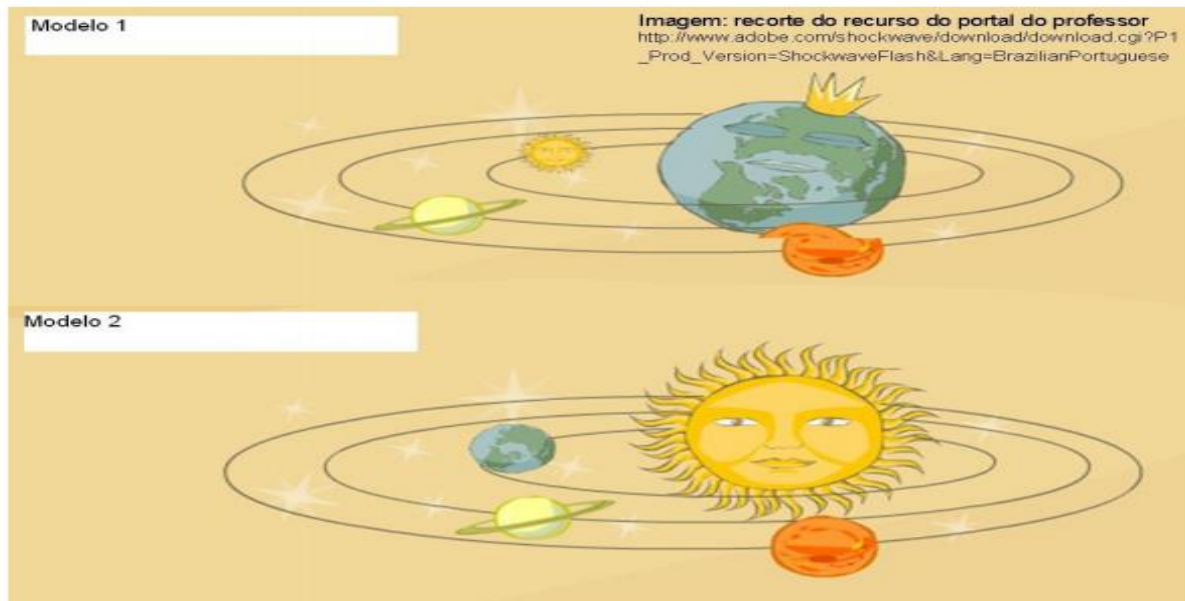
**QUESTÃO - 07.** Observe a tirinha e marque a alternativa correta. (Questão adaptada de: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/825379/DLFE-196408.pdf/1.0>)



Sobre a Terra, é correto afirmar que

- a) apresenta forma oval e achatada nos polos e gira no sistema solar junto à Lua, no movimento de rotação.
- b) apresenta uma forma cilíndrica e gira no sistema solar, junto à Lua.
- c) apresenta aparência azulada, tem forma arredondada e achatada nos polos e gira ao redor do Sol, com o movimento de translação.
- d) apresenta uma forma oval e se movimenta sozinha no sistema solar.

**QUESTÃO - 08.** Os pensadores da antiguidade observavam o Sol, a Lua e os demais astros do céu à procura de explicações sobre o Universo. Os desenhos (modelos) abaixo representam as principais ideias desses pensadores. Compare o modelo geocêntrico com o modelo heliocêntrico e responda: qual é a principal diferença entre eles? (Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/825379/DLFE-196408.pdf/1.0>)



**Figura 20.** Modelos planetários

Fonte: Rio de Janeiro (2019)

- a) O centro do universo é representado pelo Sol no modelo 1 e pela Terra no modelo 2, e, em ambos, os astros giram ao redor deles.
- b) O centro do universo é representado pela Terra no modelo 1 e pelo Sol no modelo 2, e, em ambos, os astros movimentam-se ao redor deles.
- c) Os dois modelos apresentam a Terra como o centro do universo, e os astros estão parados.
- d) Os dois modelos apresentam o Sol como o centro do universo, e os astros estão parados.

**QUESTÃO - 09.** Analise a tirinha, leia a informação e marque a alternativa correta.  
 (Questão copiada e adaptada de: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/825379/DLFE-196408.pdf/1.0>)



A cerimônia de abertura da Olimpíada de Pequim, que começou pontualmente às 9 horas de Brasília (20 horas na China), não decepcionou quem aguardava uma festa empolgante. Enquanto é dia no Brasil, é noite na China. O fato pode ser explicado pela seguinte razão:

- a) A Terra gira ao redor de si mesma a cada 24 horas, e o Sol só consegue iluminar metade da Terra a cada rotação.
- b) A Terra gira em torno do Sol, que só consegue iluminar a Terra a cada translação.
- c) A Terra não gira, e o Sol só consegue iluminá-la a cada 24 horas, completando o movimento de translação.
- d) A Terra não gira num grande movimento, e sempre é dia e noite no mesmo lugar.

Observe a tirinha seguinte e responda as questões 10 e 11.



