



Astronomia para a Educação Básica

EXPLICAÇÕES E
CONCEITOS

SOBRE:

Galáxia

Planetas

Satélites

Asteroide

Meteoroide

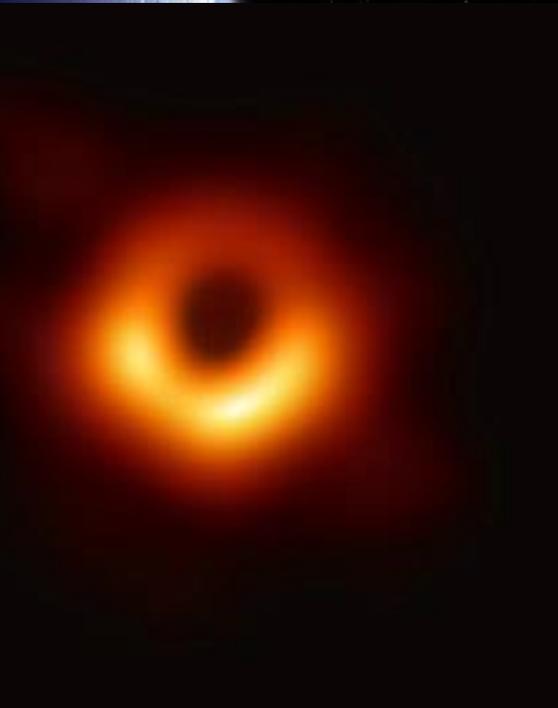
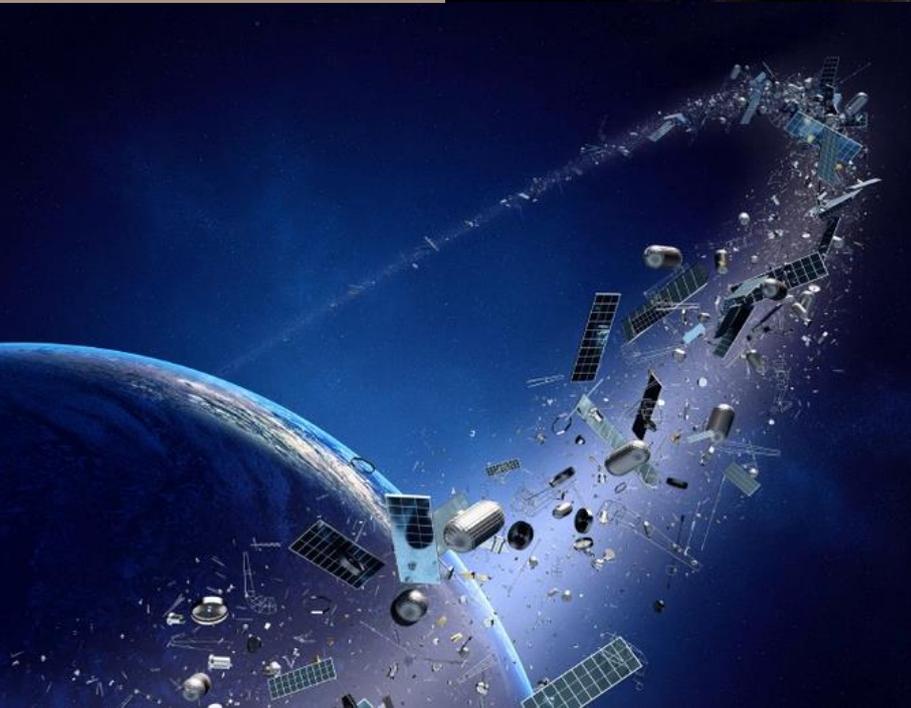
Meteorito

Cometas

Tecnologia

Espacial

Detritos Espaciais



Universidade Estadual de Feira de Santana
Departamento de Física
Pós-Graduação em Astronomia Mestrado Profissional

ASTRONOMIA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

Irineu Santos

Produto Educacional apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Astronomia – Mestrado profissional, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Delson C. de Jesus

FEIRA DE SANTANA - BA

202

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Santos, Irineu

S136a Astronomia para a Educação Básica / Irineu Santos. – Feira de Santana, 2020.

154f.: il.

Produto educacional apresentado ao curso de Pós-Graduação em Astronomia – Mestrado Profissional sob a orientação de Antônio Delson Conceição de Jesus.

1. Astronomia- Ensino. 2. Educação básica. I. Título.

CDU: 521/525(07)

Rejane Maria Rosa Ribeiro – Bibliotecária CRB-5/695

Sumário

HOMENAGEADOS.....	6
APRESENTAÇÃO.....	12
Parte I	14
CAPÍTULO 1.....	15
INTRODUÇÃO	15
UNIVERSO.....	18
GALÁXIA.....	20
VIA LÁCTEA.....	23
OS PLANETESIMAIS.....	26
CAPÍTULO 2.....	28
O SISTEMA SOLAR	28
ESTRUTURA DO SOL	29
PLANETAS.....	32
PLANETAS ANÕES.....	36
EXOPLANETAS	38
CAPÍTULO 3.....	40
OS MOVIMENTOS DA TERRA (Rotação, Revolução, Precessão e Nutação)	40
MAGNETOSFERA	44
CAPÍTULO 4.....	47
SATÉLITES NATURAIS.....	47
A LUA, O SATÉLITE NATURAL DA TERRA	48
ECLIPSE.....	49
EFEITO MARÉ.....	50
CAPÍTULO 5.....	53
ASTEROIDES.....	53
PONTOS LAGRANGIANOS E OS ASTEROIDES TROIANOS.....	57
A DESCOBERTA DO PRIMEIRO ASTEROIDE: CERES.....	58
PESQUISA E MONITORAMENTO: Asteroides, Meteoroides e Meteoritos.....	63
MONITORAMENTO DOS NEO (Near Earth Object)	64
CAPÍTULO 6.....	66
COLISÕES DE ASTEROIDES.....	66
EVIDÊNCIAS DE COLISÕES POR ASTEROIDES.....	67
METEORITOS BENDEGÓ E CHELYABINSK (COLISÕES SIGNIFICATIVAS MAIS RECENTES)	69
COMETAS.....	72

CAPÍTULO 7	75
DIFUSÃO DAS PRIMEIRAS TECNOLOGIAS.....	75
VOAR: DE UM SONHO PARA A REALIDADE	78
PROJETOS PRÉ-LUNARES.....	79
MISSÃO LUNAR.....	81
CAPÍTULO 8	88
SATÉLITES ARTIFICIAIS.....	88
ÓRBITAS DOS SATÉLITES ARTIFICIAIS	90
CAPÍTULO 9	92
PRIMEIRO OBSERVATÓRIO NACIONAL & MARCGRAF	92
PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO	93
PROJETOS do PNAE	94
FOGUETE ESPACIAL (VLS).....	95
TECNOLOGIAS ESPACIAIS RECENTES E PREVISTAS.....	96
Parte II	100
CAPÍTULO 11	101
SAIBA UM POUCO MAIS DE ASTRONOMIA.....	101
Parte III	124
CAPÍTULO 12	125
SUGESTÕES DE ATIVIDADES PARA A SALA DE AULA.....	125
REFERÊNCIAS.....	136
REFERÊNCIAS DAS FIGURAS	146

HOMENAGEADOS

Quando questionamos a contribuição de povos para o desenvolvimento das sociedades, no que se refere a temas relacionados à filosofia, como expoente do conhecimento racional e o desenvolvimento das ciências, nossas lembranças nos remetem aos gregos. Em hipótese alguma, devemos negar a importante contribuição que esses pensadores deram à humanidade, porém, injustiças são cometidas quando excluimos as contribuições também essenciais, de outros povos como: os egípcios, chineses, maias, astecas, entre outros.

Este comportamento é resultante da informação distorcida, da maioria dos livros que omitem, e as vezes insistem, em negar a relevante contribuição que os povos de todos continentes deram ao desenvolvimento da sociedade. Às vezes, quando povos, como os egípcios, são mencionados, os autores o fazem tão superficialmente, que um leitor desatento poderá não perceber que o Egito está localizado no continente africano. Dado que, o referido país já foi o berço da civilização, onde tem a mais antiga biblioteca do planeta, conhecida por Biblioteca de Alexandria.

Cunha, Mestre em Ensino e Filosofia da Ciência, enfatiza que as distorções do legado científico dos povos africanos e afrodescendentes constituem uma predominância do eurocentrismo da história oficial, que tenta invisibilizá-los. A insistência em negar o passado científico e tecnológico dessa população e exacerbar apenas seu “caráter lúdico” é uma das principais estratégias de ensino com bases eurocêntricas, que ainda se faz presente em diversos espaços educativos. Esta postura, ainda corriqueira, nas práticas de alguns educadores, tem contribuído para abalar a autoestima da população africana e sua diáspora (CUNHA, p. 4 e 5).

A título de informação, segue o resumo bibliográfico de alguns cientistas negros que contribuíram para o desenvolvimento da Ciência, inclusive para a Astronomia, que são invisíveis aos olhos desatentos de alguns setores da sociedade intelectualizada. A bem do ativismo das causas raciais, eis uma oportunidade para homenageá-los:

Arthur Bertram Cuthbert Walker II (1936–2001), foi um físico que estudou ativamente o Sol por meio de raios-x e sensores ultravioletas. Ele é mais conhecido por ter desenvolvido telescópios ultravioletas para fotografar

a coroa solar, por sinal. Suas metodologias ainda são usadas na Astrofísica atual, em telescópios solares como o SOHO/EIT e o TRACE, e também na

Figura 1: Bertram físico que estudou ativamente o Sol por meio de raios-x e sensores ultravioletas.



Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

fabricação de microchips via fotolitografia ultravioleta. Há um prêmio, anual, dado em seu nome pela Sociedade Astronômica do Pacífico.

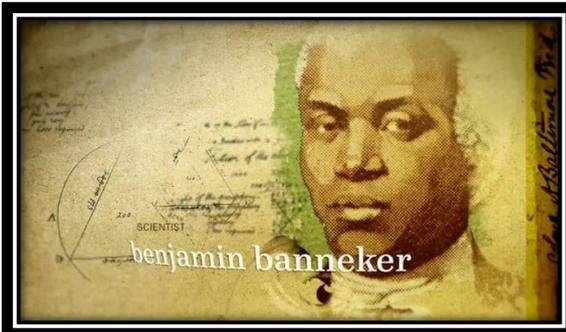
Benjamin Banneker (1731–1806), astrônomo afro-americano, relojoeiro e inventor. Criou um almanaque que continha informações sobre os movimentos do Sol, da Lua e dos planetas. Ele aprendeu Astronomia e Matemática

Avançada através de livros emprestados por seu vizinho, o topógrafo George Ellicott. Banneker fez cálculos para prever eclipses solares e lunares, inclusive corrigiu erros cometidos por especialistas da época. Depois, compilou sua obra no *Benjamin Banneker Almanac*, com uma tabela das posições dos objetos celestes e onde elas apareciam no céu em determinadas época do ano.

George Washington Carver (1864 – 1943), cientista que ficou mais conhecido por descobrir 100 usos para o amendoim. Aprendeu a ler e escrever em casa com sua mãe de criação porque as escolas locais, na época, não permitiam estudantes negros, e isso despertou seu interesse na aprendizagem ao longo da vida. Carver foi autodidata, conduziu experimentos biológicos de seu próprio projeto, e acabou conseguindo um Mestrado no Programa de Botânica da Iowa State Agricultural College com uma reputação de cientista brilhante. No Instituto Normal e Industrial Tuskegee para Negros, Carver desenvolveu métodos de rotação de culturas, que revolucionou a agricultura do sul nos EUA.

Patrícia Era Bath (1942–2019), a visão de milhares de pessoas melhorou, graças à sua invenção para o tratamento da

Figura 2: Benjamin Criou um almanaque sobre os movimentos do Sol, da Lua e dos planetas.



Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

Figura 3: George Washington descobrir 100 usos para o amendoim.



Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

Figura 4: Bath primeira médica negra a receber uma patente para fins médicos.



Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

catarata. Depois de concluir o Colegial em

apenas dois anos, formou-se em medicina pela Haward University. Sua pesquisa revelou que, quando comparados aos outros pacientes, os negros tinham oito vezes mais chances de desenvolver glaucoma e duas vezes mais chances de ficarem cegos com essa doença. Ela buscou, então, desenvolver um processo para aumentar o atendimento oftalmológico para pessoas incapazes de pagar por isso. Hoje, essa iniciativa é chamada de Oftalmologia Comunitária e opera em vários países.

Em 1981, Bath trabalhou em sua invenção mais notável: uma sonda a laser que tratava com precisão as cataratas, com menos dor ao paciente. Com a nova sonda, ela foi capaz de restaurar a visão de pacientes que estavam cegos por 30 anos. Em 1988, Bath se tornou a primeira médica negra a receber uma patente para fins médicos e, depois que se aposentou em 1993, Bath continuou defendendo os menos favorecidos clinicamente, concentrando-se no uso da tecnologia para oferecer serviços médicos em regiões remotas.

Katherine Johnson (1918–), cientista americana da NASA fez, à mão, cálculos responsáveis por levar o primeiro astronauta americano à órbita da Terra, que contribuíram para levar o Homem à Lua com o programa Apollo. Johnson concluiu o Ensino Médio aos 14 anos e, aos 18, recebeu um diploma universitário, mas só começou a trabalhar na NASA aos 35 anos.

Figura 5: Katherine cientista americana da NASA.



Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

Ela foi contratada para ser um "computador humano", nome que as pessoas como ela recebiam na época por fazer cálculos matemáticos à mão. O cargo era reservado, inicialmente, apenas a mulheres brancas, mas, a partir de 1940, passaram a contratar negras, que trabalhavam em uma ala segregada chamada "West Area Computers", na sala "computadores de cor" (colored computer). Em 1960, Katherine assinou seu primeiro relatório para a NASA e se tornou a primeira mulher da sua área a receber créditos por um relatório de pesquisa.

Figura 6: Mary conquistou o diploma duplo em Matemática e Ciências Físicas.



Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

Mary Jackson (1921–2005), conquistou o diploma duplo em Matemática e Ciências Físicas em 1942. Ela foi a primeira engenheira negra da NASA, e trabalhou como "computador humano" sob a supervisão de Dorothy Vaughan em

1951. Dois anos após sua contratação, passou a trabalhar com o engenheiro Kazimierz Czarnecki no projeto de Túnel de Pressão Supersônico.

Jackson foi considerada a terceira protagonista de “*Estrelas Além do Tempo*”. Apesar de seus diplomas e experiência, ela deveria ter uma pós-graduação pela Universidade de Virgínia, a instituição não aceitava alunos negros naquela época. Após vencer a segregação nos tribunais e ganhar o direito ao estudo, Mary Jackson se torna a primeira engenheira negra da NASA em 1958.

Guion Bluford (1942–), foi o primeiro homem negro norte-americano a ir ao espaço. Formado em engenharia aeroespacial pela Universidade Estadual da Pensilvânia, entrou para a Força Aérea dos Estados Unidos qualificando-se como piloto em janeiro de 1966. O coronel Bluford entrou para o corpo de astronautas da NASA em 1978, trabalhando até 1983 em funções técnicas em terra.

Figura 7: Bluford primeiro homem negro norte-americano a ir ao espaço.

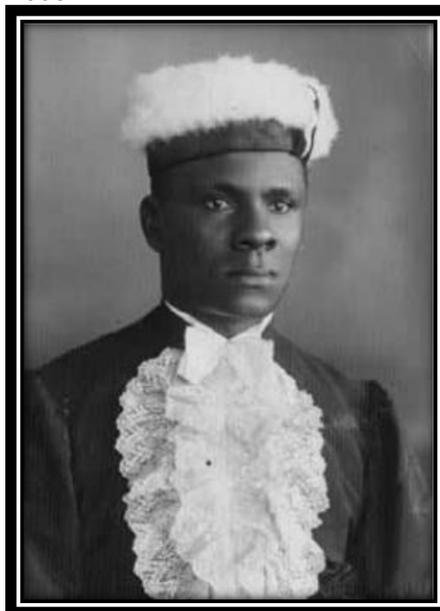


Sua primeira missão espacial foi na missão STS-8 Challenger, lançada em agosto de 1983. Sua segunda missão foi em outubro de 1985 na STS-61-A Discovery, uma missão de sete dias que foi a primeira com oito tripulantes. Nesta ocasião, ele realizou estudos científicos no Spacelab. Realizou quatro missões espaciais, acumulando um tempo total de 28 dias no espaço.

Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

Justiniano Clímaco da Silva (1908 – 2000), nascido em Santo Amaro da Purificação Bahia, conhecido por Doutor Preto, primeiro médico a chegar a Londrina, em 1938, época de grandes epidemias, que matavam muitas pessoas nos municípios. Foi médico da saúde pública na cidade e tornou-se especialista no combate às doenças infectocontagiosas, como a malária e a febre amarela. Foi um dos primeiros médicos e o primeiro médico negro da cidade.

Figura 8: Doutor Preto, primeiro médico a chegar em Londrina em 1938.



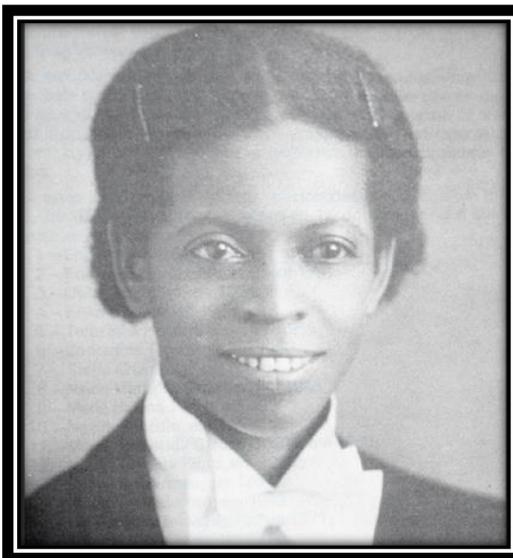
Fonte:
Canaltech.com.br/ciência/negro

Enedina Alves Marques (1913 – 1981), primeira mulher negra a se formar engenheira civil no Brasil. Ao ingressar em 1940 na faculdade de engenharia, turma formada somente por homens brancos, enfrentou várias perseguições e preconceitos, conseguiu concluir sua formatura de Engenheira Civil em 1945, pela Universidade do Paraná.

No ano seguinte à sua formação, Enedina passou a trabalhar como auxiliar de engenharia na Secretaria de Estado de Viação e Obras Públicas e, em seguida, foi transferida para o Departamento Estadual de Águas e Energia Elétrica do Paraná. Trabalhou no desenvolvimento do Plano Hidrelétrico do Paraná em diversos rios do estado, com destaque para o projeto da Usina Capivari-Cachoeira.

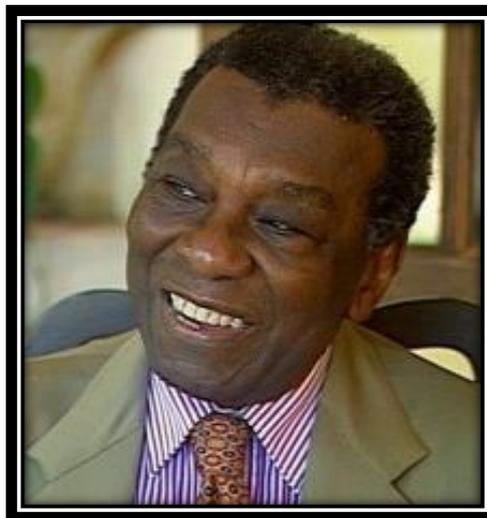
Milton Santos (1926 – 2001), Bacharel em direito pela UFBA, mas foi na geografia que se destacou. Foi um dos grandes nomes da Geografia Brasileira realizando trabalhos em diversas áreas da geografia, o único estudioso fora do mundo anglo-saxão a receber o que pode ser considerado o Nobel da Geografia pelo conjunto de sua obra, o prêmio Vautrin Lud. Realizou grandes esforços para debater a globalização da economia, enfatizando seu efeito devastador no Brasil, e propor saídas para que a população pobre não seja mais parte desse jogo apenas como vítima. Milton Santos publicou mais de 40 livros e 300 artigos. Doutor em Geografia pela Universidade de Estrasburgo e professor visitante em Stanford, atuava como consultor da ONU, da OIT, da OEA e da Unesco. Foi professor das universidades de Paris, Columbia, Toronto (Canadá) e Dar es Salaam (Tanzânia). Recebeu vários títulos pelos seus méritos, dentre os quais o de acadêmicos e honrarias.

Figura 9: Enedina primeira mulher negra a se formar engenheira civil no Brasil.



Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

Figura 10: Milton Santos um dos grandes nomes da Geografia Brasileira.

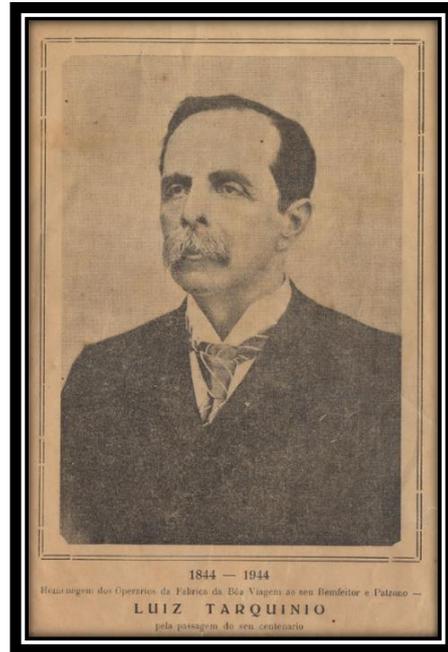


Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

Luiz Tarquínio (1844 – 1944) grande empreendedor e abolicionista, filho da ex-escravizada Maria Luiza, começou a trabalhar aos dez anos de idade, em uma loja de fazendas (roupa) do Lojista, Lino Porphyrio da Silva, no centro da cidade de Salvador. Foi trabalhar na limpeza, como tinha sido alfabetizado em casa com sua mãe e frequentou a escola pública por dois ou três anos, sabia as quatro operações de matemática, então foi logo promovido a atendente de balcão.

Em 1891, Tarquínio criou a Companhia Empório Industrial do Norte, no bairro da Boa Viagem. Construiu a primeira vila operária do país, foi dos primeiros ou o primeiro, a introduzir benefícios trabalhistas como a licença-maternidade. Para marcar a seriedade e independência empresarial mandou gravar na fachada da fábrica a seguinte frase: ‘Empresa organizada sem os privilégios nem favores do governo’.

Figura 11: Luiz Tarquínio empreendedor e abolicionista, filho da ex-escravizada Maria Luiza.



Fonte: Canaltech.com.br/ciência/negro

APRESENTAÇÃO

A expressão ciência vem do latim quer dizer “conhecimento”, porém definir e entender o que é ciência não é tão simples como imaginamos. Há muitos séculos pensadores e cientistas têm debatido sobre esse tema. Aristóteles definiu a ciência como "conhecimento demonstrativo", em outras palavras, a Ciência é o conhecimento comprovado expresso por demonstração e fundamentada por observações, análises e experimentos, considerando as diversas hipóteses. Galileu desenvolveu o método científico (métodos: *caminhar para chegar a um fim*), onde o conhecimento deveria basear-se em experimentações e na lógica matemática. Já Karl Poper propõe a refutabilidade, segundo ele uma teoria deve ser rigorosamente testada por observação e experimentos, se falhar deve ser substituída, ou reformulada. Segundo seus argumentos só as teorias que podem ser falseadas são capazes de fornecer informação sobre o mundo.

Podemos observar que o conceito de ciência, como reprodução humana, está em constante reformulação para acompanhar as mudanças necessárias em consonância com a evolução da sociedade. Os pesquisadores e os professores estão sempre se atualizando e revendo os conceitos científicos, pois constantemente as teorias são reformuladas ou refutadas para adequar-se aos novos rigores da comunidade científica.

Este produto educacional, Paradidático, foi elaborado no meu Mestrado em Ensino de Astronomia, com a finalidade de servir como material de apoio didático para os docentes da Educação Básica. Em especial os professores das áreas de: Física, Geografia, Matemática, Ciências e áreas afins. Os professores de outras áreas, como História, Filosofia, etc. também podem consultá-lo, pois a pesar de ser um livro da área Astronomia e Astrofísica, o mesmo foi escrito numa linguagem acessível para professor de qualquer área. Os cálculos foram suprimidos, os existentes estão reservado numa seção específica, denominada de “SAIBA MAIS ASTRONOMIA”, destinado aos professores da área de exatas ou curiosos. O conteúdo deste Paradidático está dividido em três partes, Parte I com assuntos teóricos de Astronomia e Astrofísica, Parte II foi colocado algumas aplicações com o uso de cálculos de órbita de satélites artificiais, velocidade de escape da Terra, manobras espaciais, entre outros e Parte III algumas sugestões de atividades para o professor usar em suas aulas.

Abordamos os conteúdos de Astronomia e Astrofísica, além dos conceitos sobre: Asteroides, Meteoroides e Tecnologia Espacial. Explicaremos sobre temas correlatos alguns meteoroides que caiu na Terra, como os meteoritos de Bendegó e de Chelyabinsk, falaremos também das possibilidades da queda asteroide no futuro, o monitoramento da Ciência Espacial sobre estes corpos e os mecanismos de defesa, entre outros temas. Tem uma parte com sugestão de algumas atividades para ser usada na sala de aula, como questões baseadas nas provas das Olimpíadas Brasileira de Astronomia (OBA), com assuntos de Astronomia, Física e Matemática para os professores treinarem com seus alunos. Incluímos sugestão de experimentos e de fabricação de instrumentos astronômicos.

As motivações para produção deste livro foram diversas, além do incentivo do meu orientador, foi o senso do dever de colaborar com os professores da Educação Básica, elaborando este material de consulta. Porque durante as minhas pesquisas do Mestrado percebi uma ausência de livros que tratassem de tais assuntos com os devidos rigor científico.

É comum circular nos meios de comunicação de massa notícias sobre Astronomia ou fenômenos astronômicos. As vezes os autores da reportagem, costumam usar a linguagem da formalidade jornalística do tipo: “Um asteroide passou raspando a Terra”; “O que acontecerá quando o Sol morrer?”, etc. É nítido que o título da reportagem, e as vezes seu conteúdo, não tem preocupação com as formalidades científicas (Figura 12). Um estudante que ler tais matérias jornalísticas, poderá recorrer ao professor solicitando algum esclarecimento é o momento que o docente necessita possuir alguns conhecimentos de Astronomia para prestar as devidas explicações, caso não o possua poderá dá-las de forma equivocadas.

Espero que este Paradidático consiga ajudar os professores e demais interessados que tenham interesse em estudar ou pesquisar sobre Astronomia e Astrofísica.

Figura 12 – Imagem publicada no Sol do Jornal El País, publicada em 02 de outubro de 2019.



Fonte: Jornal El País, 02 de outubro de 2019.

Parte I

*“Quer viver uma vida feliz, amarre-se a uma mente ,
não a uma pessoa ou coisas.” Albert Einstein*

Satélite Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP)

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Wilkinson_Microwave_Anisotropy_Prob

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Arqueologia é a Ciência que estuda o modo de vida e as mudanças culturais das diferentes sociedades humanas, porém, pouco se sabe de como se deu a evolução do hominídeo (*Sahelanthropus tchadensis*) para o *Homo habilis*, (...) *Homo sapiens*. Pesquisas têm encontrado vestígios que os primeiros grupos sociais se formaram graças ao advento da agricultura e da domesticação de animais. Regiões como: as proximidades do rio Nilo, (antigo Egito) e a Mesopotâmia (entre os rios Eufrates e Tigre) constituem importantes fontes de pesquisa para desvendar os costumes e como viviam os povos primitivos.

Os arqueólogos têm pesquisado e coletado vários materiais destes sítios arqueológicos e encaminhado para laboratórios a fim de serem analisados. Contudo, as hipóteses levantadas têm algumas controvérsias, pois é difícil obter dados tangíveis da vida dos humanos pré-históricos, visto que este período antecede à escrita. As informações são conseguidas por meio dos vestígios de alguns materiais: rochas, cerâmicas, pinturas rupestres, atividades culturais, etc., que servem como fontes de pesquisa. A Arqueoastronomia tem verificado que estas sociedades primitivas já realizavam tímidas observações dos astros e os interpretavam como mensageiros dos deuses ou tentavam relacioná-los a fenômenos da natureza, era, pois, o começo de uma astronomia rudimentar.

As evidências sobre o Universo sempre nos remetem a pesquisa de povos antigos e, frequentemente, a Astronomia é considerada uma das ciências mais antigas, praticadas pelo ser humano e, concomitantemente, tem se desenvolvido com a humanidade, logo, o hábito ou necessidade de observar os astros e usar tais experiências para solucionar problemas das sociedades tribais não foi mérito de uma única cultura. A Astronomia Cultural ou Etnoastronomia têm estudado como os povos antigos percebiam os corpos celestes, dentre os quais: os chineses, egípcios, os babilônicos, os gregos, os mesoamericanos e outros.

Quem primeiro construiu um modelo cosmológico que interpretava os movimentos dos astros foram os gregos. No século IV a. C.¹, a sua visão, era que as estrelas eram fixas em uma esfera, eles denominavam este sistema como esfera celeste e girava em torno da Terra, a cada 24 horas. Este modelo de interpretação do Universo foi aprofundado e detalhado dando origem no século VI a uma astronomia, que denominamos hoje Astronomia Antiga. Vários astrônomos como: Tales de Mileto (~624 – 546 a. C.), Pitágoras (~572 – 497 a. C.) Aristóteles (384 – 322 a. C.), Claudio Ptolomeu (90 – 168 d. C.²), entre outros,

¹ a. C. (antes de Cristo).

² d. C. (depois de Cristo).

contribuíram para este novo modelo de descrição do Universo. Ptolomeu é considerado o último astrônomo importante da antiguidade.

Os conhecimentos astronômicos por toda Idade Média foram baseados nos textos do astrônomo egípcio Ptolomeu, contidos no *Almagesto* (o Grande Tratado). Sua obra com trezes volumes era uma síntese das observações de Aristóteles, Hiparco, Posidônio, entre outros. A teoria de Ptolomeu foi base para o sistema geocêntrico. E nesse modelo a Terra era centro do Universo. Essa concepção foi defendida pela Igreja Católica até o século XVI. O movimento dos planetas era explicado por meio da combinação de pequenos círculos, chamados de epiciclos.

Na transição da Idade Média e início da Renascença surge o astrônomo e matemático polonês, Nicolau Copérnico (1473 – 1543), ao ler a hipótese heliocêntrica de Aristarco de Samos (310 – 230 a. C.), ele concordou que o Sol posicionado no Centro do Universo era mais razoável que a Terra. Copérnico registrou suas ideias no livro *De Revolutionibus*. Em 1600 Johannes Kepler (1571 – 1630) foi trabalhar com o astrônomo Tycho Brahe (1546 – 1601), após a sua morte, Kepler assumiu seu posto e utilizou também os dados das observações dos planetas, se dedicando a estudá-los por vinte anos. Apesar de Tycho Brahe não acreditar na hipótese heliocêntrica de Copérnico, foram suas observações que deram condições para Kepler criar as leis do movimento planetário.

O atual estágio da Astronomia Contemporânea tem relação com dois acontecimentos que se destacaram na história da Ciência. Uma das quais foi a introdução da luneta³ na observações dos astros, por Galileu Galilei (1564 – 1642). Ao usar o instrumento óptico para fazer observações astronômicas Galileu conseguiu ver alguns detalhes do céu, que até então, não eram possíveis serem vistos a olho nu. Como por exemplo, os satélites de Júpiter, as crateras da Lua, as manchas solares e a Via Láctea. Ele se tornou um defensor do sistema heliocêntrico de Copérnico. As descobertas de Galileu são consideradas um marco da Astronomia Moderna, posto que seus argumentos serviram de base para refutar a concepção de um universo onde a Terra era centro. O outro acontecimento de significativa repercussão foi a conquista do espaço, com a viagem do primeiro homem à Lua, em 1969, marcando mais um importante capítulo na história da Astronomia.

Embora a Astronomia fosse considerada uma das mais antigas ciências e sua consonância com a tecnologia espacial tenham desenvolvido equipamentos que estão a serviço da sociedade, seus conceitos e sua importância raramente são discutidos na educação básica, especialmente no Ensino Médio, etapa final da referida modalidade de ensino. Segundo Ferreira & Meglihoratti o estudo da Astronomia no Ensino Médio, apesar de ser possível abordá-la nos assuntos de outras áreas do conhecimento como: Matemática, Biologia, História Geografia,

³ Alguns autores atribui a invenção do telescópio, isto é, a luneta usada por Galileu, ao alemão Hans Lippershey (1570 – 1619). Em 1609 Galileu foi o primeiro astrônomo a usá-la para observar os astros.

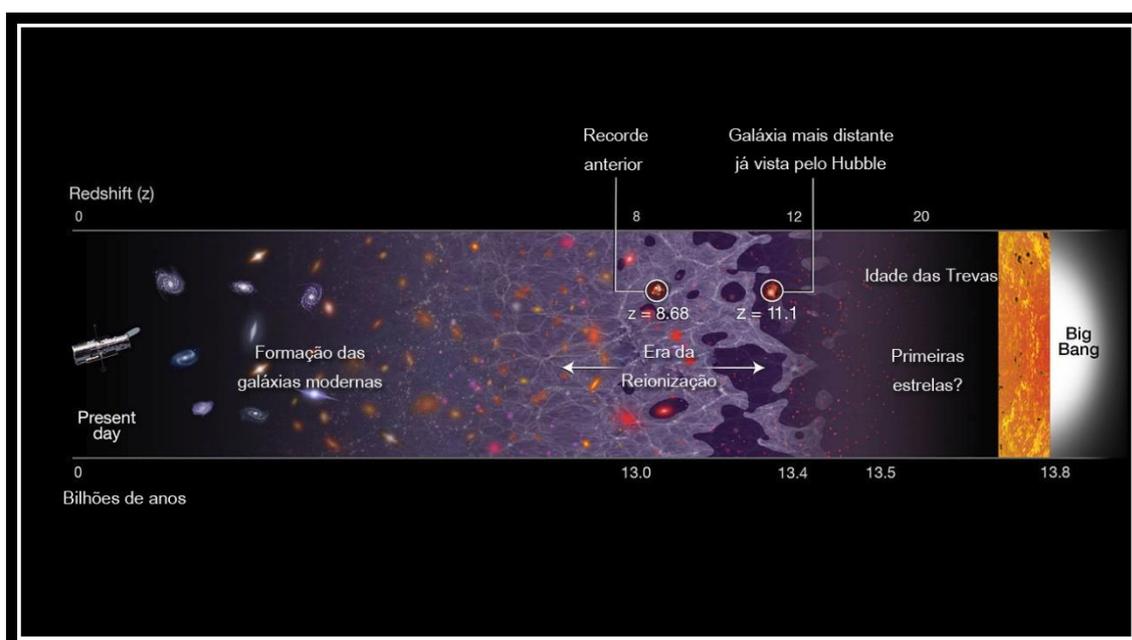
entre outras. Estudar o Universo sempre foi motivo do interesse e de encantamento para o ser humano, por meio das novas tecnologias espaciais foi possível conhecer mais detalhes da Via Láctea, descobrir outras galáxias, registrar explosão e nascimento de estrelas mais distantes, bem como, saber mais pormenores sobre a formação do Sistema Solar. Esse livro tem o objetivo de abordar alguns assuntos de Astronomia Básica e Tecnologia Espacial. Encontra-se inclusa nele uma seção denominada “Saiba um pouco mais de Astronomia”, alguns tópicos mais aprofundados, Para concluir, há alguns exercícios para treino, inclusive questões de provas das Olimpíadas Brasileiras de Astronomia (OBA), e sugestões de atividades com o propósito de ampliar seus conhecimentos. Esperamos que este livro lhe seja útil e contribua para o seu aprendizado, seu modo de pensar e ajude a ampliar seus conhecimentos científicos. Nossos votos de uma boa leitura (FERREIRA; MEGLIHORATTI).

UNIVERSO

- 1) Qual o significado da expressão Big Bang e como surgiu?
- 2) Segundo a concepção do astrofísico Carl Sagan qual a matéria prima básica constituinte da vida no planeta Terra?

O telescópio espacial Hubble conseguiu localizar a mais antiga galáxia do Universo, GN-Z 11, que é uma galáxia redshift⁴ (afasta-se para o vermelho espectroscópico), isso quer dizer, que ela está se afastando em direção à constelação da Ursa Maior. Ainda é observada como era há 13,4 bilhões de anos, a 400 milhões de anos após o Big Bang. Sua distância é de aproximadamente 32 bilhões de anos-luz da Terra. Após as análises pelo espectrógrafo, os astrónomos concluíram que estavam analisando as informações da galáxia mais distante do Universo.

Figura 13: Imagem artística representando a escala da idade do Universo.



Fonte: Divulgação / Tradução: Galeria do Meteorito.

Quando falamos sobre a evolução inicial do universo, a primeira expressão que nos vem à mente é “Big-Bang”, não obstante, algumas pessoas acreditam que o termo se refere a uma explosão. O reforço frequente deste equivoco, fora de contexto, leva algumas pessoas a imaginar, erroneamente, que se refere a uma reação explosiva, semelhante a uma bomba. No entanto, os cosmólogos empregam o termo para fazer referência a uma ideia aproximada de um universo originalmente muito quente, denso e reduzido, em certo tempo do passado. Alguns registros têm confirmado que em 1950 o astrônomo britânico, Fred Hoyle

⁴ Redshift é um termo inglês, significa desvio para o vermelho. A frequência de uma onda de luz observada no espectrógrafo em função da velocidade entre a fonte emissora e o observador se afasta, ou seja, aumentando o comprimento de onda desviando para o vermelho (semelhante que ocorre no efeito Doppler).

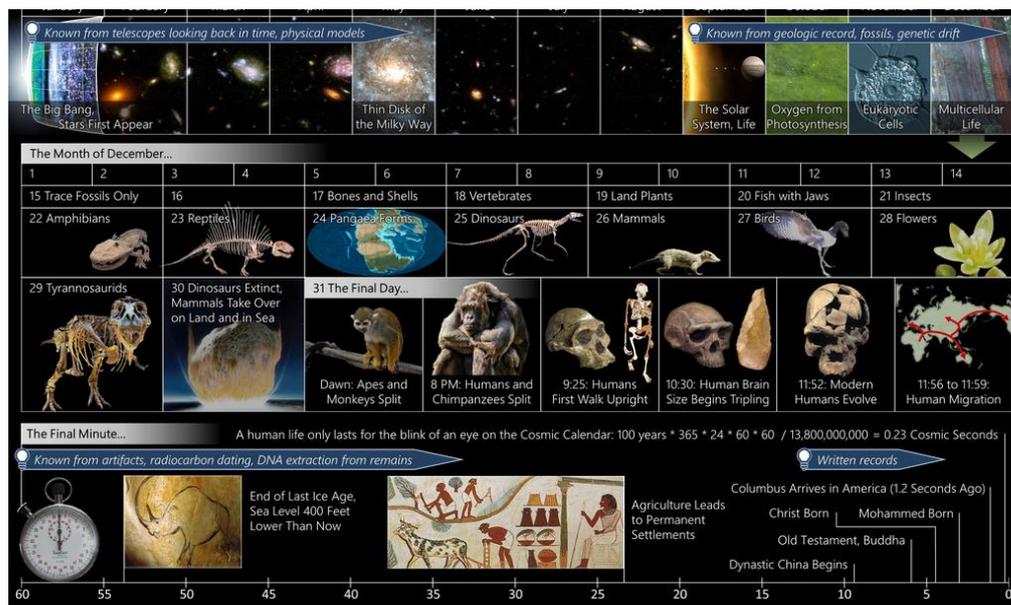
(1915 – 2001), sugeriu, por acaso, o termo “Big Bang” ou Grande Explosão, para o evento que se deduz como o início da expansão do Universo, entretanto, esta concepção se popularizou e perdura até então (Figura 14).

O universo é um dos principais laboratórios dos astrônomos, seus mistérios sempre encantaram a humanidade. Os povos primitivos sempre observaram o céu por vários motivos: curiosidade, orientação para deslocamento, sobrevivência, entre outras práticas, porém, observá-lo com objetivos científicos é uma prática recente, se compararmos ao período da Pré-história (Paleolítico). Alguns astrônomos famosos mais antigos foram: Tales de Mileto (~624 – 546 a. C.), Pitágoras (~572 – 497 a. C.), Eratóstenes (276 – 194 a. C.), entre outros, incluindo Claudio Ptolomeu (85 d. C. – 165 d. C.), o último astrônomo da antiguidade. Contudo, foi Galileu que deu um importante passo para a Astronomia moderna, usando um instrumento óptico (uma luneta) ele pode observar detalhes do céu que até então eram desconhecidos. Como por exemplo, as luas de Júpiter, as crateras da Lua, as manchas do Sol e nossa Galáxia, a Via Láctea.

O ser humano sempre questionou sobre sua origem, isto é, querer saber como foram os primeiros estágios da vida no nosso planeta, e ainda, fez o seguinte questionamento: a Terra é o único planeta com condições habitáveis? Essa pergunta não tem resposta única e definitiva. Dado que, várias correntes de conhecimento tentam respondê-la, a Ciência não é a verdade absoluta e nem as respostas são imutáveis. Segundo o astrônomo, Carl Sagan (1934 – 1996) somos constituídos de material estelar, isso quer dizer que o carbono, nitrogênio, o oxigênio, assim bem como, os elementos pesados foram criados há, aproximadamente, 4,5 bilhões de anos, quando foi formado o Sistema Solar. Em outras palavras, o ser humano, os outros animais, tudo o que existe na Terra contém material estelar. As estrelas nascem e morrem e quando elas morrem explodem violentamente, lançando nuvens de poeira e gás para o espaço da galáxia, em vista disso, podemos afirmar que cada um de nós somos pedacinhos das estrelas que veio da galáxia (PETER MOON).

A figura 14 é um Calendário Cósmico, ilustrando a idade do Universo e da Terra, cuja finalidade é simplificar nossa compreensão, o físico Carl Sagan a popularizou em seu livro “Os Dragões de Éden”. Nesse calendário os 13,8 bilhões de anos do Universo é sintetizado em uma escala de um ano, nesse esquema todas as informações que sabemos sobre a história do Universo é iniciada em janeiro cósmico, exatamente à meia-noite, ou seja, o Big Bang. No calendário o Sistema Solar é exibido a partir de setembro, data de sua formação, e as primeiras formas de vida na Terra manifestam-se em novembro e os dinossauros em 25 de dezembro. Em 31 de dezembro, às 22:30 min. o cérebro dos primeiros Homo começam a triplicar de tamanho, a evolução dos humanos modernos se dá às 23:52 min. Migram para os continentes entre 23:56 e 23:59 min. Estamos em 31 de dezembro às 23:59:59 seg. Quando se iniciam a cultura moderna e o desenvolvimento das ciências (MARTINS, 2016; WIKIPÉDIA).

Figura 14: Calendário Cósmico, resumindo toda a história conhecida do Universo em um ano cosmoico.



Fonte: Wikipédia.

GALÁXIA

3) O que é galáxia?

4) Segundo a concepção de alguns astrônomos, onde se originou a matéria que formou a Terra e seus habitantes?

5) Como são classificadas, morfologicamente, as galáxias?

O nome galáxia é uma palavra deriva do grego cujo seu significado quer dizer leitoso. Galáxia é um grande sistema, gravitacionalmente ligado, formado por estrelas, remanescentes de estrelas, meio estelar de gás, poeira e matéria escura. O termo galáxia provem do grego γαλακτικός que quer dizer “branco leitoso”. As hipóteses para distinguir um aglomerado de galáxia foram iniciadas por volta do século XVIII, pois vários astrônomos já haviam observado entre as estrelas corpos extensos e difusos, que foram denominados nebulosas. Atualmente, sabemos que, parte desses objetos pertenciam a nossa galáxia, eram nuvens de gás, iluminadas por e algumas delas, as nebulosas espirais. Dentre os estudiosos destaca-se o astrônomo, caçador de cometa, Charles Messier (1730 – 1818) que deu início ao catálogo de nebulosas (Catálogo Messier). Graças a habilidade de Messier 46 cometas foram descobertos, sendo que desses, 21 teriam sido vistos, por ele, pela primeira vez.

Nesse período os instrumentos de observação não eram de boa qualidade, se comparados aos atuais, e ainda não se tinha noção clara do conceito de galáxia, contribuindo para dificultar uma identificação com certa precisão. Seu equipamento de observação era um telescópio refrator de 108 mm, portanto, seus frequentes enganos são compreensíveis. Durante as observações Messier se deparava com a dificuldade de identificar alguns objetos já vistos, além de se

enganar com outros que tinham aparência de cometa, mas que na verdade não eram, esse engano era frequente. Para solucionar o problema, ele resolveu construir um catálogo dos objetos observados, para não se confundir novamente, quando o corpo celeste fosse visto outra vez e distinguir os que aparentavam ser cometas e não eram. Alguns dos objetos ele classificou de enxame globular e nebulosa.

A lista de Messier era constituída de galáxias, nebulosas e enxame de estrelas. Alguns desses objetos poderiam ser vistos a olho nu, por exemplo, a Galáxia de Andrómeda (M31), que por abuso do termo algumas pessoas chamam-na “Nebulosa de Andrómeda”. A primeira edição foi publicada em 1771, com o nome de

Catálogo de Messier. Nela estava incluído o registro de 109 objetos brilhantes com aparência de nuvem. No século XIX mais nebulosas foram conhecidas e verificadas, inclusive, a sua forma espiral. Uma das mais famosas foi a Galáxia Whirlpool (M51 do catálogo de Messier), em seu catálogo os objetos são identificados por um M mais número, a letra é a inicial do seu nome em sua homenagem e o número representa a ordem cronológica da descoberta (exemplo M 101). Posteriormente, outros astrônomos, como: Camille Flammarion (1842 – 1925), Helen Hogg (1903 – 1966), William Herschel (1738 – 1822), Lord Rosse (1800 – 1867), entre outros, incluíram novos objetos celestes construindo um catálogo com 5 000 nebulosas. Seu catálogo se tornou famoso, servindo de consulta até os dias atuais, as cartas celestes indicam as posições dos objetos de Messier, relacionados às constelações. Por exemplo, M 1 Nebulosa do Caranguejo, M 42 Nebulosa de Órion, etc. A Figura 15 é a galáxia M 31, atualmente denominada Galáxia de Andrómeda ou NGC 224 – New General Catalogue (ALMEIDA, 2005; WIKIPÉDIA).

Figura 15: Galáxia de M31 (Andrômeda), até 1899 era nebulosa de Andrômeda.



Fonte: Wikipédia.