**QUESTÃO - 10.** Galileu Galilei, astrônomo italiano (1564 – 1642), apontou para o céu uma luneta construída por ele, observou-o várias vezes e fez várias descobertas importantes que ajudaram a entender como estava formado o sistema solar. Entre tantas descobertas, podemos destacar: (Questão adaptada de: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/825379/DLFE-196408.pdf/1.0>)

- a) luas de Saturno, crateras em Marte e manchas Lunares e Fases do Sol.
- b) luas e crateras em Marte, manchas Lunares e a descoberta de Urano.
- c) luas de Júpiter, crateras na Lua, manchas Solares e fases de Vênus.
- d) Luas de Júpiter, crateras em Marte e manchas solares.

**QUESTÃO - 11.** Na tirinha, Galileu Galilei confunde o queijo com a Lua, isso ocorreu porque:

- a) a Lua é amarela como um pedaço de queijo.
- b) ambos possuem muitos buracos.
- c) a Lua é lisa como um pedaço de queijo.
- d) Galileu estava faminto.

**12.** Na sua opinião, a utilização de tirinhas facilita o entendimento de fenômenos físicos? Justifique sua resposta.

**Atividade 7:** Habilidades artísticas por meio da confecção de tirinhas

**Objetivo:**

- ✓ Desenvolver a criatividade dos estudantes estimulando a compreensão da SD apresentada a

partir de fatos relacionados com a História das Ciências.

**Conteúdos abordados:** Qualquer conteúdo dentro da sequência apresentada.

**Metodologia:**

- ✓ Organização dos grupos. Tempo estimado de 10 minutos;
- ✓ Construção de tirinhas. Tempo estimado de 50 minutos;
- ✓ Apresentação dos trabalhos. Cerca de 30 minutos.

**Estratégias de ensino:** Aula oral e produção livre.

A atividade pode ser realizada individualmente – vai depender do perfil da turma – mas a proposta aqui apresentada sugere o diálogo e, portanto, a divisão de grupos. Nesta, os estudantes poderão escolher sobre o tema em que quer confeccionar sua tirinha – é interessante limitar o número de quadrinhos (2 a 5, por exemplo) e pedir que iniciem com a história, seguida do desenho. Não é importante se ela terá um desfecho engraçado ou não, o fundamental é que se crie a história relacionada com qualquer tema discutido durante a SD e que haja socialização – fazendo apresentação das mesmas – evidenciando indícios de aprendizagem.

**Recursos físicos e materiais:** Sala de aula, computador, projetor de imagens, cartolinas, papel ofício A4.

**Resultados esperados:** Espera-se que os discentes, por meio de suas produções, mostrem parte do que aprenderam durante a sequência didática.

**Observação:** Se houver possibilidade, realizar as apresentações na (s) aula (s) seguinte (s).

## BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, V. H. *Prototexto: uma narrativa poética da Ciência*. Vitória da Conquista: Ed. UESB, 2012.

ARAÚJO FILHO, Walter Duarte. *A gênese do pensamento galileano*. Salvador: Ed. Gráfica da Bahia, 2006.

EFISICA. *A inércia no cotidiano*. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/mecanica/basico/inercia/cotidiano/>. Acesso em: 26 dez. 2019.

FRÓES, A. L. D. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.36, n.3, p. 3504, 2014.

HELERBROCK, Rafael. "Leis de Newton". In: *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/leis-newton.htm>. Acesso em: 26 dez. 2019.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2011.

ONDA SUL DE RONDONIA. *Julho terá eclipse lunar total mais longo do século – e com lua vermelha!* 11 jul. 2018. Disponível em: <http://ondasulderondonia.com.br/noticia/variedades/julho-tera-eclipse-lunar-total-mais-longo-do-seculo-r-e-com-lua-vermelha,9415.html>. Acesso em: 26 dez. 2019

PINTEREST. *Física: lei da inércia*. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/392376186267034873/>. Acesso em: 26 dez. 2019.

PIRES, A. S. T. *Evolução das Idéias da Física*. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

ROCHA, J. F. M. (org.). *Origens e evolução das ideias da Física*. 2. ed. Salvador: EDUFBA, 2015.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Educação. Subsecretaria de Ensino Coordenadoria de Educação. *Ciências: prova 1º bimestre, 6º ano*. 2010. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/825379/DLFE-196408.pdf/1.0>. Acesso em: 10 out. 2019.

SANTOS, A. J.J.; VOELZKE, M. R.; ARAÚJO, M. S. T. O projeto Eratóstenes: a reprodução de um experimento histórico como recurso para a inserção de conceitos da Astronomia no Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 1137-1174, 2012. Doi: 10.5007/2175-7941.2012v29n3p1137

SILVA, C.C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: subsídios para a aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

SOUSA, A. *Terceira Lei de Newton*. Disponível em: <http://cainaocai.pbworks.com/w/page/8722075/terceira%20lei%20de%20newton>. Acesso em: 26 dez. 2019.



SUPORTE GEOGRÁFICO. *Questões sobre eclipses e fases da lua*. 12 jul. 2019. Disponível em: <https://suportegeografico77.blogspot.com/2018/09/questoes-sobre-eclipses-e-fases-da-lua.html>. Acesso em: 10 out. 2019.