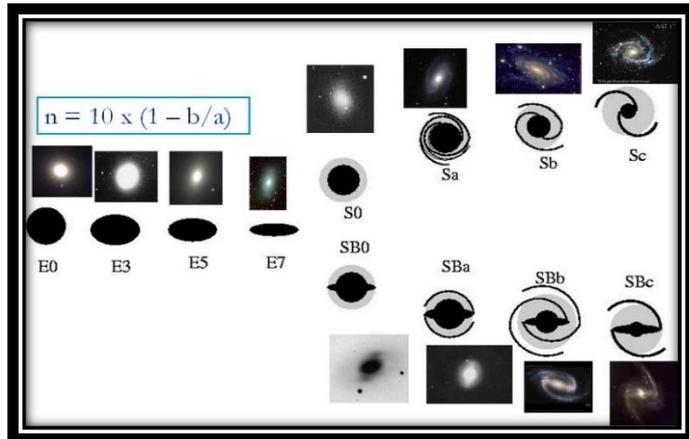
A concepção de galáxia, no contexto que temos hoje, levou algumas décadas para ser formulada, devido à falta de clareza, os astrônomos não conseguiam distinguir os objetos observados nos domínios de nossa galáxia ou extragaláctico. Com Telescópio Hooker de 250 cm no Monte de Wilson o astrônomo estadunidense Edwin Powell Hubble (1889 – 1953) conseguiu definir os limites externos de algumas nebulosas espirais como aglomerado de estrelas individuais. E identificou algumas estrelas variáveis como as Cefeidas⁵. Ele pode constatar ainda que os objetos que foram observados com telescópios menos

⁵ Estrelas gigantes ou supergigantes amarelas com massa de 4 a 15 vezes a massa do Sol e de 100 a 30.000 vezes mais brilhantes.

potentes não faziam parte de nossa galáxia. Por meio da lei de Leavitt-Shapley foi possível determinar a distância de M31, estimando em 800 mil anos-luz, significando que seria um objeto fora de nossa galáxia, pois o diâmetro de nossa galáxia, de um braço a outro só tem aproximadamente 81,5 anos-luz. Em 1923 Hubble distinguiu melhor os sistemas exteriores a Via Láctea. Suas observações permitiram estimar que as estrelas estavam além dos limites da Via Láctea, ele elaborou em 1936 um sistema de classificação para as galáxias que é usado até hoje, conforme a Figura 16.

Hubble também observou que as galáxias estavam se afastando, ele então concluiu que entre 10 a 15 bilhões de anos atrás elas deveriam estar todas num mesmo ponto, muito quente, numa singularidade espaço-tempo, que se expandiu. Os aglomerados e as galáxias são alguns dos objetos que fazem parte da matéria visível do universo, melhor dizendo, a matéria que conhecemos.

Figura 16: Esquema de Hubble para classificação de galáxia, no esquema mostra os diversos tipos morfológico de galáxia.



Fonte: IF – UFRGS.

Aglomerados estelares são agrupamentos de estrelas velhas ou jovens gravitacionalmente ligadas por atração mútua. Como todas foram formadas pela mesma nuvem de gás, admite-se que as estrelas têm mesma idade, mesma composição química e estão relativamente à mesma distância. Baseado na teoria do Big-Bang, para explicar a expansão do Universo, a cosmologia postula que a matéria escura não interage com a matéria comum, ou só interage gravitacionalmente.

O modelo cosmológico mais aceito é Λ CDM – Lambda-Cold Dark Matter (lambda matéria escura fria), que descreve com sucesso a estrutura e a formação do universo. Lambda é uma constante cosmológica proposta por Albert Einstein, reformulando a teoria original da relatividade geral que concluía que o universo era estacionário.

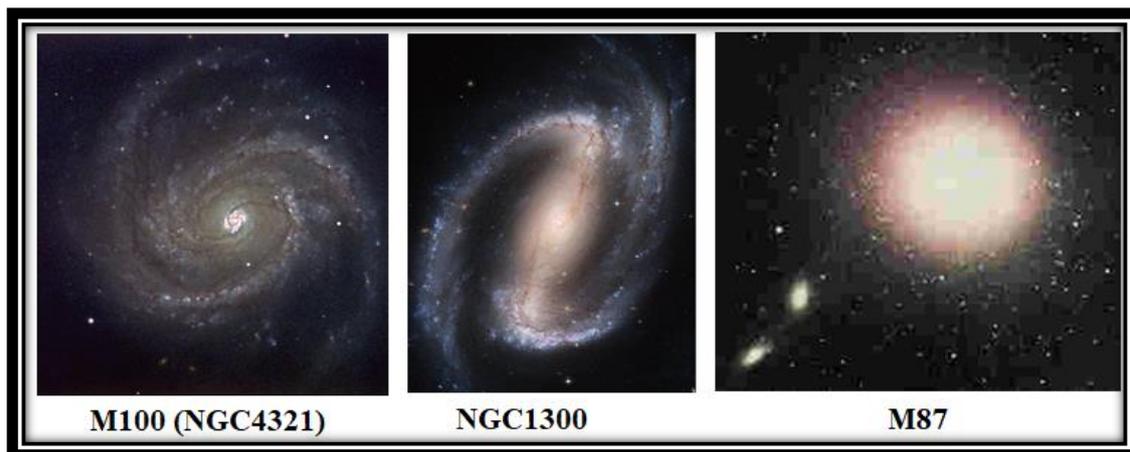
As galáxias apresentam diversidade em suas características morfológicas, aparentes. A classificação de sua forma e de sua estrutura, no óptico (luz visível) e no espectro eletromagnético, se deve a Edwin Powell Hubble, que catalogou as galáxias em diferentes formatos e perfis de luminosidade. Conforme Hubble, há três tipos básicos: espirais, elípticas e irregulares. A divisão classificatória das galáxias espirais ocorre de acordo com sua simetria, a presença de disco e dos braços espirais. Outros parâmetros também introduzidos são a divisão de galáxias normais, ativas e starburst (com elevada formação estelar). A maioria das galáxias conhecidas são normais (97%) e se dividem em: elípticas,

lenticulares, espirais e irregulares, na Figura 17 temos imagens, de galáxias espiral e elíptica.

As galáxias espirais são subdivididas em: barradas, identificadas pelas letras SBa SBb e SBc e não barradas, identificadas por Sa, Sb e Sc. Pode haver também classificação intermediária na subdivisão, por exemplo, uma galáxia pode ser classificada com morfologia entre As e Sb. A classificação de uma intermediária, designa uma letra maiúscula e duas minúsculas (Sab), esse esquema de classificação é chamado de Esquema de Hubble, conforme a Figura 16.

A classificação morfológica das galáxias espirais é complexa, devido à estrutura de seus braços. Alguns elementos, como grande variedade de estrelas, nas regiões de sua vizinhança, procedente dos aglomerados abertos, grande quantidade de gás e de poeira, distribuída irregularmente, contribuem para dificultar sua classificação morfológica. Algumas galáxias apresentam bojo grande, e braços espirais mais fechados, outras possuem bojo menor e braços espirais mais abertos (MADEJSKY, 2014).

Figura 17: Galáxias: espiral barrada M100 (SAsb), NGC 1300 (SBb) e galáxia elíptica (E0).



Fonte: IF – UFRGS.

VIA LÁCTEA

- 6) Quais as matérias principais que constituem a Via Láctea?
- 7) Qual o significado da expressão Via Láctea e qual a sua morfologia?
- 8) Em que posição se encontra o Sol na Via Láctea?
- 9) Por que o Telescópio Espacial Hubble (HST) obteve este nome?

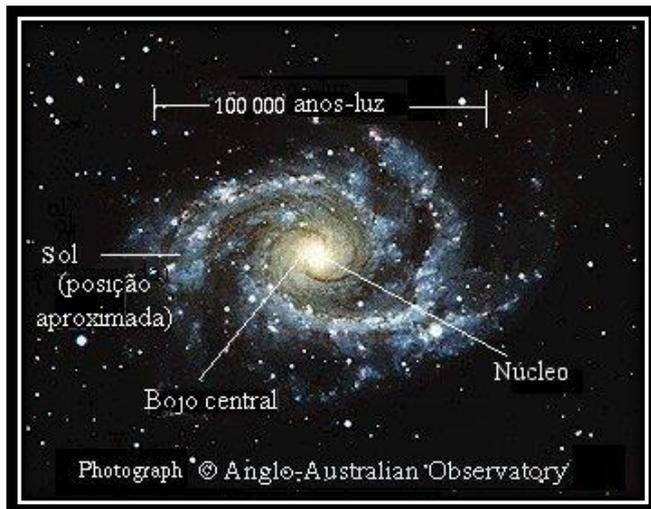
Astrônomos, astrofísicos e cosmólogos, ainda não têm informações precisas para delimitar com segurança as dimensões do universo, até onde sabemos, sua constituição é de objetos observáveis como: gás, poeira, nebulosas, galáxias, partículas e de objetos não observáveis, que ainda não podem ser observados diretamente pelos disponíveis equipamentos, este material é chamado de matéria escura, ou energia escura. Os objetos que já foram observados, até então, correspondem a 5% da massa total do universo, a outra parte é 25% de matéria escura e 70% de energia escura. O nome da nossa galáxia é Via Láctea (caminho do leite). Se olharmos o espaço numa noite de céu límpido e longe das luzes artificiais da cidade, uma pessoa que tem experiência de fazer observação poderá ver uma faixa nebulosa atravessando o hemisfério celeste de um horizonte a outro, que se assemelha a

Figura 19: O plano do centro galáctico da Via Láctea.



Fonte: IF – UFRGS.

Figura 18: Imagem de galáxia NCG 2997 (localizada há cinquenta milhões de anos-luz) usada para comparar a Via Láctea.



Fonte: IF – UFRGS.

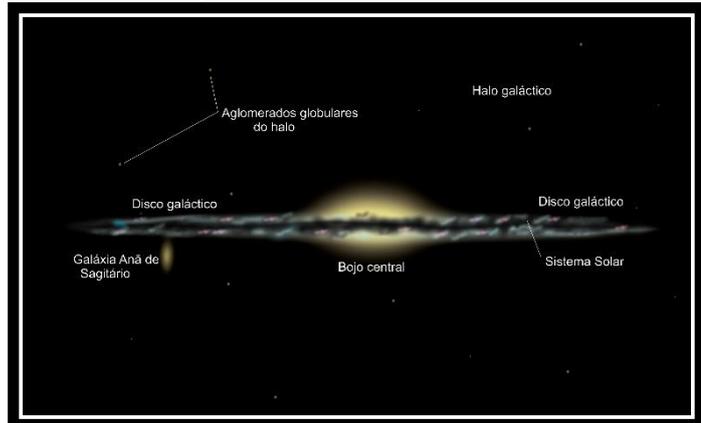
imagem presente na Figura 18. Os povos antigos insinuavam que a referida região era um caminho embranquecido semelhante ao leite.

As pesquisas do astrônomo Edwin P. Hubble foram bastante importantes para distinguir as nebulosas das galáxias e compreender sua morfologia. Baseado em sua classificação, foi construída a classificação morfológica da nossa galáxia. A Via Láctea é uma galáxia espiral, que está numa transição intermediária entre S_a e S_b , classificada como S_{ab} . Sua forma foi determinada por meio de observações em comprimento de ondas longas, como rádio e infravermelho, capaz de penetrar na poeira do plano galáctico. Se pudéssemos olhar a Via Láctea de fora sua aparência seria da galáxia NCG 2997 (Figura 19).

Harlow Shapley (1885 – 1975) estudando a distribuição do sistema esférico de estrelas, chamado de aglomerados globulares, estimou o tamanho da Via Láctea

e a posição do Sol, pois, segundo suas pesquisas, a Via Láctea tem, aproximadamente, 150 globulares de estrelas, o disco galáctico está envolvido pelo halo formado de aglomerados estelares com tamanho aproximado de 30.000 pc⁶ (100 000 anos luz⁷), sua espessura é de 300 pc e o bojo, onde está contido o núcleo, tem 2.000 pc. O Sol está num dos seus braços. A distância entre o centro da galáxia e a posição do Sol é de, aproximadamente,

Figura 20: Imagem representativa das dimensões da Via Láctea vista de perfil.



Fonte: Wikipédia.

8.500 pc. Hubble mensurou estes valores baseando-se nos aglomerados globulares coincidente com os limites da Via Láctea, a Figura 20 é uma representação de nossa galáxia vista de perfil.

O lançamento do Telescópio Espacial Hubble (HST), que ocorreu em 24 de abril de 1990, cuja a missão foi denominada STS-31 do Discovery, foi decisivo para a descoberta de milhares de galáxias. O Hubble, conforme se sabe, é um satélite artificial não tripulado, que transporta um telescópio refletor com espelho de 2,4 metros de diâmetro, está a uma distância, aproximadamente, 600 km da superfície da Terra. Fora da atmosfera da Terra, nesta posição, ele pode capturar imagens com melhor qualidade, livre de aberrações ópticas. Essa vantagem proporcionou imagens de fenômenos fantásticos como o nascimento de estrelas, buracos negros, colisões de cometas etc. Com ele pode se fazer uma estimativa da idade do Universo, em aproximadamente 13,5 bilhões anos, com melhor margem de erro. O Hubble, nos deu uma visão mais detalhada da nossa Via Láctea e foi possível ver melhor com detalhe um dos seus braços. Num dos braços da Via Láctea tem uma estrela muito especial para nós, com oito planetas clássicos e quatro planetas anões, girando em seu entorno, essa estrela chama-se Sol. O conjunto de todos os astros que estão sob a influência do Sol e mais o próprio Sol é chamado de Sistema Solar. Nas próximas seções faremos um breve relato de

Figura 21: Hubble, o primeiro telescópio espacial, lançado em 24 de abril de 1990.



Fonte: Site Mistério do Universo.

⁶ 1 parsec (pc) = 206 265 UA; Unidade Astronômica (1 UA) = 149 597 870,69 km

⁷ Um ano-luz (1 AL) = 9,46 × 10¹² km.

como o sistema solar foi formado (OLIVEIRA FILHO; OLIVEIRA SARAIVA, 2014; WIKIPÉDIA).

OS PLANETESIMAIS

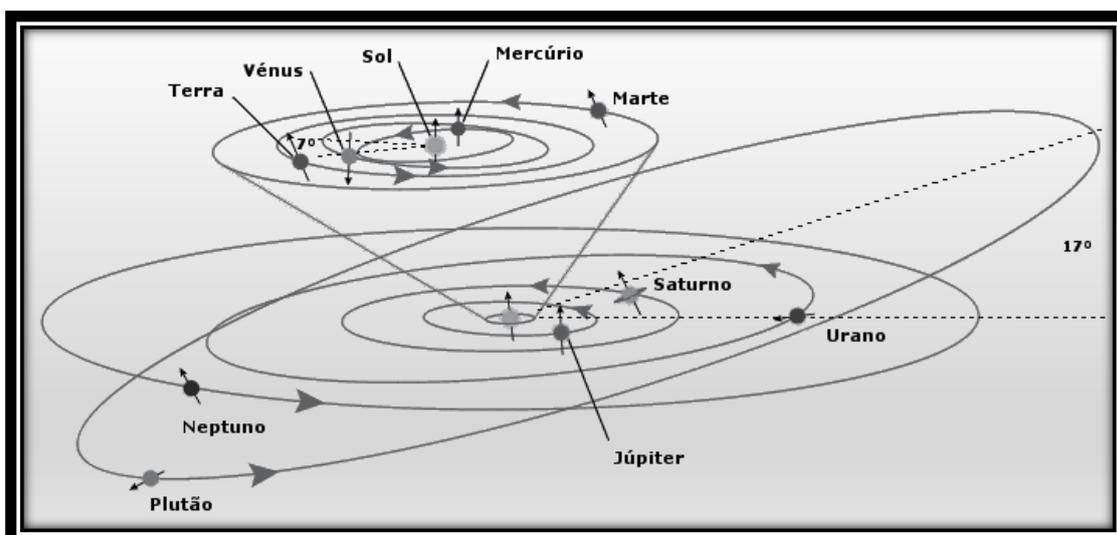
10) O que diz a hipótese nebular a respeito da formação de estrelas?

O advento da ciência computacional tem contribuído em diversos ramos da Física. O uso do computador em simulações se faz cada vez mais necessário, se tornando uma ferramenta indispensável na elaboração de modelos teóricos. O uso de técnicas cada vez mais avançadas consegue elaborar modelos virtuais que se aproximam da realidade (Figura 22).

Baseado nos modelos teóricos cosmológicos que dispomos, usar a simulação computacional para recriar modelos aproximados das circunstâncias semelhantes àquela que originou o Sistema Solar. As simulações admitem que a periferia da nebulosa solar resultaria num sistema solar semelhante ao nosso.

As observações modernas desenvolvem argumentos teóricos para descrever a formação das estrelas. Segundo as teorias mais recentes, as estrelas são formadas por gases interestelares que se colapsaram, essa concepção é chamada de hipótese nebular, sugerida em 1755 pelo físico alemão Immanuel Kant. Seus argumentos físicos explicam o achatamento e a taxa de spin (rotação). Sendo a hipótese nebular desenvolvida em 1940 pelo físico alemão, Carl Friedrich Freiherr von Weizäcker (1912 – 2007). Segundo essa teoria, após o colapso das nuvens, houve um resfriamento e apenas o Proto-sol, no centro do sistema, se manteve com a temperatura mais elevada.

Figura 22: Simulações computacionais baseadas nas teorias que explicam a origem do nosso sistema solar.



Fonte: Site Prisma à luz da Física (O nosso Sistema Solar).

A nebulosa solar, inicialmente, era uma nuvem de baixa densidade, porém com capacidade de concentração gravitacional dos seus gases e poeiras, concentrando maior quantidade de matéria no seu centro, formando uma

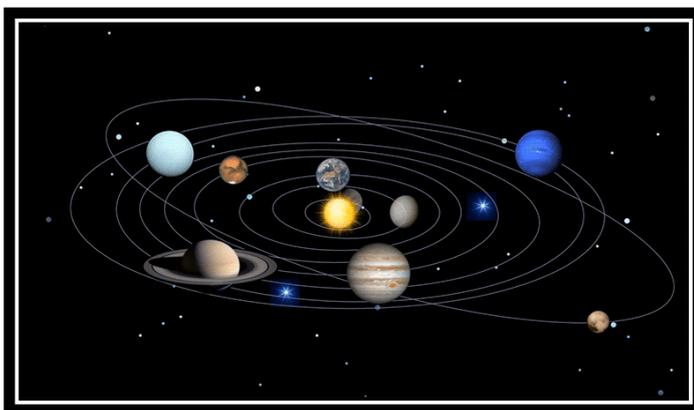
protoestrela. A nebulosa perdia matéria da zona exterior, diminuindo seu tamanho e aumentando sua velocidade de rotação. A força centrífuga impedia a incorporação de material, e a porção excedente formou o que podemos chamar de disco protoplanetário. Esse material composto principalmente de hidrogênio, hélio no estado gasoso e uma pequena quantidade de outros materiais mais pesados, deram origem ao Sistema Solar.

A hipótese nebular apresenta argumentos que também descrevem como foram formados os planetas a partir do gás exterior do disco. O resfriamento proporcionou em pouco tempo a condensação do material, dando origem os planetesimais. Materiais foram agregados, formando corpos de tamanhos da ordem de quilômetros de diâmetros, a composição dos materiais dependia da distância ao Sol. Nas regiões mais externas a temperatura era mais baixa e mesmo os materiais voláteis conseguiam se condensar, ao passo que, nas regiões mais internas e quentes as substâncias voláteis foram perdidas. Estudos recentes retificam as teorias e afirmam que os planetas são resultados dos planetesimais que aumentaram de tamanho por acreção de material, originando corpos maiores. Na parte externa do Sistema Solar o material condensado da nebulosa continha silício e gelo, tornando seus núcleos tão grandes, da ordem de dez vezes a massa da Terra, que foram capazes de atrair gás ao seu entorno e ainda pelo processo de acreção, aglomeraram grande quantidade de hidrogênio e hélio da nebulosa solar, formando os planetas jovianos. Na parte interna onde os silicatos estavam presentes, os núcleos planetários não puderam crescer muito e originaram os planetas terrestres.

Os planetesimais que não tiveram incorporação de material suficiente para se tornarem planetas foram ejetados por perturbações planetárias para o cinturão de Kuiper, localizado além das órbitas de Netuno até aproximadamente 50 UA⁸, e para nuvem esférica de Oort, que se estende a 50.000 UA.

Essa é uma das teorias que melhor explica a formação do sistema solar baseado em simulações computacionais. Lembrado que, a ciência está em constante pesquisa, sempre revendo conceitos e teorias, sendo assim, não há verdades absolutas, teorias podem ser refutadas ou melhoradas para melhorar o progresso científico (OLIVEIRA FILHO; OLIVEIRA SARAIVA, 2014; PRISMA; WIKIPÉDIA).

Figura 23: Representação dos planetas orbitando em torno do Sol, imagem fora de escala, sem os cinco planetas anões e os cinturões de asteroides.



Fonte: Site Pinterest.

⁸ UA = Unidade Astronômica (1UA= $1,496 \times 10^8 km$)

CAPITULO 2

O SISTEMA SOLAR

- 11) Tomando por base as teorias mais recentes, como foi formado o Sistema Solar?
- 12) Como está distribuída a massa dos corpos do Sistema Solar?
- 13) Qual a posição do Sol no diagrama R-H, qual sua idade e para qual tipo de estrela ele evoluirá ao final de sua vida?

A teoria moderna para explicar a origem do Sistema Solar é baseada na hipótese nebular sugerida em 1755 pelo filósofo alemão Immanuel Kant (1724 – 1804), desenvolvida em 1796 pelo matemático francês Pierre-Simon Laplace (1749 – 1827). Laplace propôs sua teoria das probabilidades para os cálculos e concluiu que, uma vez que todos os planetas estão no mesmo plano, girando em torno do Sol, na mesma direção, e também giram em torno de si mesmos, na mesma direção (exceto Vênus), só poderiam ter surgido de uma mesma grande nuvem de partículas e rotação.

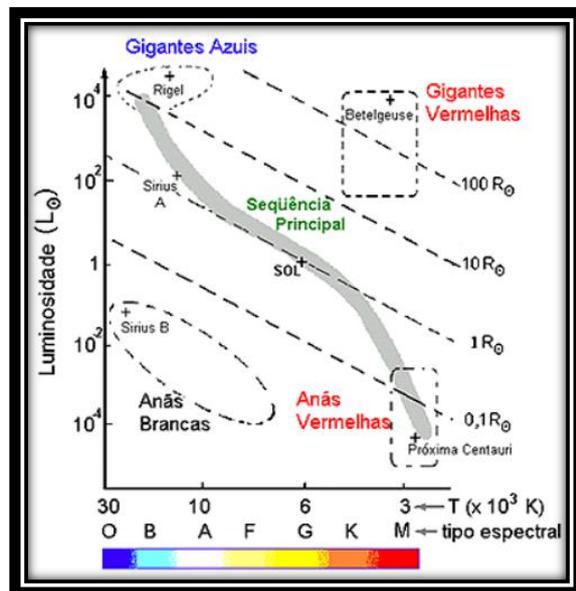
As observações modernas indicam que muitas nuvens de gás interestelar estão no processo de colapsar em estrelas

e os argumentos físicos que prenunciam o achatamento e o aumento da taxa de rotação (spin) estão corretas. Em 1945 o físico alemão Carl Friedrich Freiherr von Weizsäcker desenvolveu a hipótese nebular para explicar a formação dos planetas. Segundo sua teoria, os planetas foram formados a partir do gás no disco. Após as nuvens serem colapsadas houve um resfriamento e apenas o Sol no centro manteve sua temperatura. O resfriamento ocasionou a condensação rápida (em termos astronômicos) do material, originando os planetas, agregando esse material em tamanhos da ordem de quilômetros de diâmetros, cuja composição dependia da distância ao Sol. À vista disso, os mais externos

tinham temperatura mais baixas e os materiais voláteis tinham condições de se condensar ao passo que, os das regiões mais internas e quentes, as substâncias voláteis foram perdidas.

O Sistema Solar é uma região localizada em um dos braços da nossa galáxia, Via Láctea, composto pelo o Sol e todos os corpos que estão sob seu domínio gravitacional. O Sol representa 99,8% da massa total deste Sistema, é uma bola

Figura 24: Diagrama R – H, baseado na posição em que se encontra o Sol, ainda há hidrogênio para milhões de anos.



Fonte: Site Astro IAG USP.

de gás incandescente, cuja composição principal é hidrogênio (91,2%) e hélio (8,7%) e, aproximadamente, 0,1% de oxigênio e carbono. É a estrela mais próxima da Terra, a uma distância de 149.600.000 km. Segundo a classificação da escala R-H (Hertzsprung-Russel) o Sol é uma estrela intermediária de 5ª grandeza, classificação espectral G2, é de cor amarela, sua temperatura efetiva é inferior a $T_{ef} = 6.000 K$, a Figura 24 é do diagrama R-H, que expressa a classificação de estrelas. Há diversas estrelas maiores e mais quentes que o Sol, assim como há outras estrelas menores e de temperatura mais fria. Por exemplo, a estrela Sirius é maior, tem duas massas solares ($2,4M_{\odot}$) e é mais quente, está a 5,24 anos-luz da Terra. Por sua vez, a estrela Alpha Centauri B, a mais próxima do Sistema Solar, é menor que o Sol, ($0,91M_{\odot}$) e ligeiramente mais fria. O raio do Sol é $6,960 \times 10^8 m$ e sua massa é $1,989 \times 10^{30} kg$. O Sol é a principal fonte de energia da Terra⁹. Estima-se que o Sol, tenha a idade de 4,5 bilhões de anos e permanecerá em atividade por mais 6,5 bilhões de anos. O tempo médio de vida de uma estrela é 11 bilhões de anos (OLIVEIRA FILHO; OLIVEIRA SARAIVA, 2014).

ESTRUTURA DO SOL

14) A temperatura do Sol é a mesma em toda a sua estrutura?

15) Qual a faixa de onda eletromagnética visível?

16) Qual a cor da luz do Sol e qual a explicação para as cores que vemos?

A introdução da Fotometria e a Espectroscopia na Astronomia para estudar as estrelas, tornou-se uma ferramenta espetacular para se obter informações das estrelas, por meio do estudo da luz. As informações da análise dos elementos químicos, temperatura, evolução, entre outras características, tornou possível saber os estágios evolutivos de uma estrela. Dado que, o sol é a estrela mais próxima da Terra e a mais conhecida, portanto é o modelo perfeito para ser estudado e sabermos o comportamento de outras estrelas que estão mais distantes, vista por nós, no céu como ponto de luz. Nessa seção serão descritas algumas características da estrutura do Sol, informações comentadas servem de parâmetro para entendermos as outras. Para finalidade didática, o Sol está esquematizado em seis regiões, para facilitar a compreensão (Figura 25):

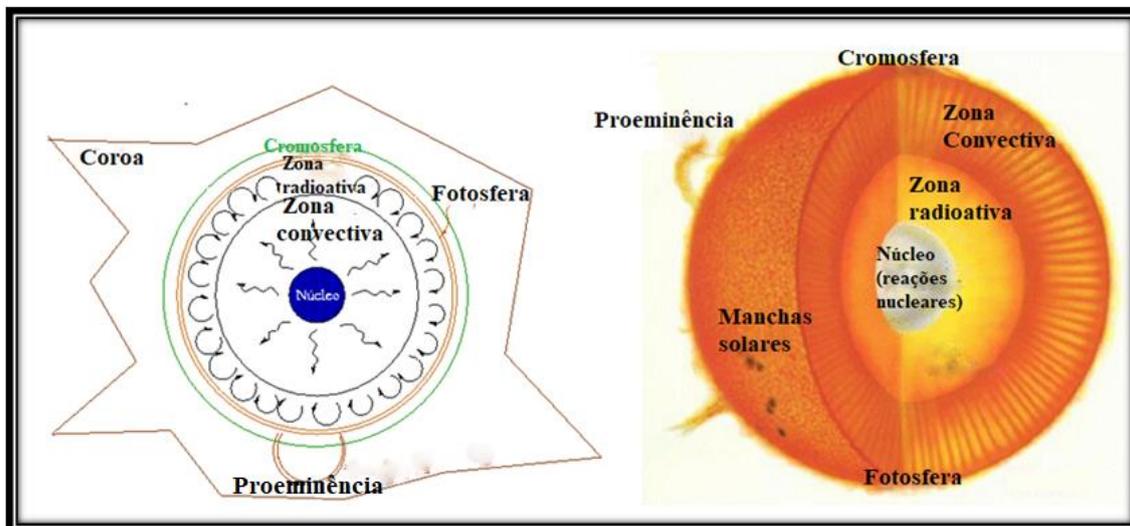
I) Coroa, é a região que está acima da cromosfera, é visível durante os eclipses totais. Seu aspecto é bastante brilhante, é produzido por átomos de ferro, níquel, neônio e cálcio altamente ionizados. O fato de haver estes elementos ionizados implica que sua temperatura extremamente alta, em torno de um milhão de graus Kelvin. Da coroa emana o vento solar que chega até os planetas do sistema solar.

II) Cromosfera, é a camada da atmosfera solar logo acima da fotosfera. Tem cor avermelhada e é também visível durante os eclipses solares totais, estende por 10.000 km acima da fotosfera fundindo-se na coroa, temperatura média de

⁹ Um foto emanado do Sol leva, aproximadamente, 8 minutos e 19 segundos para chegar à Terra.

15.000 K, crescente da base para o topo. Sua aparência é ondulatória devido à presença de estruturas espículas¹⁰, isto é, jato de gás.

Figura 25: Representação da estrutura das principais regiões do Sol (imagem modificada).



Fonte: Site Astro IF UFRGS.

III) Fotosfera: tem 330 km de espessura e temperatura de 5 785 K, é a camada visível do Sol. Tem aparência da superfície de um líquido em ebulição, cheia de bolhas, ou grânulos, com aproximadamente 1 500 km de diâmetro. Um dos fenômenos fotosféricos mais notável da fotosfera são as manchas solares, regiões irregulares de cor escurecida circundante, que pode ser observada da Terra¹¹. As manchas solares já eram conhecidas pelos chineses, 28 anos a. e. c. Seu estudo científico começou com o uso do telescópio, sendo observado por Galileu Galilei. As manchas têm duas partes: a umbra, parte central mais escura e penumbra, região um pouco mais clara.

IV) Zona convectiva: estende-se por aproximadamente 15% do raio solar, é responsável pelo transporte da energia gerada no núcleo até a superfície, por meio de correntes de convecção.

V) Zona radioativa: região onde a energia flui por radiação, fica logo abaixo da zona convectiva. Transporta energia por radiação, isto é, emissão de fótons.

VI) Núcleo: região onde é produzida a energia do Sol por reações termonucleares, a temperatura do núcleo chega a 10 milhões de graus Kelvin ($10^6 K$). Durante as reações quatro prótons de hidrogênio são fundidos em um núcleo de hélio, com liberação de energia e aumentando a quantidade de hélio do núcleo. Embora o Sol tenha hidrogênio suficiente para bilhões de anos, de acordo com teoria de Hans Albrecht Bethe, sua vida é finita. Segundo o modelo

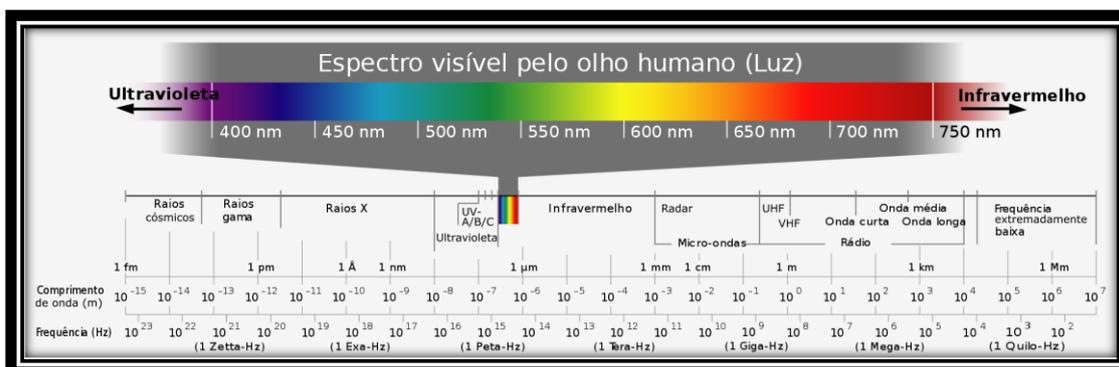
¹⁰ As espículas são componentes da cromosfera solar em forma de jatos de gás com fluxo de massa incandescente (SELHORST, Caius Lucius, 2003).

¹¹ É muito perigoso olhar diretamente para o Sol, para estudar as características dele, os astrônomos usam filtros especiais. Na antiguidade alguns astrônomos observadores ficaram cegos.

de evolução estelar, daqui a 1,1 bilhões de anos, o brilho do Sol aumentará em 10%, uma das consequências será elevar a temperatura da Terra e aumentar o vapor de água atmosférica, causando efeito estufa. Esta evolução prosseguirá aumentando e também o calor aqui na Terra, modificando totalmente as condições atuais. Quando o hidrogênio do núcleo terminar, o Sol evolucionará para uma estrela gigante vermelha e perderá parte de sua massa, se afastará da Terra e se aproximará de Marte. A redução da massa do Sol, o transformará em uma estrela anã branca, segundo os astrofísicos, este é o estágio final de uma estrela, isto quer dizer, o Sol estará próximo da “morte”. Nesta fase ele estará aproximadamente a 1,85 UA da Terra (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004).

VII) Vento solar, é um fluxo contínuo de partículas emitidas da coroa solar, proveniente da emissão de matéria solar, essa perda é em torno de $10^{-13} M_{\odot}$ por ano. As injeções coronais de massa são bolhas de gás quente, em forma de plasma, aquecidas pelos campos magnéticos do Sol. As partículas presentes no vento solar que chegam até a Terra são retidas pelo campo magnético terrestre, elas são desviadas para uma barreira chamada Cinturão Van Allen, situada na magnetosfera terrestre, só chegando até a Terra as que penetram pelos polos, assunto que será discutido em seção específica.

Figura 26: Espectro eletromagnético de diversos comprimentos de ondas, radiações ultra violetas (UV-A, UV-B e UV-C). Faixa de onda da luz visível 350nm ($350 \times 10^{-9}m$).



Fonte: Wikipédia.

VIII) Da radiação solar, que chega até a Terra, a radiação ultravioleta (mais alta que o violeta) tem comprimento de onda menor do que a radiação visível, normalmente dividida em três faixas: UV-B, UV-B e UV-C. A UV-B tem comprimento de ondas entre 2 900 e 3 200Å¹², esta faixa de onda radioativa é a mais perigosa que chega até nós e demais seres vivos, Figura 26. O ozônio (O_3) atmosférico e o oxigênio molecular (O_2) e o nitrogênio (N), se constituem mecanismos de proteção, para os seres vivos da superfície terrestre, desses componentes nocivos da radiação solar. Estudos têm constatado um buraco na camada de ozônio sobre a Antártica, sendo um motivo de preocupação para a comunidade científica, pois se o aumento do buraco for confirmado, poderá

¹² Angström ($1\text{Å} = 10^{-10}m$). A velocidade da luz é $c = 299\,792,458\text{ km/s}$.

haver elevado aparecimento de câncer de pele e catarata nas vistas dos habitantes (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004).

PLANETAS

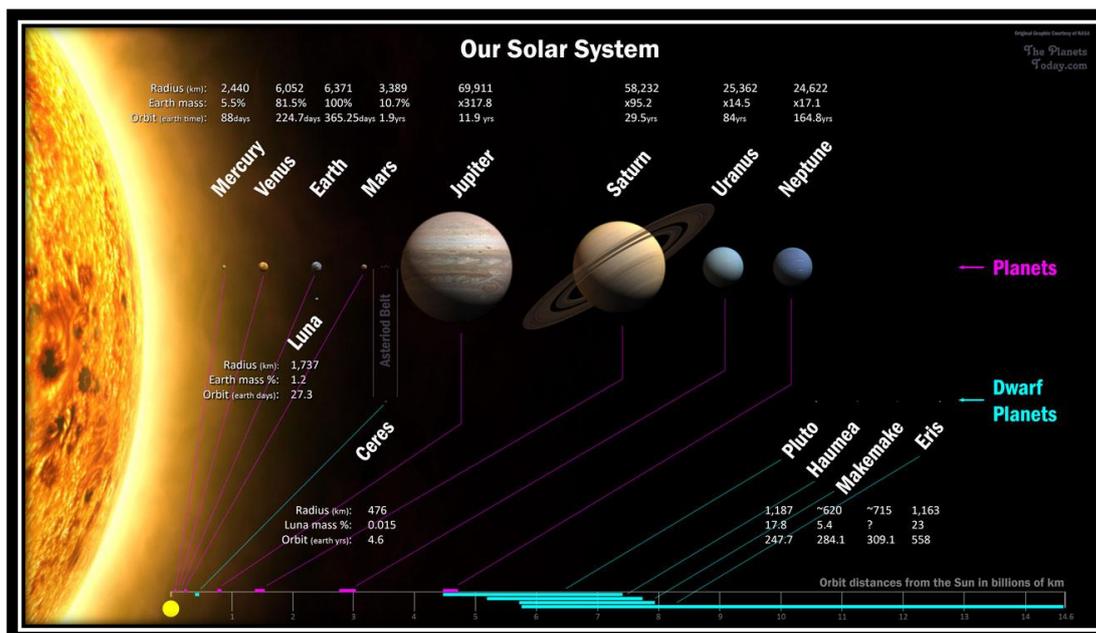
17) Qual a definição de planeta, segundo a IAU?

18) Qual o planeta mais quente do Sistema Solar?

19) Todos os planetas do Sistema Solar giram no mesmo sentido?

A estrutura interna dos planetas depende de certos parâmetros físicos, como: composição química, temperatura, densidade, etc. variando conforme seu raio. Em geral a pressão aumenta próximo ao seu centro e a temperatura também aumenta. O aumento da pressão ocorre devido ao calor liberado no centro do planeta por decaimento de elementos radioativos. A técnica usada para estudar a estrutura interna dos planetas é a medida de ondas sísmicas. Até o momento esse método só foi usado para estudar a Terra e a Lua. A temperatura dos planetas do Sistema Solar é influenciada pela distância do Sol (Figura 27).

Figura 27: Ilustração do Sistema Solar com oito planetas clássicos e cinco planetas anões, não estão inclusos os cinturões de asteroides (imagens fora de escala).



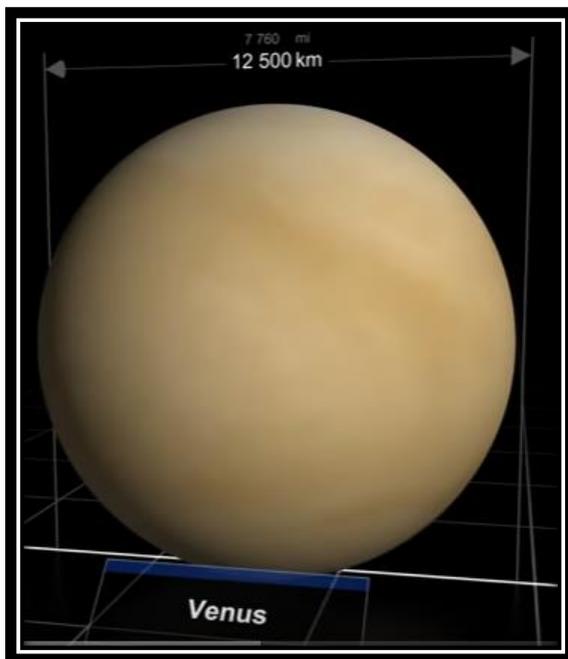
Fonte: Site The Planets Today.

O Sistema Solar tem oito planetas clássicos, divididos em telúricos (os terrestres) e jovianos (os gasosos). Os telúricos são os quatro planetas mais próximos do Sol (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte), compostos por rochas e metais e têm atmosferas pouco espessas e os jovianos são os quatro mais distantes, os gasosos (Júpiter, Saturno, Urano e Netuno). A atmosfera dos planetas rochosos evoluiu pelo escape dos gases leves, as reações entre gases atmosféricos e a superfície modificaram substancialmente sua atmosfera primitiva, por outro lado, os gasosos tiveram pouca evolução e mantêm, praticamente, os mesmos gases da atmosfera primitiva. De maneira bem sucinta, serão apresentados alguns

dados dos oito planetas do sistema solar, estas informações são, apenas, para efeito de comparação com o planeta Terra e de alguma das suas características.

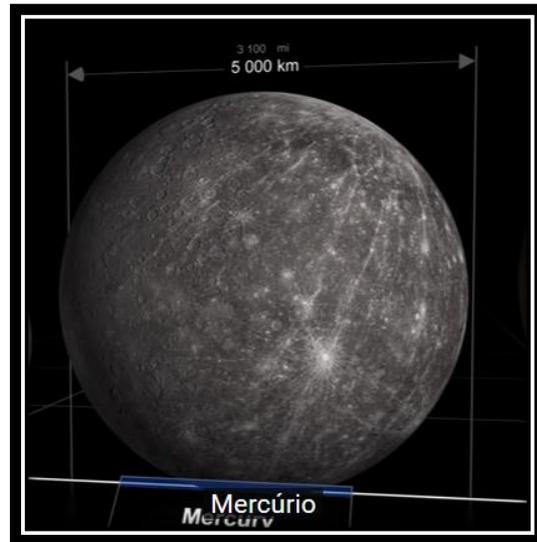
a) Mercúrio é o planeta mais próximo do Sol, sua distância média é, aproximadamente, 0,39 UA (57.910.000 km). Em virtude de sua órbita ser interna, em relação à Terra, sua observação torna-se mais difícil. Ele possui massa de $0,6 M_T^{13}$ ($3,285 \times 10^{23}$ kg), sua temperatura média é de $186,85^\circ \text{C}$. Sua volta em torno do Sol (período de revolução) é de, aproximadamente, 87,9 dias terrestres (dT) e dá uma volta em torno de seu próprio eixo (período de rotação) em 58,6 dT . Sua gravidade é de $3,7 \text{ m/s}^2$, velocidade de escape de: $4,3 \text{ km/s}$ e albedo 0,142 (Bond). Albedo é a medida da taxa luminosidade que um corpo reflete para o espaço, o albedo é medido com base na concepção de

Figura 29: Vênus (segundo planeta do Sistema Solar), raio 6.051,8 km.



Fonte: Youtube.

Figura 28: Mercúrio primeiro planeta do sistema solar, raio 2.439,7 km.



Fonte: Youtube.

George Phillips Bond (Bond), albedo geométrico é a razão entre seu brilho real e seu ângulo de fase de um disco plano real.

b) Vênus (o segundo planeta em relação ao Sol), está a uma distância de, aproximadamente, 0,72 UA (104.200.000 km). É um dos planetas próximos à Terra, seu período de revolução é de 224,7 dT e seu período de rotação é de -243,0 dT (o sinal negativo é para informar que seu período é retrógrado). Sua massa é de: $0,8 M_T$ ($4,867 \times 10^{24}$ kg), temperatura média 471°C ; devido ao efeito estufa, a gravidade é de $8,87 \text{ m/s}^2$, velocidade de escape de: $10,4 \text{ km/s}$ e albedo 0,90 (Bond). Na antiguidade o planeta Vênus era confundido com uma estrela, porque antes da alvorada e depois do ocaso

¹³ M_T Massa da Terra

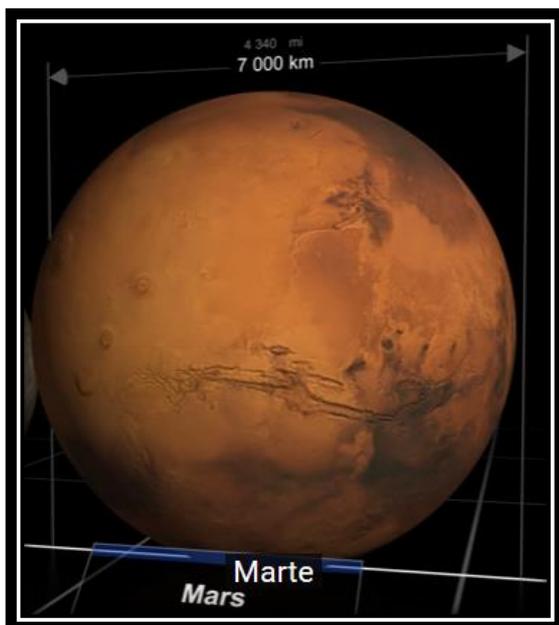
seu brilho é máximo, em decorrência dessa característica já foi nomeado de estrela da manhã (estrela d'alva) e estrela da tarde (vésper).

c) Terra o terceiro planeta em relação ao Sol, está a uma distância de 1UA (146.600.000 km). É o único planeta que até o momento têm comprovação da existência de vida na forma complexa. Pesquisas têm levantado a hipótese da existência de micro-organismos fora da Terra, toda via são conjecturas bastante preliminares, sem consenso científico ainda. O raio da Terra é de, aproximadamente, 6 378,2 km, massa de $6,0 \times 10^{24} kg$ e temperatura média $14^\circ C$. Seu período de revolução (Translação) 365,26 dias e período de rotação $23^h 56^m$, aceleração da gravidade $9,78 m/s^2$, a velocidade de escape é de $11,2 km/s$ e o albedo 0,306 (Bond).

d) Marte é o quarto planeta em relação ao Sol, está a uma distância de, aproximadamente, 1,52UA (227.940.000 km). É o segundo planeta relativamente próximo à Terra, seu período de revolução é de 686,98 dT e seu período de rotação é de $24^h 37^m$. Tem massa de $0,107 M_T$ ($3,039 \times 10^{23} kg$), temperatura média de $-63^\circ C$, o período de rotação é de $23^h 37^m$, aceleração de gravidade $3,7 m/s^2$ e velocidade de escape $5,0 km/s$, com albedo de 0,17 (Bond).

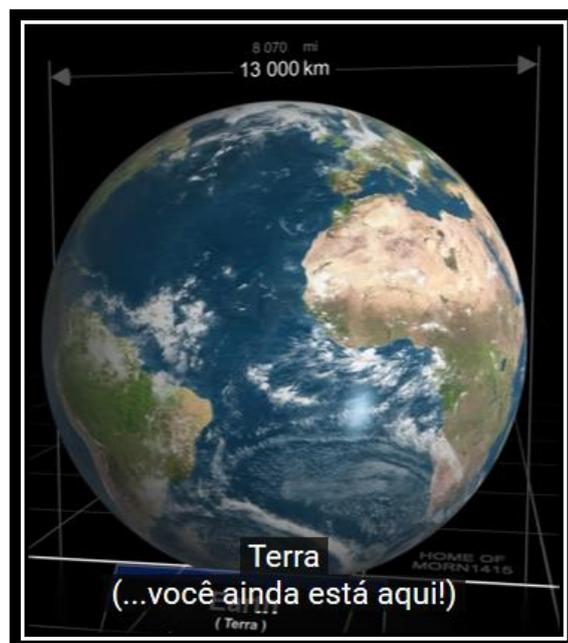
e) Júpiter (o quinto planeta em relação ao Sol), está a uma distância de, aproximadamente, 5,2 UA (778.330.000 km). Seu período de revolução é de 11,86 anos terrestres (aT) e período de rotação de: $9^h 48^m$. Massa de $317,9 M_T$ ($1,898 \times 10^{27} kg$), temperatura média $-108^\circ C$, aceleração da gravidade $24,79 m/s^2$ e velocidade de escape $60,0 km/s$ e albedo 0,43. Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar, tem mais do dobro da massa de todos os planetas

Figura 30: Marte (quarto planeta do Sistema Solar), raio 3.389,50 km.



Fonte: Youtube.

Figura 31: Terra (terceiro planeta do Sistema Solar), raio 6.371,0 km



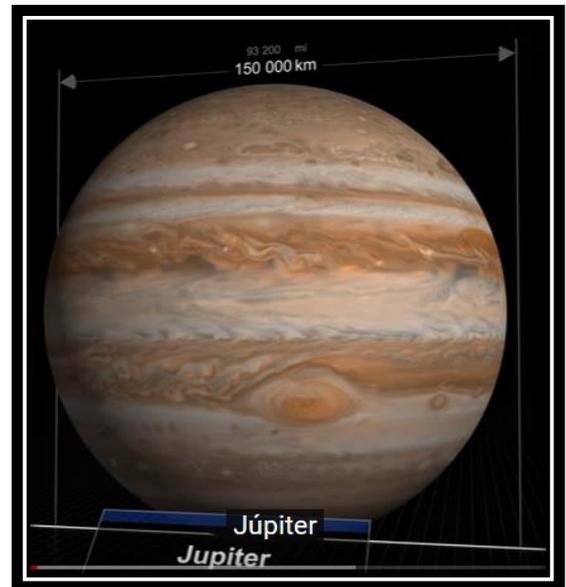
Fonte: Youtube.

juntos. Estudos indicam que Júpiter contribuiu para a estabilidade e atual configuração planetária durante a formação do Sistema Solar.

d) Saturno (o sexto planeta em relação ao Sol), a uma distância de, aproximadamente, 9,54 UA (1.429.400.000 km), período de revolução é de 29,46 aT e período de rotação de: $10^h 12^m$. Sua massa é $95,2 M_T$ ($5,683 \times 10^{26}$ kg), temperatura máxima -139 °C, aceleração da gravidade $10,4 m/s^2$, velocidade de escape $35,4 km/s$ e albedo 0,34.

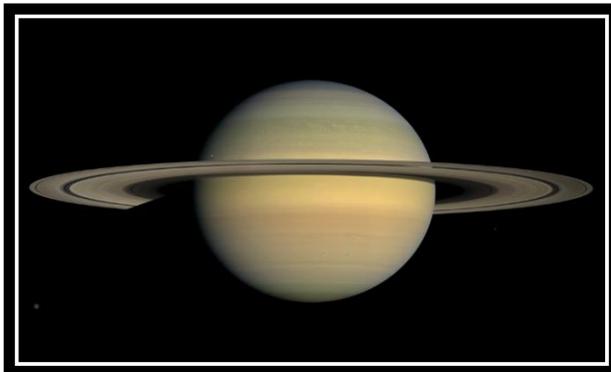
e) Urano (o sétimo planeta em relação ao Sol), a uma distância de, aproximadamente, 19,18 UA (2.870.990.000 km), período de revolução é de 84,04 aT e período de rotação de: $-17^h 54^m$. Tem massa de $14,6 M_T$ ($8,861 \times 10^{25}$ kg), temperatura média -220 °C, aceleração da gravidade $8,69 m/s^2$ e velocidade de escape $21,4 km/s$ e albedo 0,30.

Figura 32: Júpiter (quinto planeta do Sistema Solar), raio 69.911 km.



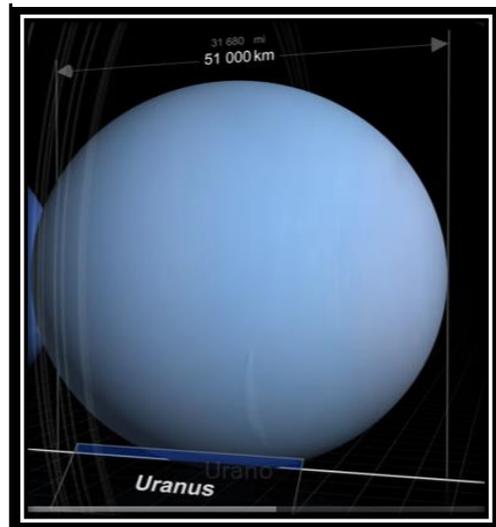
Fonte: Youtube.

Figura 33: Saturno (sexto planeta do Sistema Solar), raio 58.322 km.



Fonte: Site Super Interessante.

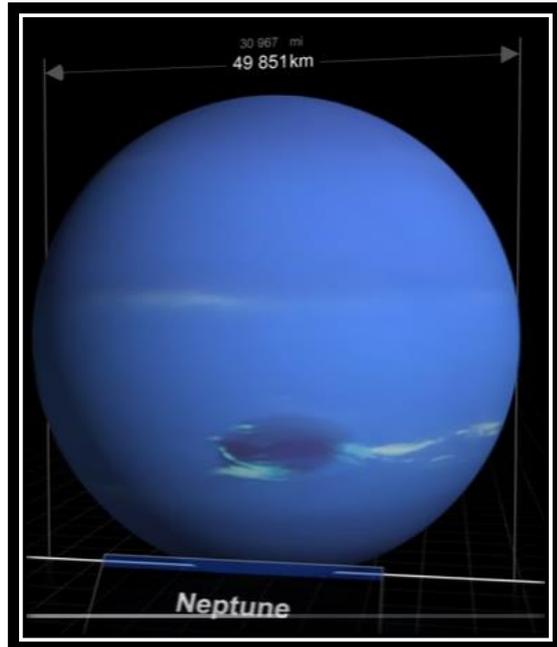
Figura 34: Urano (sétimo planeta do Sistema Solar), raio 25.362 km.



Fonte: Youtube.

f) Netuno (o oitavo planeta em relação ao Sol), a uma distância de, aproximadamente, 30,06 UA (4.504.300.000 km), período de revolução é de 164,8 aT e período de rotação $19^h 06^m$. Com massa de $17,2 M_T$ ($1,024 \times 10^{26}$ kg.), temperatura máxima $-220 \text{ }^\circ\text{C}$, aceleração da gravidade $11,15 \text{ m/s}^2$ e velocidade de escape $24,0 \text{ km/s}$ e albedo 0,29 (Bond) (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; MADEJSKY, 2014).

Figura 35: Netuno (oitavo planeta do Sistema Solar), raio 24.622 km.



Fonte: Youtube.

PLANETAS ANÕES

20) O que diferencia um planeta clássico de um planeta anão, segundo os critérios da IAU?

No Sistema Solar existe outra classe de planetas denominados planetas anões (Júpiter, Ceres, Eris, Makemake, Haumea) pelos critérios da União Astronômica Internacional (IAU) estes corpos celestes não se enquadram na categoria de planeta clássico. Os planetas anões representam uma nova classificação de pequenos planetas decidida em Assembleia da IAU, após esta decisão, Plutão e mais quatro objetos foram incluídos na classificação de planetas anões. Destes, Plutão foi o primeiro a ser descoberto. Inicialmente, era considerado um planeta, contudo com a nova definição da IAU, foi reclassificado. Em virtude dessa inusitada mudança já temos cinco planetas anões, dentre estes, Plutão. Planeta anão será o assunto abordado nesta seção.

Figura 36: Plutão (planeta anão maior objeto do cinturão Kaiper) raio 1.188,3 km e massa $1,305 \times 10^{22}$ kg, está a 5.913.520.000 km do Sol.



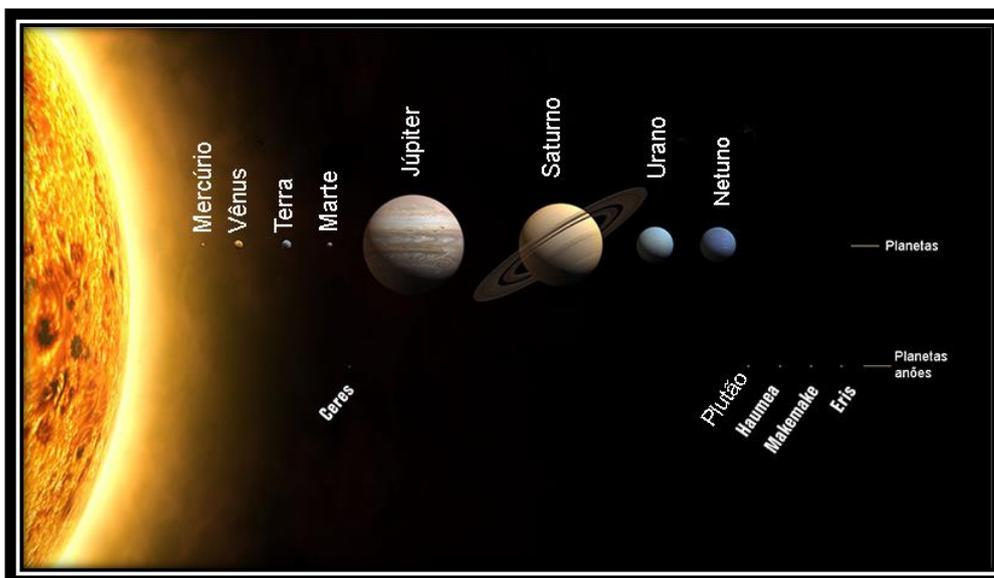
Fonte: Wikipédia.

Plutão foi descoberto em 1930, até 24 de agosto de 2006 era considerado o menor e mais distante planeta do Sistema Solar, mas na 26ª assembleia da IAU foi decidido que Plutão seria classificado como planeta anão, por não atender aos requisitos exigidos dos planetas clássicos. Nessa ocasião a IAU definiu novas

regras para que um corpo celeste seja considerado um planeta: ele deve estar em órbita em torno do Sol, ter massa suficiente para que sua própria gravidade supere as forças de corpo rígido, dando-lhe equilíbrio hidrostático (tornando-o quase esférico), não ser um satélite e ser dominante em sua órbita. Baseado nestes critérios Plutão foi reclassificado.

Plutão é menor que todos os planetas do Sistema Solar, no entanto, tem cinco satélites naturais (luas), Caronte, Nix, Hidra, Estige e Cérbero. Caronte, tem a metade do tamanho de Plutão, alguns astrônomos consideram o sistema formado por Plutão e Caronte planeta binário, dado que, o centro de massa do Sistema está fora de Plutão. Após a definição dos novos critérios de classificação, pela IAU, outros corpos celestes ganharam status de planeta anão, e até então no Sistema Solar temos, além de Plutão, mais quatro planetas anões. Ceres, Haumea, Makemake e Eris, no cinturão de Kuiper, os três últimos estão além da órbita de Netuno, são denominados Objetos Transnetunianos. O planeta anão Ceres está localizado no cinturão principal de asteroide entre Marte e Plutão, inicialmente, Ceres foi considerado um asteroide (o tema asteroide será tratado em seção específica). A Figura 37 é uma ilustração representando os planetas clássicos e os planetas anões do Sistema Solar, vale salientar que tal representação não corresponde à real configuração planetária, pois na imagem os planetas estão expostos no mesmo plano e fora de escala (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; MADEJSKY, 2014; WIKIPÉDIA).

Figura 37: Representação do Sistema Solar com inclusão dos cinco planetas anões.



Fonte: Site The Planets Today.

EXOPLANETAS

20) O que é um exoplaneta?

A exploração de corpos fora do Sistema Solar são atividades realizadas pela a Astrofísica, projetos das agências ESO, NASA e ESA. Graças às novas tecnologias os astrofísicos têm se dedicado a estudar regiões profundas que ultrapassam nosso sistema solar, os elementos estudados que têm contribuído para a compreensão do universo são os exoplanetas. Exoplanetas são planetas que orbitam estrelas que não são o Sol, ou que orbitam um remanescente estelar. A associação das áreas de conhecimentos Astronomia e as ciências afins tem implementado diversas teorias para explorar o espaço, na tentativa descobrir novos sistemas planetários, fora dos domínios do Sol.

Figura 38: HD 100546 b é um potencial exoplaneta gasoso em formação, foi observado pelo Very Large Telescope (VLT), está a 335 anos-luz.



Fonte: Youtube.

A evidência da possibilidade da existência de planetas fora do Sistema Solar foi em 1917 registrado no Observatório de Monte Wilson, mas naquela ocasião o espectro de tal corpo foi interpretado como sendo de uma estrela. Pesquisas prosseguiram na direção da obtenção de mais informações sobre estes estranhos fenômenos, contudo, o primeiro exoplaneta foi confirmado em 1992 pelos astrônomos Aleksander Wolszczan e Dale Frail, eles detectaram dois planetas orbitando um pulsar (estrela de neutro) PSR B1257 +12. Acredita-se que tenham sido formados em decorrência da explosão de supernovas que produziram o pulsar.

O primeiro exoplaneta definitivamente descoberto foi em 6 de outubro de 1995, por Michel Mayor e Didier Queloz, da Universidade de Genebra, ganhadores do Prêmio Nobel de Física de 2019. Eles descobriram o exoplaneta 51 Pegasi b, orbitando a estrela 51 Pegasi a, aproximadamente, 50 anos-luz ($1AL = 9,46 \times 10^{12} km$) da Terra. Desde então, missões espaciais têm sido programadas com o propósito de detectar mais alguns exoplanetas, um dos projetos desta natureza foi a Missão Kepler Iniciado pela NASA em 2009. Do ponto de vista das novas descobertas a missão foi exitosa, pois até 2013 já havia sido detectado, aproximadamente, 4000 exoplanetas. E no ano de 2015 já era confirmada a descoberta de mais de 1915 planetas, com vinte vezes a massa de Júpiter ($M < 20 M_J$), orbitando outras estrelas, e este número só tem crescido.

Pesquisadores têm observado um exoplaneta em formação ainda escondido em seu espesso disco de gás e poeira, presume-se que o fenômeno foi observado pelo VLT (Very Large Telescope). Uma equipe internacional liderada por Sascha Quanz (ETH Zurich, Suíça) tem estudado o disco de gás e poeira em torno da jovem estrela HD100546, uma das estrelas localizadas, relativamente, perto de 335 anos-luz. Este planeta é um potencial gigante gasoso semelhante a Júpiter. As evidências indicam que um protoplaneta está se formando, até o momento os pesquisadores o nomearam de HD100546 b.

Os critérios para classificar a massa e o tamanho devem ser os mesmos usados para planetas do Sistema Solar. As técnicas usadas para detectá-los são diversas: método de imageamento, método atmosférico, etc., mas o método que tem dado melhor resultado é o de efeito Doppler, pela medida da perturbação gravitacional que os exoplanetas causam em suas estrelas centrais. O interesse das pesquisas com o propósito de detectar exoplanetas, proporciona relevância do ponto de vista prático e teórico, que vai desde de elaboração de resposta da origem do universo à possibilidade de estabelecer colônia de humanos além do Sistema Solar. É evidente que tal probabilidade, para os recursos tecnológicos espaciais disponíveis ainda é remota, pois acredita-se que os limites do Sistema Solar ultrapassam a nuvem de Oort a 50 000 UA, isto é, cinquenta mil vezes a distância da Terra ao Sol. Portanto, uma missão tripulada com intenção de explorar um exoplaneta, com características iguais ou próximas da Terra, só seria possível, se estivesse, relativamente, próximo às fronteiras do Sistema Solar, em veículo espacial com capacidade de desenvolver altíssima velocidade (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; MADEJSKY, 2014).

CAPITULO 3

OS MOVIMENTOS DA TERRA (Rotação, Revolução, Precessão e Nutação)

- 21) O que é movimento aparente da Terra?
- 22) Qual a diferença entre um ano tropical e um ano vernal?
- 23) Qual a diferença em dias, em horas, minutos e segundos entre um ano tropical e um ano vernal?
- 24) O que é equinócio e solstício?
- 25) Quais as principais causas das estações do ano?
- 26) As estações do ano são iguais em todo o globo terrestre?

A percepção da medida do tempo é baseada no movimento aparente dos astros que compõem o Sistema Solar. Dentre as unidades de tempo, as mais importantes para organizar nossas vidas são os dias e os anos. Na contagem civil um dia tem 24 horas, incluindo os períodos: diurno e noturno, correspondendo ao amanhecer e anoitecer, baseado no movimento completo da Terra em torno do seu próprio eixo, um ano tem aproximadamente 365 ou 366 dias, se o ano for bissexto¹⁴, essa quantidade de dias está relacionada a uma volta completa do nosso planeta em torno do Sol.

Pesquisas realizadas pelos astrônomos e astroarqueólogos têm admitido que quantificar e organizar um calendário não é uma tarefa tão simples como aparenta. O calendário que atende às necessidades culturais civis e religiosas está direta ou indiretamente relacionado os movimentos dos astros, em particular aos movimentos da Terra, os principais são: rotação, movimento em torno do seu próprio eixo; translação, movimento em torno o Sol, precessão e nutação (Este é um movimento referente ao deslocamento e a pequenas oscilações, do eixo da Terra).

O movimento aparente diurno dos astros é de leste para o oeste, no caso do Sol, ele surge no lado leste e oculta-se no lado oeste do horizonte, estes movimentos são chamados de nascer e ocaso. Essa medida temporal é baseada na rotação da Terra, dividido em tempo solar, tempo sideral, entre outros. O tempo solar e o tempo sideral não se coincidem, o solar é baseado no tempo aparente do Sol e o sideral no movimento aparente do ponto vernal¹⁵. Um dia solar é chamado de dia médio e tem 24^h 00^m 00^s (dia civil), já o dia sideral tem 23^h 56^m 04^s, sendo ligeiramente menor.

A contagem dos anos tem relação com o movimento orbital da Terra, está dividido também em tempo sideral e solar. Um ano sideral é o período de revolução da Terra em torno do Sol com relação às estrelas e tem 365,2564 dias

¹⁴ Sexto dia antes das calendae de março (*ante diem bis Kalendas Martias*)

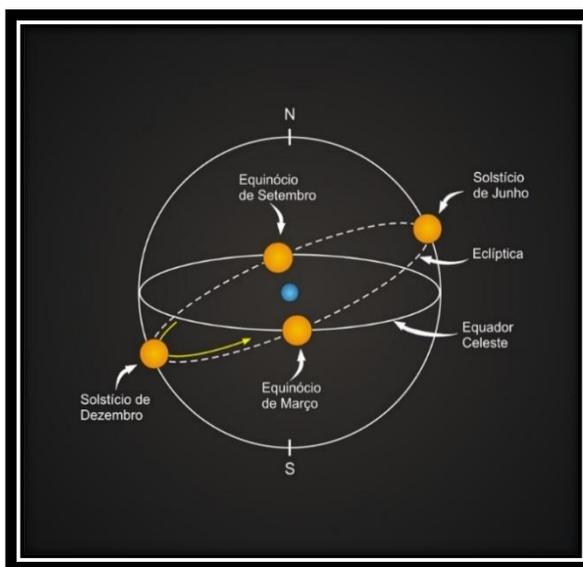
¹⁵ Ponto Vernal é o ponto imaginário de intercepção do equador celeste com eclíptica (trajetória aparente do Sol). São dois os pontos vernais, o de Áries (Equinócio de Outono, 21 de março) e de Libra (Equinócio de Primavera, 23 de setembro). No hemisfério sul.

médio, ou $365^d 6^h 9^m 10^s$. Contudo, Um ano tropical¹⁶ é o período de revolução da Terra em torno do Sol com relação ao início da estação do ano (Equinócio Vernal) e tem $365,2422$ dias médios, ou $365^d 5^h 48^m 46^s$. Em virtude, do movimento de precessão o tempo tropical é menor. A fração $0,2564$ de dias são somados, ao completar, aproximadamente, 24 horas, ou um dia civil, é acrescentado mais um dia ao ano, formando um ano bissexto com 366 dias, essa alteração ocorre a cada quatro anos.

São notáveis recursos de aplicativos em diversas plataformas digitais acessíveis aos estudantes e ao público em geral, para informar, diariamente, as condições do tempo (se o dia será de chuva ou de sol). Contudo, ainda é possível algumas pessoas acreditarem que as estações do ano estão diretamente relacionadas à distância entre o Sol e a Terra, isto é, quando a Terra passa pelo periélio e pelo afélio. Para reforçar este equívoco, alguns livros didáticos representam a elipse, da trajetória da Terra em torno do Sol, com a excentricidade exagerada, sem acrescentar alguma observação, para evitar que o estudante seja induzido ao erro.

Independente que a órbita da Terra seja uma elipse, sua excentricidade é de $0,0167$, esse valor contribui para uma variação, da distância entre a Terra e o Sol, de apenas, aproximadamente, 3%. Vale salientar que, o planeta Terra está mais próximo do Sol no mês de janeiro, lembrando que neste mesmo período o hemisfério norte também está próximo ao Sol e não obstante, nesta mesma época, lá é inverno. A causa principal das estações do ano é a inclinação do eixo de rotação da Terra com relação a sua órbita. Essa inclinação é chamada de obliquidade da elipse, cujo valor é $23^{\circ} 27'$. Os

Figura 39: Eclíptica representando a trajetória aparente do Sol, em março e setembro o Sol cruza a linha do equador.



Fonte: Site IF UFRGS.

pontos de intersecção entre eclíptica e o equador são chamados de pontos versais (pontos de Áries e pontos de Libra), eles representam os equinócios de outono no HS e de primavera no HN¹⁷, é a passagem do Sol de um hemisfério celeste para outro, nesta época, raio do Sol incide, diretamente, no equador, iluminando os dois hemisférios igualmente, com a mesma distribuição luminosa.

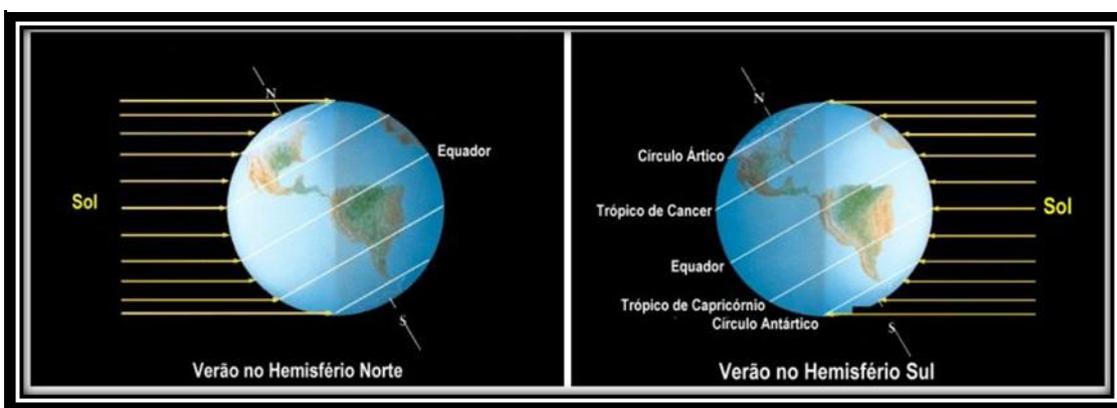
¹⁶ O ano tropical tem por base os trópicos. Os números do calendário não são exatamente rigorosos e eternamente imutáveis, por causa dos movimentos da terra, depois de algum tempo há necessidade de reforma, a último foi em 1582 pelo Papa Gregório III, suprimindo 10 dias do mês de outubro.

¹⁷ Hemisfério Sul (HS) e Hemisfério Norte (HN).

A Figura 39 é uma representação do plano da eclíptica (linha tracejada) e do plano do equador (linha cheia).

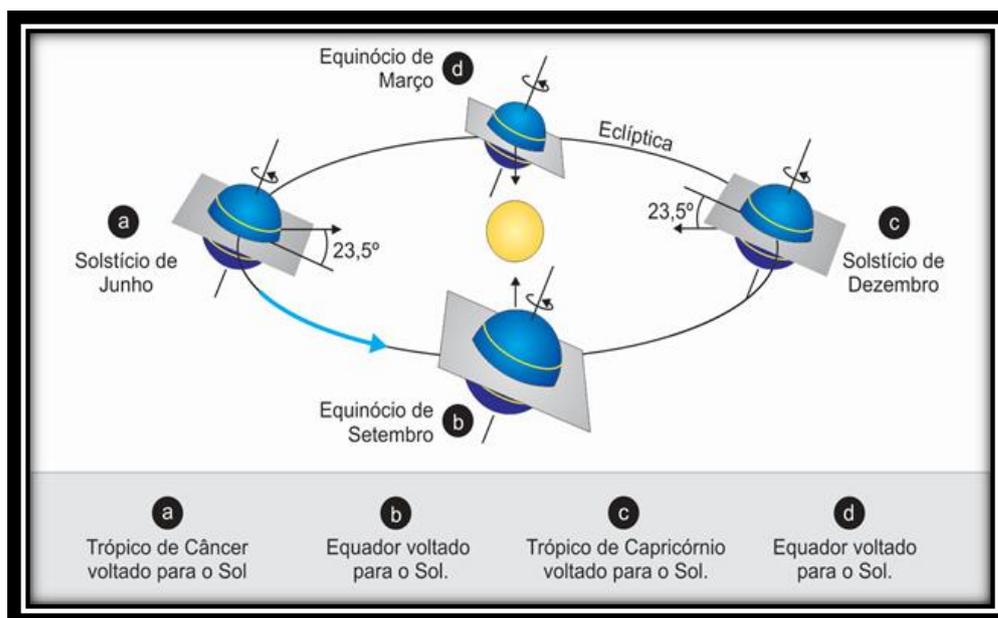
Na passagem do Sol nos trópicos de capricórnio e de câncer, que é a máxima declinação, temos os solstícios de verão, sendo Graças à inclinação, entre a eclíptica e o equador, a medida que a Terra orbita em torno do Sol, os raios solares incidem mais em um hemisfério que em outro, em determinada época do ano. Quando o hemisfério norte está voltado para o Sol, este é mais aquecido numa certa época do ano que o hemisfério sul. A Terra continua no seu movimento de revolução, o hemisfério sul é que se volta para o Sol e, conseqüentemente, fica mais aquecido que o hemisfério norte, já é outra época do ano, conforme Figura 40.

Figura 40: Representação da incidência dos raios do Sol, nos hemisférios norte e sul.



Fonte: Site IF UFRGS.

Figura 41: Representação do movimento de revolução da Terra em torno do Sol e a inclinação da eclíptica com o plano do equador.



Fonte: Site Brasil Escola.

Quando o Sol está posicionando no seu limite máximo, isto é máxima declinação, em relação a linha do equador, no norte ou no sul ocorre o solstício. Este fenômeno ocorre em duas épocas do ano, junho e dezembro, quando a incidência é máxima em um hemisfério ocorre o solstício de verão e quando a incidência é menor ocorre solstício de inverno, nesta época do ano as noites são mais longas que os dias. Por outro lado, as estações do ano, no equador, são bem parecidas, visto que, a altura do Sol nesta região muda muito pouco ao longo do ano. Ao passo que, ao se afastar, em direção aos trópicos, as estações ficam mais distintas. A translação da Terra em torno do Sol e obliquidade diferente de zero, isto é, a inclinação do plano orbital, são o conjunto de fatores que permitem a existência de diferentes estações do ano na Terra (Figura 41).

Figura 42: Resumo dos principais eventos do início das estações do ano, solstícios e equinócios dos HN e HS.

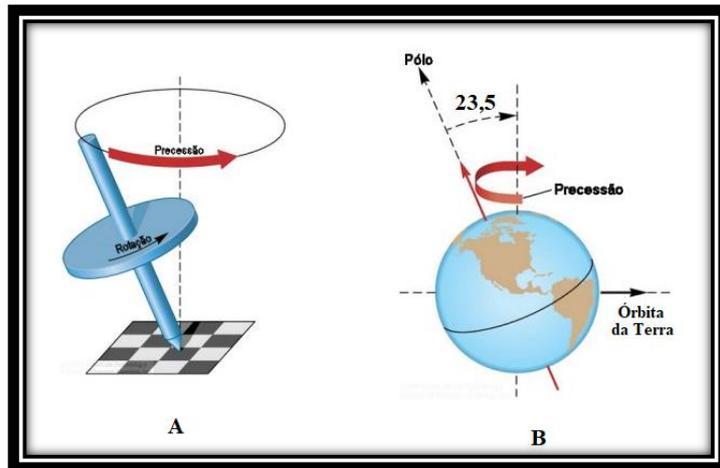
Hemisfério Norte (HN)	Hemisfério Sul (HS)
SOLSTÍCIO DE VERÃO	SOLSTÍCIO DE INVERNO
a) Iniciado entre 20 e 21 de junho, nesta época do ano o Sol incide, perpendicularmente, sobre o trópico de câncer e tem um dia caracterizado como o mais longo do ano, no polo norte, o Sol está sempre acima do horizonte (24h de dia).	a) Iniciado entre 20 e 21 de junho, nesta época do ano o Sol incide, perpendicularmente, sobre o trópico de câncer e tem um dia caracterizado como o mais curto do ano, no polo sul o Sol sempre abaixo do horizonte (24h de noite).
b) Iniciado entre 20 e 21 de dezembro, nesta época do ano o Sol incide, perpendicularmente, sobre o trópico de capricórnio e tem como característica um dia claro mais curto do ano (no polo norte noite de 24h).	b) Iniciado entre 20 e 21 de dezembro, nesta época do ano o Sol incide, perpendicularmente, sobre o trópico de capricórnio e tem como característica um dia claro mais longo do ano (no polo sul dia claro de 24h).
EQUINÓCIO DE PRIMAVERA	EQUINÓCIO DE OUTONO
c) Iniciado entre 20 e 21 de março (o Sol cruza o equador celeste indo do HS para o HN). Os dois hemisférios são iluminados, igualmente, tem como característica um dia claro e a noite dura 12h, em toda a Terra (nos polos 24h de crepúsculo).	c) Iniciado entre 20 e 21 de março o Sol cruza o equador celeste indo do HS para o HN. Os dois hemisférios são iluminados, igualmente, tem como característica um dia claro e a noite dura 12h, em toda a Terra (nos polos 24h de crepúsculo).
d) Iniciado entre 22 e 23 de setembro o Sol cruza o equador celeste indo do HN para o HS. Os dois hemisférios são iluminados, igualmente, tem como característica um dia claro e a noite dura 12h, em toda a Terra (nos polos 24h de crepúsculo).	d) Iniciado entre 22 e 23 de setembro (o Sol cruza o equador celeste indo do HN para o HS), os dois hemisférios são iluminados, igualmente, tem como característica um dia claro e a noite dura 12h, em toda a Terra (nos polos 24h de crepúsculo).

Fonte: Site Brasil Escola.

Na figura 42 apresentamos um quadro com o resumo dos principais eventos que marcam o início das estações do ano, e algumas de suas características. Cada evento tem relação com a incidência dos raios solares e com a inclinação da Terra em relação seu eixo de rotação.

A Terra não é uma esfera perfeita, é achatada nos polos e bojuda no equador. Para determinar a posição dos astros, na esfera celeste, dois planos imaginários são definidos. Um plano intercepta o plano do equador, perpendicular ao eixo de rotação e o outro é o plano da eclíptica com inclinação oblíqua de $23^{\circ} 27'$, em relação ao equador e esta, por sua vez, está inclinada $5^{\circ} 8'$ em relação ao plano da Lua. A eclíptica é a projeção sobre a esfera

Figura 41: Representação do movimento de precessão da Terra. A imagem A é uma ideia alusiva ao movimento de um peão e a imagem B são os eixos de rotação, do movimento e da eclíptica (imagem modificada).



Fonte: Site Astro IF UFRGS.

observado a partir da Terra. As forças diferenciais do Sol, da Lua, na Terra, além da força de maré causa um movimento de precessão da Terra. Em virtude do seu movimento o eixo de rotação da Terra não se alinha com o eixo da eclíptica, sendo precessionado em torno dele. Esse movimento tem semelhança com o movimento de um pião, girando pressionando em torno do eixo vertical.

Precessão é uma força diferencial que produz um torque¹⁸ tendendo alinhar o eixo de rotação da Terra com a eclíptica, mas como o torque é perpendicular ao momentum angular de rotação da Terra, o efeito resultante é mudar a direção do eixo de rotação, sem alterar sua inclinação (Figura 43). A consequência é, a mudança dos polos celestes, forçando cada polo a se mover, lentamente, em torno do polo da eclíptica, descrevendo uma circunferência. O tempo necessário para descrever uma volta completa é de 25.770 anos. Estudos têm observado certos movimentos periódicos não circulares do polo da Terra em torno do polo da eclíptica. Tais movimentos são, aproximadamente, oscilantes, isto é, apresentam regulares de amplitudes máximas. Esta oscilação é chamada de natação e tem período de 18,613 anos. Estudos indicam que a provável causa do movimento de natação é devido a pequenas variações na inclinação do eixo da Lua e pelo deslocamento dos nodos¹⁹ da órbita. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; WIKIPÉDIA).

MAGNETOSFERA

27) O que é vento solar?

28) Como a Terra é protegida dos efeitos nocivos do vento solar?

¹⁸ Torque, ou momento angular, é uma grandeza vetorial associada a uma força que produz rotação num corpo ($\tau = \vec{r} \times \vec{F}$).

¹⁹ Explicação de nodos no capítulo 4 a seção eclipse

A magnetosfera é o escudo que protege o planeta do vento de partículas que vem do Sol. A Terra tem um grande campo magnético intrínseco, estudos indicam que esse campo magnético é produzido por correntes elétricas nas ligas de ferro condutoras de seu núcleo, a convecção em virtude do calor que emana do núcleo²⁰ é responsável pelo surgimento do campo magnético, com momento magnético de: $7,91 \times 10^{15} T \cdot m^3$. O campo magnético da Terra abrange grande distância, forma um invólucro protetor denominado magnetosfera e funciona como um escudo, protegendo a Terra do vento solar. A magnetosfera é uma região situada acima da ionosfera, na qual controla a emissão de partículas carregadas procedentes do Sol. A magnetosfera preenche um espaço em torno do planeta barrando o vento solar. A atmosfera e a ionosfera do planeta, numa região espacial denominada magnetopausa, consiste numa região espacial de interação entre o vento solar e o corpo planetário (Figura 44).

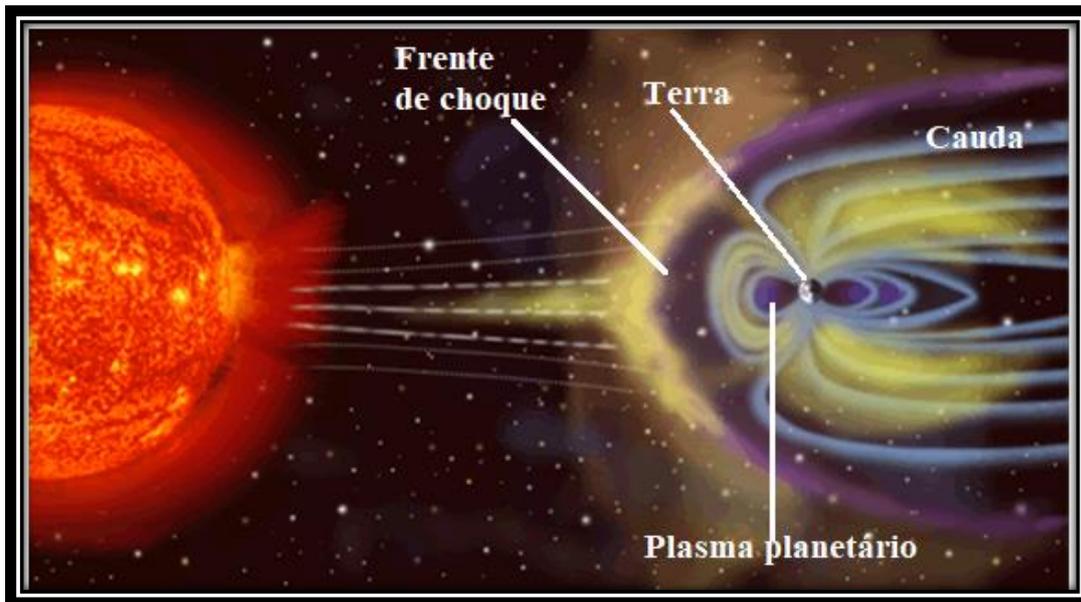
O vento solar viaja na região interplanetária a uma velocidade de, aproximadamente, 400 km/s, é considerado um plasma altamente condutor, como a energia cinética é maior que a energia magnética ocorre uma espécie de “congelamento” no plasma. Quando o vento solar encontra um obstáculo eletromagnético ele não penetra porque é desacelerado, sendo refletido em torno do escudo protetor. O vento solar se move mais rápido que a onda de depressão necessária para defletir-lo e uma onda de choque se forma à frente das cavidades magnetosféricas. A região intermediária entre a zona de choque do vento solar e a magnetopausa é chamada de magnetobainha. A magnetopausa se constitui de uma camada limitante entre o plasma planetário e do vento solar, fluindo nele uma corrente elétrica que separa os campos nos lados opostos. O campo magnético planetário é comprimido no lado diurno, região denominada frente de choque e se alonga no lado noturno região da cauda. Na magnetopausa e na magnetobainha o vento solar é desacelerado para velocidade abaixo da velocidade do som.

No lado diurno, lóbulo norte, direção Terra/Sol, a magnetopausa se comprime e se estende em torno de, aproximadamente, 10 a $12 R_T$ é chamada a frente de choque da Terra. No lado noturno, lóbulo sul anti-solar, a magnetosfera se estende numa magnetocauda, a uma distância de, aproximadamente, $100R_T$, com diâmetro de $40R_T$. O plasma magnetosférico terrestre consiste, basicamente, de elétrons e H^+ (hidrogênio excitado), sendo a ionosfera e o vento solar as principais fontes de íons. As regiões dos polos são chamadas de cúspides polares da magnetosfera, onde a configuração geométrica das linhas de campo é divergente e facilita a entrada de partículas do vento solar na magnetosfera (ECHER 2010). As partículas carregadas desviadas pelo campo magnético da Terra são desviadas para o cinturão de Van Allen, porém além dos polos, partículas chegam até o solo penetrando numa região conhecida como Anomalia geométrica do Atlântico Sul.

²⁰ A temperatura do núcleo da Terra varia em torno de 3 000 °C (núcleo externo) a 6 000 °C (núcleo interno).

A magnetosfera pode ser intrínseca para planetas magnetizados, como a Terra e induzidos para planetas não magnetizados, como no caso Vênus e outros. Os planetas magnetizados formam uma magnetosfera no espaço envolvendo o planeta no qual o plasma do vento solar é excluído, controlando o movimento das partículas carregadas. Nos planetas não magnetizados, correntes elétricas fluem através do planeta e do vento solar, criando forças de desaceleração, desviando o fluxo do vento solar incidente (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; ECHER 2010).

Figura 44: Representação da Magnetosfera, escudo protetor do vento solar (imagem modificada).



Fonte: Site IPMA.

CAPITULO 4

SATÉLITES NATURAIS

29) Qual a definição para satélite natural?

Segundo Arthur C. Clarke (1917 – 2008), satélite é um corpo de menor massa orbitando outro corpo de massa maior. Até o século XVII a Lua era o único satélite conhecido. Foi Galileu Galilei que descobriu as quatro luas de Júpiter: Io, Europa, Ganímedes e Calisto. Alguns satélites são maiores do que determinados planetas, como é o caso de Ganímedes (um dos quatro satélites galileanos), ele é o maior satélite do Sistema Solar. Outro exemplo, é Titan (um dos satélites de Saturno), o segundo maior satélite, cujo o raio é de: 2.631 km. Ganímedes e Titan, são maiores que Mercúrio em tamanho (não em massa). Um fenômeno especial, envolvendo a relação entre planeta e seu satélite, é caso de Caronte, satélite de Plutão, pois o diâmetro de Caronte é quase a metade do diâmetro de Plutão. Alguns pesquisadores o chama de astro duplo, dado que o centro de massa do sistema, Plutão-Caronte, está fora do planeta.

Até a primeira viagem espacial poucos satélites eram conhecidos, apenas 24, incluindo a Lua. Após a conquista do espaço, com as novas tecnologias, um número significativo de sondas espaciais têm sido usadas para explorar o Sistema Solar. Tais missões de explorações espaciais descobriram novos satélites e este número só têm aumentado significativamente. Atualmente, já são conhecidos 214 satélites naturais no Sistema Solar. Na Tabela 1, a seguir, temos os satélites conhecidos e seus respectivos planetas.

Tabela 1: Tabela com a quantidade de satélites de cada Planeta. Fonte: Wikipédia.

Planetas	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno
Nº de satélites	0	0	1	2	79	82	27	14
Planetas anões	Ceres	Plutão	Haumea		Makemaka		Éris	
Nº de satélites	0	5	2		1		1	

Fonte: Dados do Wikipédia.

A LUA, O SATÉLITE NATURAL DA TERRA

30) Quais as hipóteses para a formação da Lua?

31) Quantas fases têm a Lua, ao mês? E quais as principais?

A Lua é o satélite natural da Terra e o corpo celeste mais próximo do nosso planeta, está a uma distância média de 384 000 km. Essa distância foi confirmada cronometrando o tempo de ida e de volta da luz de um feixe de laser refletido num espelho colocado na Lua pelos astronautas. A medida da distância Terra-Lua é facilmente comprovada porque já conhecemos a velocidade da luz. A Lua é um satélite natural de tamanho mediano seu raio mede $R_L = 1\,738\text{ km}$ e massa $M_L = 7,35 \times 10^{22}\text{ kg}$.

As datações geológicas indicam que as idades da Lua e da Terra são próximas, levando em consideração as margens de erro, que as mesmas apresentam. Uma das evidências de tal informação é baseada na densidade da Lua, que tem semelhança com o manto terrestre (as conclusões tomam por base as análises das rochas trazidas pelos astronautas que foram à Lua). Há algumas teorias que tentam explicar a formação da Lua. Uma delas é chamada de modelo de fissão, a qual defende a ideia de que a Lua teria sido formada de um material que havia se desprendido da Terra, no momento em que a velocidade rotacional da Terra teria aumentado subitamente, devido à diminuição abrupta do momento de inércia da Terra. Uma outra teoria, chamada de modelo de captura, defende a hipótese de que a Lua teria sido formada em outra região do Sistema Solar e teria sido capturada pela Terra. E a terceira, é a da colisão. Segundo esta hipótese a Lua foi derivada da colisão de um grande asteroide com a Terra há, aproximadamente, 10^8 anos. Nenhuma das teorias citadas é conclusiva, todas deixam algumas lacunas. A teoria da colisão tem conquistado maior adesão entre alguns cientistas.

A órbita da Lua em torno da Terra é de uma volta completa ao longo de um mês, cuja face voltada para o Sol é iluminada. A fração iluminada (área da face) que é vista da Terra é chamada de fase da Lua. Cada variação diária do ciclo da face da Lua, cuja porção iluminada está voltada para Terra, representa uma fase, sendo que, são quatro as fases mais importantes, na cultura popular:

I) Lua Nova: a face iluminada não pode ser vista da Terra; a Lua nasce aproximadamente 6:00h e se põe às 18:00h.

II) Lua Quarto-Crescente: a metade do disco iluminado pode ser visto da Terra; a Lua vista do hemisfério sul da Terra, lembra uma letra “C” e vista do hemisfério norte da Terra, lembra uma letra “D”. A Lua e o Sol são vistos da Terra separados por um ângulo de 90° .

III) Lua Cheia: toda face iluminada está voltada para a Terra; permanece no céu durante toda a noite, com forma de um disco. A Lua nasce 18:00h e se põe às 6:00h do dia seguinte.

IV) Lua Quarto-Minguante: metade do disco iluminado pode ser visto da Terra; a Lua vista do hemisfério sul da Terra, lembra uma letra D e vista no hemisfério norte da Terra, lembra uma letra C. A Lua nasce aproximadamente meia-noite e se põe aproximadamente meio dia.

O movimento da Lua em torno da Terra tem como consequência: mês lunar, mês sideral e dia lunar.

I) Mês Lunar: intervalo de tempo entre duas fases iguais consecutivas e é de 29d 12h 44m 2,9s ($\approx 29,5$ dias). Chamado também de mês sinódico ou lunação.

II) Mês Sideral: tempo necessário para a Lua completar uma volta em torno da Terra, em relação a uma estrela. Sua duração é de 27d 7h 43m 11s ($\approx 27,25$ dias). Chamado também de período sideral da Lua (Oliveira Filho & Saraiva 2004).

III) Dia Lunar: a Lua se move, aproximadamente, 13° para o leste por dia, em relação às estrelas. Esse movimento é um reflexo da translação da Lua em torno da Terra, completada em um mês sideral. O Sol também se move aproximadamente 1° por dia para o leste refletindo a translação da Terra em torno do Sol, completada em 365,2564 dias (ano sideral). Portanto a Lua se move, aproximadamente, 12° , sendo o dia lunar, aproximadamente, 24h 50m. Da Terra sempre é vista a mesma face da Lua, isso indica que seu período de translação é igual ao período de rotação em torno do seu próprio eixo, dito em outros termos, a rotação é sincronizada com a translação (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; Wikipédia).

ECLIPSE

32) Qual a definição de eclipse?

33) Quais os eclipses com maior número de ocorrência na Terra?

Um eclipse é um evento astronômico que acontece quando um corpo celeste em trânsito coincide ou atravessa a posição aparente de outro mais distante, isto é, entrando na sombra de outro corpo celeste. Essa expressão vem do grego que quer dizer “deixar para trás”. Um eclipse envolvendo o Sol, a Terra e a Lua, só é possível quando tais corpos estão, praticamente, alinhados, na linha dos nodos²¹, quer dizer, os pontos onde a órbita da Lua cruza a eclíptica, nesta circunstância a sombra da luz solar atinge o corpo eclipsado. O fenômeno ocorre quando a Lua está próxima do ponto de interseção entre os dois planos, da Terra (Eclíptica) e da Lua, conforme mostra a Figura 44. Os eclipses mais conhecidos são: lunar, solar, parcial ou total. Eclipse solar ocorre quando a Lua está entre a Terra e o Sol, de forma que a sombra da Lua atinja a Terra. Se o disco do Sol estiver totalmente atrás da Lua o eclipse é total, caso contrário o eclipse é parcial.

²¹ Linha dos nodos ou nodos orbitais, pontos onde a órbita da Lua cruza a eclíptica, a projeção da trajetória aparente do Sol. Nódulo ascendente onde a Lua atravessa o norte da eclíptica e nódulo descendente onde a Lua atravessa o sul da eclíptica. (ou linha de intersecção dos dois planos: da órbita e de referência)

Eclipse lunar acontece quando a Lua entra na sombra da Terra. Se a Lua estiver inteiramente imersa na umbra²² da Terra o eclipse é total, se for apenas parte da Lua, o eclipse é parcial. Ainda há outros eclipses, os eclipses anular e penumbral²³ (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA 2004).

EFEITO MARÉ

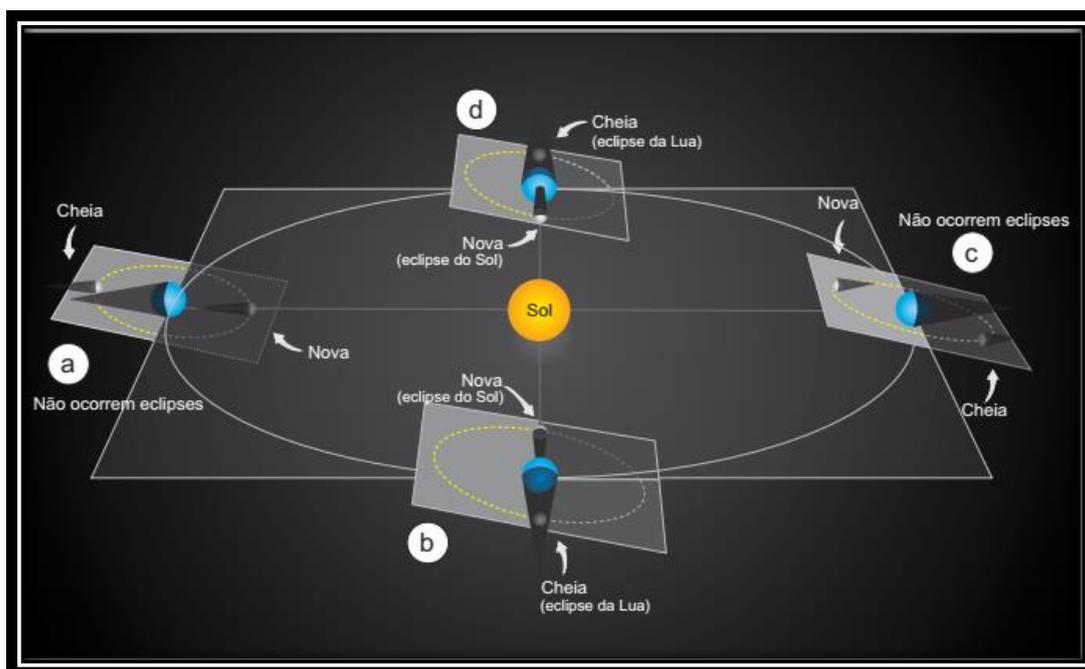
34) Qual a relação descrita pela Astronomia entre a Lua e as oscilações dos oceanos?

35) A que se deve a influência do Sol ser menor que a influência da Lua nas marés?

36) Qual a explicação para haver duas marés mais altas e mais baixas a cada mês?

Efeito maré é a deformação, principalmente nos oceanos, devido às forças gravitacionais diferenciais exercidas pela Lua e pelo Sol sobre a Terra. Essa ocorrência não é exclusiva em nosso planeta, é um fenômeno físico quando um corpo está sobre ação gravitacional de outro. A ideia básica do efeito maré é: o puxão gravitacional sentido pelas partículas no lado mais próximo de um dado corpo, é maior do que puxão gravitacional sentido pelas partículas do seu centro, por outro lado, o centro desse corpo sente um puxão gravitacional maior que as partículas no lado oposto, visto que, estas estão mais distantes do centro do referido corpo.

Figura 45: Representação do plano orbital da Lua em Relação ao plano da Terra e os Nodos.



Fonte: IX Salão de Ensino da UFRGS

As marés na Terra se constitui um fenômeno relacionado à tração gravitacional exercida pela Lua na Terra, a atração gravitacional do Sol na Terra também

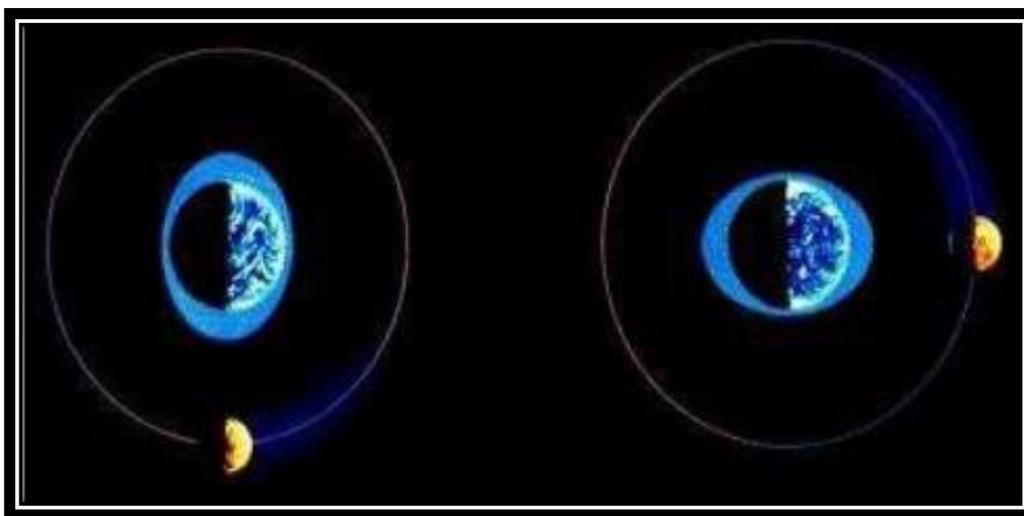
²² Umbra do latim “sombra total”: Região da sombra que não recebe luz de nenhum ponto da fonte (neste caso a fonte é o Sol).

²³ Penumbra do latim “quase”: região da sombra que recebe luz de alguns pontos da fonte (nesse caso a fonte é o Sol).

contribui, todavia com menor intensidade. O fenômeno maré está diretamente relacionado à atração que a Terra sente, sua intensidade depende da distância entre o ponto da Terra e da Lua. Em vista disso, a intensidade no lado da Terra, que está mais próximo da Lua, tem maior atração gravitacional que o seu centro. Em contrapartida, no lado da Terra que está mais distante da Lua, a intensidade da atração gravitacional é menor que no centro. Dito de outra forma, um lado está sendo puxado na direção da Lua, e o outro está sendo puxado na direção oposta. Como as massas líquidas são bastante fluídas, isto é, tem maior grau de liberdade que as sólidas, elas se “empilham” nos dois lados da Terra, formando um bojo de água em direção à Lua e outro na direção contrária, conforme representa a Figura 46.

O bojo da água sempre aponta em proximidade da direção da Lua, a Terra em seu movimento de rotação diário modifica a posição do ponto em relação à Lua. No momento que uma certa região do ponto da Terra estiver mais próxima da Lua o nível da maré estará mais alto. Seis horas depois, a rotação da Terra mudará esse ponto em 90° em relação à Lua, tornando o nível da maré mais baixo. E seis horas depois, a rotação completa 180° em relação à Lua e naquele ponto a maré voltará a ficar alta novamente. Sendo assim as marés acontecem duas vezes a cada $24^h 50^m$, que é a duração de um dia lunar.

Figura 46: Representação do deslocamento das massas líquidas (maré alta e maré baixa) acompanhando a posição da Lua.



Fonte: TCC de Mantellatto.

O sol também exerce influência na maré, contudo com energia menor que a Lua. A força da maré é diretamente proporcional à massa do corpo e inversamente proporcional à distância ao cubo. Em razão disso, embora a massa do Sol seja bem maior que a massa da Lua, ele está bem mais distante da Terra que da Lua, graças a isso, sua influência é bem menor. A maré provocada pelo o Sol tem efeito de menos da metade do efeito que a Lua provoca. Os efeitos das duas marés se combinam vetorialmente, de forma que a intensidade da maré resultante depende da elongação da Lua (vela na Figura 47). Na Lua Nova ou

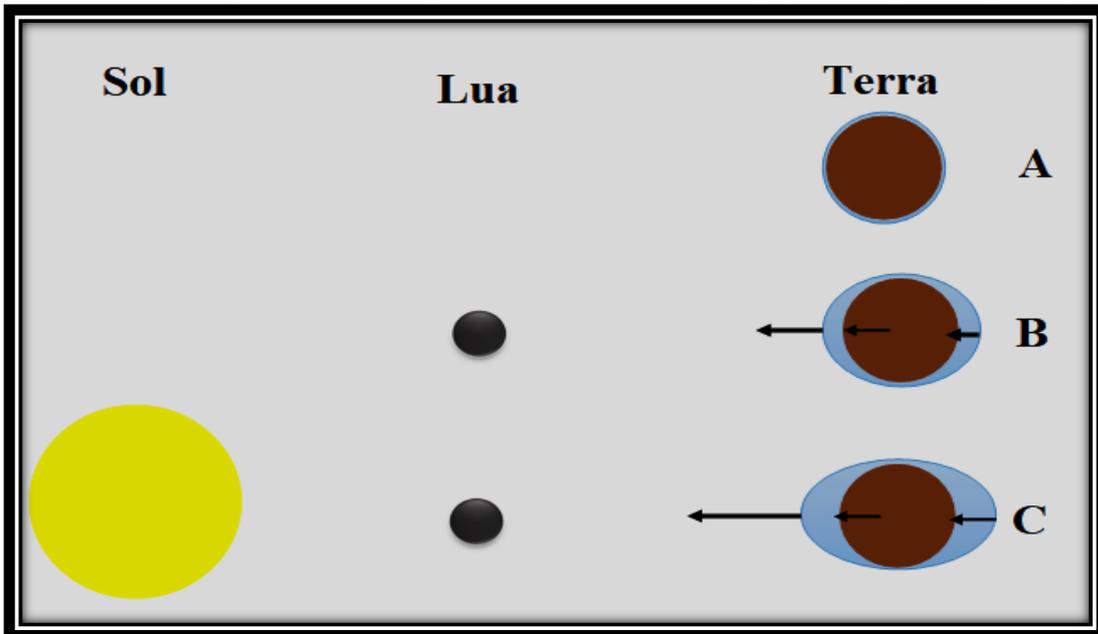
Lua Cheia as duas forças se somam e produzem marés mais altas e mais baixas. Na Lua Quarto Crescente ou Minguante os efeitos maré são atenuados.

Os corpos celestes exercem ou “sentem” algum tipo de interação gravitacional entre si. No caso das marés essa interação tem um limite, conhecido por limite Roche, apresentado pelo Francês, Eduardo Roche (1820 – 1883). O limite de Roche é calculado pela seguinte expressão:

$$d = 2,44 \left(\frac{\rho_M}{\rho_m} \right)^{1/3} R. \quad (11)$$

Na segunda parte do livro (seção aprender mais Astronomia) apresentamos a demonstração da expressão matemática do limite de Roche.

Figura 47: Representação das ações das Marés. Em A distribuição idêntica das massas oceânicas, em relação ao centro de massa, em B as massas oceânicas deformadas na direção mais próxima e mais afastada da Lua. C a influência do Sol e da Lua se combinam vetorialmente alongando a deformação das massas oceânicas (representação exagerada).



Fonte: Imagem dos arquivos do próprio autor, dados do Wikipédia.

CAPITULO 5

ASTEROIDES

37) Quais as diferenças entre asteroides, meteoroides e meteoros?

38) O que é um meteorito?

39) Quais as regiões com maior concentração de asteroides?

40) O que as teorias dizem sobre a existência dos asteroides?

A maioria das pessoas não sabem diferenciar Meteoro, Meteoritos e Asteroides. Este tipo de equívoco, às vezes, é cometido por profissionais da educação e pelos meios de comunicação, por não possuírem familiaridade com alguns conceitos astronômicos.

O espaço tem regiões com grande concentração de corpos rochosos com diferentes diâmetros. Os relativamente pequenos são denominados meteoroides e os maiores são chamados de asteroides. Alguns desses objetos chegam a cruzar a órbita da Terra e entram na atmosfera terrestre com velocidade, aproximadamente, 30 mil km/h (8.333,33 m/s), emitindo uma onda luminosa. Meteoros são fenômenos luminosos que podem ser vistos no céu a olho nu, algumas culturas os denominam “estrela cadente”. Esta expressão tem origem no grego “μετεωρος” e quer dizer “elevado; alto (no céu)”. A

Figura 48: Asteroide 2008 TC3 que atravessou o ar como um meteoro e se fragmentou a 37 km de altitude. Os meteoritos que foram criados na explosão foram espalhados no deserto da Núbia, entre o Egito e o Sudão em 2008.



Fonte: Wikipédia.

luminosidade desses fragmentos rochosos é em razão do atrito com os gases presentes na atmosfera da Terra. O atrito com os gases que circundam o planeta, eleva sua temperatura tornando-o incandescente. Quando o fenômeno ocorre, durante a noite, é facilmente percebido, dependendo das características físicas do objeto, a luminosidade do meteoro pode ser mais brilhante que uma estrela no céu. As dimensões desses corpos variam, podendo ter de alguns

milímetros até quilômetros²⁴. Quando eles não são totalmente destruídos durante a sua entrada na Terra e atingem o solo terrestre são chamados meteoritos. Os meteoritos de tamanho considerável, que adentram o espaço terrestre, são extremamente brilhantes, têm aparência de uma “bola de fogo” (Bólides) e emitem som característico da explosão de uma bomba.

Meteoroides são fragmentos de materiais de asteroides ou rastro da calda de cometas, entre outros, que vagueiam pelo espaço e que, segundo a Organização Internacional de Meteoros, possuem dimensões significativamente menores que um asteroide e significativamente maiores que um átomo ou molécula, distinguindo-se dos asteroides (objetos maiores) e da poeira interestelar (objetos menores, inclusive micrométricos).

Atualmente, a International Astronomical Union (IAU) define a diferença entre os meteoroides e os asteroides pelas suas dimensões, os que têm diâmetro superior a 10 metros são considerados asteroides. Porém, essa classificação pode não ser rigorosa, por exemplo, o asteroide 2008 TC3 tinha entre 2 a 5 m de diâmetro, como é mostrado na Figura 48. Ele foi descoberto em 6 de outubro de 2008, por Richard A Kowalski, a uma distância radial, semieixo maior, de, aproximadamente, 495.000 km da Terra. No dia 7 de outubro do mesmo ano, o referido corpo entrou na atmosfera terrestre, semelhante a uma bola de fogo, explodindo a 37 km antes de atingir o solo. Os meteoritos criados pela explosão do asteroide 2008 TC3 foram encontrados no deserto de Núbia, entre Egito e Sudão. Foi a primeira vez que tal fenômeno foi observado por um satélite artificial e por observadores, que puderam acompanhar a sua trajetória. As pesquisas pelos asteroides só vieram a interessar à ciência, depois da descoberta de Ceres, assunto tratado na seção (A descoberta do primeiro asteroide: Ceres) deste trabalho de pesquisa.

A maior concentração de asteroides do Sistema Solar está em regiões específicas como: o Cinturão Principal de Asteroides, o Cinturão de Kuiper e a hipotética Nuvem de Oort. O Cinturão Principal de Asteroide está localizado entre as órbitas de Marte e Júpiter, a uma distância que varia de 1,8 até 3,2 unidades astronômicas (UA). Na órbita do planeta Júpiter temos dois pontos gravitacionais entre Júpiter, o Sol e os Asteroides. Estes pontos são chamados de Lagrange, no caso dos asteroides troianos as grandes concentrações estão nos pontos L₄ e L₅ (que será definido a seguir). Há também outros tantos concentrados na órbita de Netuno (a uma distância superior a 30 UA) chamados de trans-Netunianos, nesta região está localizado o Cinturão de Kuiper. Em geral, os asteroides são corpos rochosos e metálicos ou metálico-rochosos de dimensões, relativamente,

²⁴ Recentes observações do telescópio NEOWISE o número de objetos maiores que 1 km é cerca de 981. A título de exemplo, o menor NEA é o 2008 TS₂₆ (1 m) e o maior deles é 1036 Ganymed (38 km).

pequenas se comparadas aos planetas, que povoam o espaço, orbitando o Sistema Solar, alguns com possibilidade de cruzar a órbita de satélites e planetas (incluindo a Terra), e também alguns deles são capturados em regiões coorbitais dos planetas, e alguns deles se tornam satélites irregulares.

O Cinturão de Kuiper (ou Cinturão de Edgeworth-Kuiper) é uma região “gelada” considerada o cinturão de asteroides de gelo. Esta Região se encontra externo ao Sistema Solar, que se estende desde a órbita de Netuno até aproximadamente 50 UA (50 vezes a distância média da Terra ao Sol). O primeiro objeto descoberto nessa região foi o (15760) 1992 Q B₁, em 30 de agosto de 1992, por David C. Jewitt e Jane X. Luu, usando um telescópio de 88 polegadas da Universidade do Havaí, localizado em Mauna Kea, Havaí. A existência desta região havia sido prevista pelos cálculos dos astrônomos Kenneth Essex Edgeworth (1880 – 1972) em 1949 e Gerard Peter Kuiper (1905 – 1973) em 1951. Temos ainda possíveis asteroides que estão dentro do que é chamado de Nuvem de Oort. A Nuvem de Oort é nuvem de objetos que foram estimados pelo fluxo de cometas que entram no nosso Sistema Solar interno. A Nuvem de Oort é considerada fonte dos cometas de longo período. A nomenclatura Nuvem de Oort foi dada em homenagem ao astrônomo neerlandês Jean Hendrik Oort (1900 – 1992), que foi um dos pesquisadores das características deste local. Estima-se que a nuvem de Oort está há 50.000 UA, bem além do cinturão de Kuiper, é considerada, portanto, o berçário dos cometas (MESQUITA FILHO, 2019; MOTHÉ-DINIZ; ROCHA).

Antes da descoberta do primeiro asteroide no Cinturão de Kuiper imaginava que não existia nada para ser descoberto externo ao Sistema Solar. Desde então já foram observados mais de 1.000 objetos com diâmetros de 2.000 km e estima-se que existam pelo menos 100.000 com diâmetro de 100 km. A descoberta desses corpos no Cinturão de Kuiper, forneceu argumentos para Plutão deixar de ser interpretado como um corpo anômalo (fora da ordem), passou a ser considerado um corpo pertencente ao conjunto de objetos deste cinturão. Depois da descoberta do Cinturão de Kuiper a visão que se tinha do Sistema Solar foi mudada. Por exemplo, a dinâmica do Cinturão Kuiper tem variedade orbital, isso faz com que as observações sejam divididas em diferentes tipos grupos, podendo reconstruir processos da evolução do Sistema Solar. Os numerosos objetos gelados presentes no Cinturão de Kuiper poderão ser considerados remanescentes do disco planetesimal externo, sendo uma possível fonte de informação importante para se descobrir como se deram alguns processos físicos e químicos do disco de gás proto-solar e de alguns sistemas planetários. Os objetos do Cinturão de Kuiper são chamados de população trans-Netuniana, a descoberta de tais objetos ajudaram na reconstrução da percepção das dimensões do Sistema Solar (MESQUITA FILHO, 2019; MOTHÉ-DINIZ; ROCHA).

O Sistema Solar é povoado por asteroides, com destaque para os locais de maior concentração já mencionados. Algumas hipóteses tentam explicar a origem deles, mas ainda não há um consenso, por hora são possibilidades, algumas com chances de boa aproximação. A ciência computacional tem prestado relevante colaboração, elaborando simulações numéricas de alto custo computacional e de longo prazo sobre a formação do Sistema Solar. Apesar do vasto número de informações sobre os asteroides, inclusive com dados obtidos por meio de sondas espaciais, enviadas para o espaço profundo, ainda não se tem um consenso sobre a sua formação. Sobre a origem dos asteroides, a maior unanimidade é que eles foram formados dentro da nuvem de gás e poeira que circundava o Sol e que eles são matérias que não fizeram parte do crescimento planetário. Em resumo, eles são restos da formação planetária. E durante a formação do Sistema Solar eles são chamados de planetesimais. Quanto ao Cinturão Principal de Asteroides foi proposto um modelo hipotético denominado “Caótico” publicado no *The Astrophysical Journal*, cujos pesquisadores são os astrônomos brasileiros André Izidoro e Othon Winter, do Grupo Dinâmica Orbital e Planetologia da Unesp. É consensual a ideia de que o Cinturão Principal de Asteroides fo originado na mesma época da formação do Sistema Solar.

Há pelo menos duas teorias consensuais na comunidade científica explicando a origem do Cinturão Principal de Asteroides e dos Asteroides Troianos, que têm despertado o interesse da maioria dos pesquisadores. Uma delas afirma que os asteroides são corpos primitivos, desde a formação do Sistema Solar. Estes “pequenos” objetos fazem parte deste sistema desde a sua formação. A outra hipótese é chamada de Migração Planetária. Os planetas do Sistema Solar são divididos em rochosos e gasosos e estes dois grupos estão numa região chamada Cinturão Principal de Asteroides. Os dois maiores planetas gasosos Júpiter e Saturno foram formados quando o Sol ainda era uma estrela jovem, com idade de 10 milhões de anos. O modelo explica que na formação do Sistema Solar, os planetas Júpiter e Saturno foram formados distantes de suas órbitas e num processo de interação dinâmica com os planetesimais (corpo rochoso e/ou de gelo) do disco proto-planetário, os remanescentes do sistema planetário deslocaram-se até as posições atuais.

A hipótese para a formação do Cinturão Principal de Asteroides é modelo do Grand Tack que invoca a migração planetária de Júpiter. Neste modelo, Júpiter e Saturno foram formados quando o Sol ainda era jovem e estava envolvido em uma nuvem de gás e poeira. Com a presença do gás Júpiter e Saturno podem migrar para a região onde o Cinturão Principal de Asteroides se encontra e voltar para as suas posições atuais. Nesta migração, Júpiter excita os planetesimais (percussores de asteroides) para atingir órbitas similares as órbitas encontradas no Cinturão Principal de Asteroides e também explica as propriedades químicas dos objetos. Por meio de simulações computacionais, essa teoria tenta explicar como o cinturão de asteroide se formou.

A origem dos Asteroides Troianos de Júpiter é explicado após os planetas gigantes serem formados e não haver mais gás no Sistema. Os planetas gigantes foram formados em órbitas bem mais próximas e através da interação dinâmica com os planetesimais atingiram suas posições atuais. Durante este processo, Júpiter e Saturno causam uma instabilidade planetária que lança planetesimais para regiões mais afastadas e alguns destes planetesimais foram capturados para os pontos de Lagrange L_4 e L_5 e formaram os Asteroides Troianos de Júpiter, destes o de maior concentração de asteroide é no ponto L_4 .

PONTOS LAGRANGIANOS E OS ASTEROIDES TROIANOS

- 41) Como são formados a configuração dos pontos lafrangianos?
- 42) Exemplifique uma configuração possível.
- 43) O que são asteroides troianos?

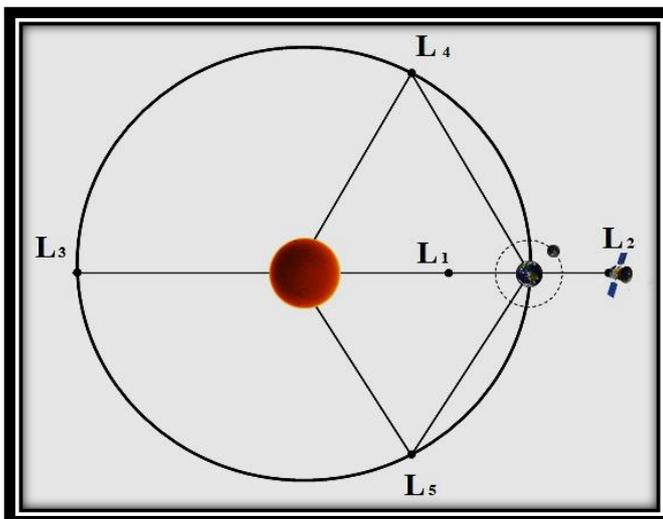
A descoberta do asteroide Aquiles (588-Achilles) em 1906, pelo astrônomo alemão Max Wolf (1863 – 1932), confirmou as previsões teóricas realizadas no século XVIII pelo matemático francês Joseph Louis Lagrange (1736 – 1813), que em seus estudos do problema de três corpos previu que um pequeno corpo celeste, na mesma órbita de um planeta, situado a uma distância angular de 60° à frente e atrás teria estabilidade relativa.

Os pontos de Lagrange aparecem no problema restrito de três corpos, que envolvem dois corpos com massas consideráveis e um corpo teste (que pode ser um asteroide). Os pontos são identificados pela letra L (com índice de 1 a 5 representando, pois, cada ponto) em homenagem a Lagrange. Os pontos L_1 , L_2 e L_3 são colineares, posicionados sobre uma reta passando pelo centro do corpo de massa maior (por exemplo o Sol) e do corpo de massa menor (por exemplo Júpiter) os pontos L_4 situam-se a uma distância angular de 60° à frente do corpo de massa menor e L_5 a mesma distância (60°) atrás. Estes pontos formam os vértices de dois triângulos equiláteros, cuja base comum está situada ao longo de uma linha, conectando o centro de gravidade de duas massas, correspondendo, por exemplo, no caso dos asteroides troianos pode-se ter um sistema com o Sol, Júpiter e o asteroide, e essa distância é a distância Sol-Júpiter

Os pontos L_4 e L_5 são considerados estáveis, com possibilidade de acúmulo de matéria e poeira nessas regiões e são chamados de pontos de Lagrange triangulares. Por outro lado, os pontos L_1 , L_2 e L_3 são instáveis, tal que satélites artificiais posicionados nestes locais têm que corrigir suas órbitas, periodicamente. Cabe a ressalva de que tais pontos não são fixos no espaço; eles se movem, conforme a configuração orbital do conjunto, permanecendo em repouso em relação ao sistema de corpos.

Os pontos lagrangianos podem ser formados por dois corpos com massas de tamanho, proporcionalmente, bastante diferentes. Os sistemas podem ser Sol e Júpiter, Sol e Terra, Terra e Lua, etc. Tomando como exemplo o sistema Sol-Terra, os pontos colineares L_1 , L_2 e L_3 , posicionados sobre a reta passam pelo Sol e pela Terra; o ponto L_4 fica situado a 60° à frente da Terra e o ponto L_5 a 60° atrás, formando os vértices de dois triângulos

Figura 49: Uma ilustração teórica da localização dos pontos lagrangianos, Sol –Terra.



Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física.

equiláteros, cuja base comum está situada ao longo de uma linha, conectando o centro de gravidade das duas massas, correspondendo à distância do sistema Sol-Terra, conforme mostra a Figura 49.

O ponto L_2 está a 1,492 milhões de quilômetros da Terra, é considerado ideal para observar o universo, com um telescópio espacial colocado nele. Em razão, da instabilidade gravitacional a trajetória do satélite artificial deve ser corrigida permanentemente. Por outro lado, por ser um ponto na direção oposta ao Sol, a incidência da ação eletromagnética e de poeira no veículo espacial é bastante amenizada. Um satélite artificial em L_2 orbita o Sol com a mesma velocidade da Terra (FONTES; KOLLAND, 2018; WIKIPÉDIA).

A DESCOBERTA DO PRIMEIRO ASTEROIDE: CERES

44) Quem descobriu os primeiros asteroides?

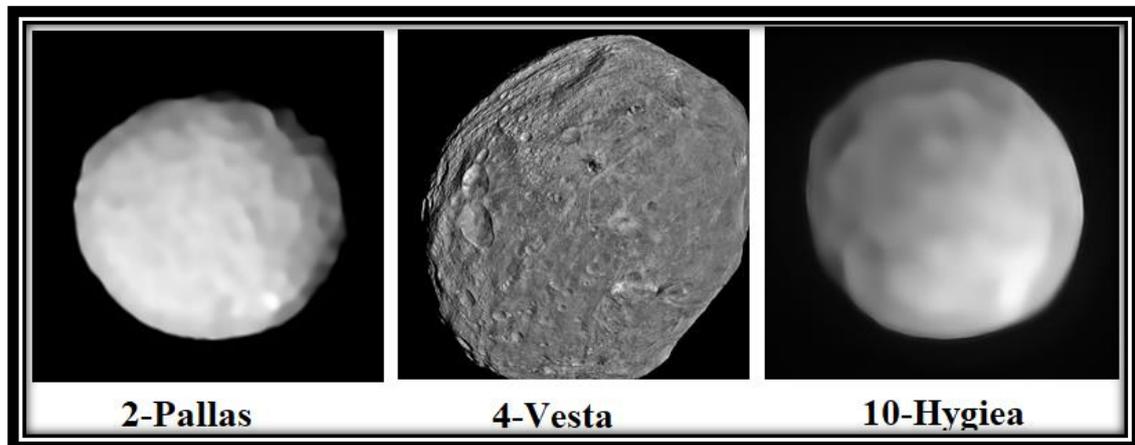
45) Em qual região do espaço estão localizados os primeiros asteroides (quatro) ?

46) O que é albedo?

O primeiro asteroide localizado no Sistema Solar foi Ceres. Jhoannes Kepler (1571 - 1630) postulou em 1596 a possível existência de um planeta entre Marte e Júpiter. Pode-se assim dizer que as buscas dos astrônomos por esse corpo desconhecido iniciaram-se com as informações de Kepler. Em 1755, o filósofo e astrônomo Emmanuel Kant (1724 - 1804) citou também a possível existência de mais um planeta entre Marte e Júpiter. Quase meio século depois, Ceres foi descoberto em 1801 por Piazzi, numa região denominada cinturão principal. Em vista disto, outros asteroides menores, nesta mesma localização, foram conhecidos, são eles: 2-Pallas, 4-Vesta e 10-Hygiea, com diâmetros de,

aproximadamente: 582 km, 572 km e 530 km, respectivamente, conforme a Figura 50.

Figura 50: Estes são os maiores asteroides do Cinturão Principal de Asteroide atualmente. As suas massas, pela ordem da imagem são respectivamente: $2,11 \times 10^{20}$ kg, $2,97 \times 10^{20}$ kg e $8,21 \times 10^{19}$ kg.



Fonte: Wikipédia.

Em 1766, os astrônomos Johan Daniel Tietz (1726 – 1796), (cujo nome latinizado é Titius) e Jhoann Ellert Bode (1747 – 1826), previram a possibilidade da existência de outros planetas desconhecidos no Sistema Solar. Ao estudarem as distâncias em UA dos planetas conhecidos entre o Sol e Terra, verificaram que poderia haver um possível corpo entre os seis planetas conhecidos, precisamente entre o quarto e o quinto. Eles definiram a distância de Saturno até o Sol, como sendo de 10 UA e apresentaram a seguinte relação matemática empírica:

$$d_n = \frac{4+(3 \cdot 2^n)}{10}. \quad (01)$$

Nesta relação, d é a distância do planeta em relação ao Sol e n é um índice para cada planeta. Por meio dessa expressão eles propuseram uma tabela expressando a distância entre os planetas em unidade astronômica (UA), conforme se segue (Tabela: 2).

A sequência representava a distância aproximada entre os planetas e o Sol. Baseado nessa equação inferiu-se a provável existência de um terceiro planeta entre Marte e Júpiter. A série é iniciada atribuindo ao valor de índice n tendendo a menos infinito, para o planeta Mercúrio ($n \rightarrow -\infty$), zero para Vênus ($n = 0$), um para Terra ($n = 1$), dois para Marte ($n = 2$) e assim sucessivamente. Para o suposto planeta desconhecido, entre Marte e Júpiter ($n = 3$) e de acordo com a série, ele estaria cerca de 2,8 UA do Sol.

Tabela 2: As distâncias em UA, dos primeiros planetas clássicos e um planeta anão, conhecidos até o século XIX. Calculadas por meio da equação de Titius-Bode.

Planeta	n	Distância (d) entre o Sol e o planeta em U. A.
Mercúrio	-	0,4 (para esse planeta $n \rightarrow -\infty$)
Vênus	0	0,7
Terra	1	1,0
Marte	2	1,6
Ceres*	3	2,8
Júpiter	4	5,2
Saturno	5	10,0
Urano	6	19,6
*Atualmente Ceres é considerado um planeta anão.		

Fonte: Do próprio autor, dados do periódico Asteroide, Observatório Nacional, nº 8, 2ª ed. 2011.

A sequência representava a distância aproximada dos planetas até o Sol. Baseado nessa equação inferiu-se a provável existência de um terceiro planeta entre Marte e Júpiter. A série é iniciada atribuindo ao valor de índice n tendendo a menos infinito, para o planeta Mercúrio ($n \rightarrow -\infty$), zero para Vênus ($n = 0$), um para Terra ($n = 1$), dois para Marte ($n = 2$) e assim sucessivamente. Para o suposto planeta desconhecido, entre Marte e Júpiter ($n = 3$) e de acordo com a série, ele estaria cerca de 2,8 UA do Sol.

A progressão matemática de Titius parecia ser infalível quando o astrônomo William Herschel (1738 - 1822) descobriu o planeta Urano em 1781, que está situado a 19,22 UA do Sol (2.876.679.082 km), pela série, o valor atribuído ao índice seria $n = 6$, constatando uma distância de 19,6 UA. A descoberta repercutiu positivamente entre os astrônomos, dando esperança e confiança a equação. O resultado obtido, levou à impressão de que a equação era confiável e se tornaria uma lei denominada Titius - Bode. A partir da descoberta de novos planetas, Netuno²⁵ e Plutão, os cálculos obtidos com a referida equação não coincidiram com as distâncias reais, fornecendo valores muito além. Diante da falha, a lei ficou em desuso.

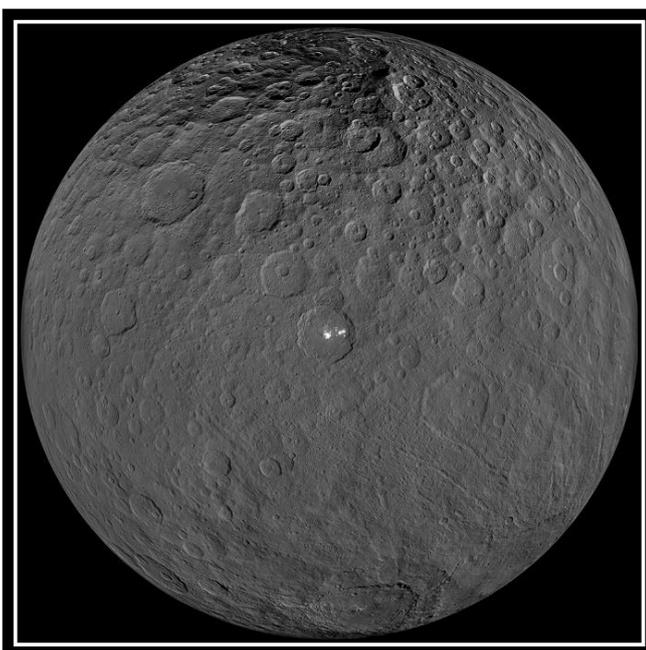
Apesar da lei de Bode perder a credibilidade, os astrônomos permaneceram procurando o suposto terceiro planeta, denominado "Planeta Ausente". Por volta de 1800, um grupo de 24 astrônomos se organizaram para localizá-lo. As pesquisas se concentraram na região entre os planetas Marte e Júpiter. Em 1801, o astrônomo italiano Giuseppe Piazzi (1746 – 1826), em Palermo (Itália), notou a presença de um objeto desconhecido, aparentemente parecido com uma

²⁵ Netuno é o oitavo planeta do sistema solar está a 4 503 443 661 km (~30,4 UA) do Sol, pela lei de Titius - Bode $n = 7$ e a distância de Urano seria $d = 38,8$ UA.

estrela, de brilho bastante fraco, de oitava magnitude²⁶. Esta suposta estrela estava na região da Constelação de Touro e se deslocava em relação às outras com movimento lento e uniforme. Visto que, ela não estava acompanhada de nebulosa Piazzi pensou que se tratasse de um cometa. Nebulosas são nuvens interestrelar (poeira cósmica) de hidrogênio, hélio e gases ionizados, antes os astrônomos usavam o termo nebulosa para descrever qualquer corpo celeste difuso, pois os conhecimentos e os instrumentos de observação eram limitados, se comparados aos atuais. Baseado em sua hipótese inicial, ele batizou o suposto cometa de Ceres, em homenagem a deusa grega protetora da Sicília.

Piazzi adoeceu e levou um tempo sem fazer observações. Quando retomou, não conseguiu visualizar o tal corpo celeste. Vários cálculos foram realizados para tentar descobrir sua órbita. Porém, os parâmetros da órbita de Ceres só foram descobertos pelo alemão Carl Friedrich Gauss, que desenvolveu um método capaz de determinar órbitas de qualquer corpo previsível no Sistema Solar. Após os esforços e contribuições de alguns astrônomos, por fim, Ceres foi confirmado, visto em setembro de 1801 pelo Barão von Zach e em janeiro de 1802

Figura 51: O asteroide Ceres descoberto em 1801 e passando à categoria de planeta anão 2006.



Fonte: Wikipédia.

por Heinrich W. M. Olbers, Ceres já foi considerado o maior asteroide do Cinturão Principal de Asteroide, seu diâmetro é de 974,6 km, atualmente está classificado como planeta anão, note na Figura 51. Quando Ceres foi considerado um planeta anão, os maiores asteroides do Cinturão Principal de Asteroides passaram a ser agora: 2- Pallas, 4-Vesta e 10 Hygiea.

O segundo asteroide foi descoberto em março de 1802 por Olbers (pequeno planeta), ele o nomeou de Pallas (nome da deusa grega da sabedoria). O nome atual do asteroide é Olbers em sua homenagem. Esses novos acontecimentos, levaram vários astrônomos a admitirem a hipótese de que esses pequenos objetos rochosos, possivelmente, seriam restos da explosão de um planeta na região entre Marte e Júpiter.

²⁶ Magnitude aparente é uma escala logarítmica usada na Astronomia para medir o brilho das estrelas em um determinado comprimento de onda, geralmente no óptico ou infravermelho.

Em 1803 William Herschel sugeriu o nome asteroide, para designar esses novos objetos, que em grego quer dizer “quase estrela”. Ele propôs este nome em virtude da aparência que estes objetos têm, quando observados pelos telescópios, em razão do seu albedo²⁷. Inicialmente, os asteroides não despertavam o interesse dos astrônomos, anteriormente, suas pesquisas foram até desestimuladas. Com o lançamento de satélites artificiais, sondas e do telescópio espacial Hubble, novas imagens com resolução bem melhor do universo permitiram mais informações sobre tais corpos celestes.

Os asteroides são classificados baseados em sua composição química e analisando seu albedo. Porém, há algumas divergências nos parâmetros usados, atualmente, para classificar asteroides e luas. De acordo com as regras atuais, alguns satélites planetários se enquadrariam como asteroides capturados pelo planeta, como por exemplo, as luas de Marte (Deimos e Phobos), as oito luas externas de Júpiter, etc. Os asteroides são classificados em três grupos: ferrosos, ferroso-rochosos e rochosos.

Os ferrosos, ou metálicos (F_e e N_i) são do tipo M e pouco abundantes; os rochosos tipo C, são condritos (chondrites), compostos de carbono e silício; constituem 60% dos asteroides conhecidos, eles refletem pouco a luz do Sol, sendo seu albedo de 6%. Os asteroides do tipo S são constituídos de ferro-níquel metálico misturado com silicatos de magnésio e ferro, seu albedo é entre 10% a 22%, eles compõem 30% dos asteroides catalogados.

Os valores dos percentuais do albedo e da distribuição não são tão rigorosos, podendo haver discrepâncias em algumas literaturas, dado que as observações desses corpos são difíceis. Como no caso dos tipos C, possuidor de baixo albedo, portanto, é um dos mais difíceis de ser localizado. A figura 52 é a imagem de um meteorito condrito, este tipo de meteorito é considerado primordial por toda a história do Sistema Solar e que não tenha sido submetido a diferenciação por processos de fusão em seu interior.

Figura 52: Meteorito de Murchison, sendo do tipo condrito carbonáceo.



Fonte: Site David Darling.

²⁷ Albedo é a quantidade de luz incidente que o corpo celeste reflete, é uma medida de refletividade ou brilho intrínseco do objeto. A quantificação varia entre 0,0 e 1,0. Zero para os objetos que absorvem totalmente a luz e um para os que refletem totalmente.

PESQUISA E MONITORAMENTO: Asteroides, Meteoroides e Meteoritos

47) Qual a importância da origem dos asteroides para a ciência?

Pesquisar os asteroides, meteoroides e meteoritos, a princípio, pode ser útil para analisar e compreender a sua composição química, para monitorar sua órbita e verificar a possibilidade de cruzar a órbita da Terra. Os fragmentos de asteroides que venceram a resistência do ar, e que nessa transição se tornam meteoritos e atingem a superfície da Terra, ao serem encontrados são encaminhados para análise física e química, pois são materiais preciosos por conter informação importante a respeito do Universo. Uma vez, conhecendo detalhadamente de sua estrutura e as misturas dos compostos químicos, pode-se obter informação das condições primitivas que formaram o Sistema Solar há 4,5 bilhões de anos.

Os interesses dos cientistas em pesquisar tais corpos têm várias motivações, sendo as mais importantes: 1) compreender a formação do Sistema Solar; 2) prever a possibilidade desses corpos, de tamanho considerável, colidirem com a Terra. Os asteroides, em especial os meteoroides, são os fornecedores de meteoritos, recolhidos na superfície terrestre. Esses meteoritos ao serem analisados são fontes de informação dos compostos químicos voláteis e minerais, que poderão servir de motivação para a exploração e colonização do Sistema Solar no futuro. Os meteoritos encontrados e catalogados estão guardados em museus de alguns países.

Algumas teorias levantam hipóteses de que as moléculas, que são base de carbono e materiais voláteis e, portanto, base da formação da vida, nas condições que conhecemos, podem ter sido trazidas para a Terra pelos asteroides e cometas. Nesse sentido, os asteroides podem fornecer informação da mistura química primordial que formou a Terra, os outros planetas e corpos menores do Sistema Solar, como também informações sobre o material para os primeiros compostos orgânicos. Estudá-los pode contribuir para desvendar como foram sintetizados os elementos químicos que compõem a vida.

As missões espaciais têm contribuído bastante para o monitoramento e a identificação de objetos próximos à Terra. Cada informação nova, serve de esperança para compreender melhor a formação do Sistema Solar, em especial a vizinhança do entorno do planeta Terra. As descobertas de asteroides despertam o interesse de envio de missões espaciais, ao encontro desses objetos e também de estudar as órbitas daqueles que se aproximam da Terra (NEO), para prevenir-se uma possível colisão.

MONITORAMENTO DOS NEO (Near Earth Object)

48) O que é NEO, NEA e PHA?

As agências espaciais monitoram os objetos que passam próximos da Terra. Os mesmos são denominados de Near Earth Object (NEO), cujo significado “objetos com trajetória que se aproxima periodicamente da órbita terrestre, aproximadamente a 0,33 UA”. Tais corpos pode ser divididos em três grupos: Near Earth Meteoroids, Near Earth Comets e Near Earth Asteroids (NEA) ou NEAs (Asteroides Próximos à Terra). Até o momento os observados mais próximos da Terra são quatro: Atens ($a < 1,0 \text{ UA}$), Apollos ($a > 1,0 \text{ UA}$), Amors ($a > 1,0 \text{ UA}$) e Aira ($a < 1,0 \text{ UA}$), onde a é a dimensão do semieixo maior. Dentre os grupos de asteroides NEAs há mais um grupo especial, os PHAs (Potentially Hazardous Asteroids). Estes são considerados potencialmente perigosos, em consequência da distância mínima de interseção orbital com a Terra. São incluídos nessa classe os que passam a uma distância de 0,05 UA, ou seja, 7.480.000 km. (SANTANA et al. 2017).

A NASA (National Aeronautics and Space Administration) e a ESA (European Space Agency) catalogam os NEOs e NEAs com 1 km de diâmetro e 0,05 UA de distância, dado que, estes corpos poderão apresentar grande perigo para o planeta Terra. Estudos indicam que a colisão de um asteroide dessa dimensão é capaz de liberar energia equivalente a 6 mil bombas semelhantes àquela lançada na cidade de Hiroshima. Alguns estudos têm levantado a seguinte hipótese: para cada seis, há apenas uma possibilidade de um asteroide de 1 km de diâmetro atingir a Terra a cada 100 mil anos e um meteoróide de tamanho significativamente menor que um asteroide (por exemplo, em torno de 05 a 15 metros de diâmetros), cair na Terra a cada 300 anos. Além disso, compete enfatizar que tais conjecturas em parte são teóricas. Detectar a possibilidade de um asteroide entrar em rota de colisão com Terra não é suficiente, é importante saber outros parâmetros como velocidade, tamanho e sua massa. Uma das ferramentas capazes de fornecer tais informações é a radioastronomia, área da Astronomia iniciada em 1932 com o engenheiro Karl Guthe Jansky (REIS, 2012; SANTANA, 2017; JESUS).

Os sinais luminosos vindos do Universo, captados pelos telescópios ópticos, têm muitas limitações, tal como o desvio da trajetória da luz causada pela atmosfera da Terra prejudicando as observações. A “janela óptica” da luz visível é bastante limitada, correspondendo a uma faixa bastante estreita do espectro eletromagnético. Por outro lado, têm vários corpos celestes, no Universo, que emitem radiações em comprimento de ondas não visíveis aos olhos humanos, como por exemplo, raios-X, raios gama e inclusive ondas de rádio. Como a “janela de rádio” é muito mais larga que da “janela óptica” os radiotelescópios captam sinais emitidos em uma dada radiofrequência e conseguem obter

informações de objetos mais distantes do Universo que os telescópios óticos (LATTARI; TREVISAN, 2001).

CAPITULO 6

COLISÕES DE ASTEROIDES

49) Por quantas extinções de vida passou a Terra? Quais as suas causas?

50) Onde caiu o último asteroide, extinguindo os dinossauros? Qual a causa desta extinção?

51) A que se atribui a cratera na colônia zona sul de São Paulo?

A entrada de meteoróide na atmosfera terrestre é um evento frequente, mas a de asteroide ocorre eventualmente. Os asteroides pequenos (ou meteoróide), com diâmetros inferiores a 100 m e material de baixa coesão, não representam perigo grave para o planeta, pois ao entrarem na atmosfera são desintegrados devido à ação da resistência do ar. Alguns resistem a esta ação natural e caem na superfície da Terra. Aparentemente, os casos mais frequentes de queda são no deserto ou no mar. As evidências são decorrentes dos meteoritos resgatados; entretanto, corpos de média proporção (>100 m de diâmetro) representam perigo considerável, se cair em regiões urbanas. Um asteroide de 140 m pode causar um tsunami, se cair no mar. Os danos do impacto de um asteroide (>1 km de diâmetro) poderão ser de pequena proporção até a extinção total da vida na Terra assim como, supostamente, extinguiu os dinossauros.

O conceito de vida, do ponto de vista da ciência, é bastante complexo, posto que a ciência tem evoluído, mas a compreensão de como a vida surgiu no planeta Terra ainda é um tema amplamente debatido, nos diversos campos do conhecimento científico, como: Astronomia, Biologia, Química, Geologia, entre outras ciências. Graças à complexidade desse assunto, novas áreas científicas surgiram, a exemplo da Astrobiologia, com o propósito de prestar sua contribuição. A Astrobiologia é uma ciência que tem a finalidade de estudar a origem, evolução e a distribuição da vida no Universo.

A Geologia divide a história do planeta em grandes intervalos de tempo, a saber: Pré-Cambriano, Cambriano e Ordoviciano. Entre estes há outros intervalos intermediários ou de transição. Estima-se que a vida evoluiu para organismos complexos como os atuais existentes nos últimos 540 milhões de anos, a partir do período Cambriano, quando a atmosfera já estava protegida dos efeitos da radiação. Esta hipótese revela que o planeta passou por, pelo menos, cinco grandes extinções. Os motivos mencionados são diversos: dilúvio basalto (vulcanismo intenso), impactos de cometas e asteroides, entre outros. Em cada um desses eventos, a Terra passou por severas transformações, tanto do ponto de vista físico, como: mudanças nas massas líquidas, formação de geleiras e alteração no nível do mar, modificações das massas continentais, formação da Pangeia, e também transformações dos gases (desbalanceamento de CO_2), entre outras modificações. Registros de fósseis indicam que já havia floresta, trilobites, anfíbios, ou seja, existiam algumas espécies de vida. Em todos esses

eventos catastróficos houve extinção, modificação e readaptação da vida existente. Pesquisadores levantam a hipótese de que a penúltima devastação foi no Triássico (há 252 milhões de anos), onde ocorreu a primeira extinção de algumas espécies de dinossauros (theropoda, prosauropoda e ornitíscios). Nesse período houve a desintegração da Pangeia, formando os atuais continentes. Uma das hipóteses possíveis foi a ocorrência de dilúvio basalto, que causou a mudança climática, mas com efeito moderado. A última extinção, uma das mais catastróficas, ocorreu no período Jurássico (há 65 milhões de anos) com a extinção de quase que total das últimas espécies de dinossauros (Pterossauro, plesiosauria).

O debate sobre a extinção dos dinossauros caminha por várias hipóteses, a mais consensual pela comunidade científica é a da entrada de um meteoro na Terra, no final do período Jurássico. Acredita-se que na ocasião um asteroide de, aproximadamente, 10 km de diâmetro caiu na península de Yucatán, onde atualmente é conhecida como o Golf do México. Uma das evidências do acontecimento é uma cratera submarina, de 180 km de diâmetro, denominada Cratera Chichulub, localizada numa pequena cidade do México de nome Chichulub. O impacto dos fragmentos do asteroide foi tão grande que levantou toneladas de poeira, que ficou suspensa na atmosfera, bloqueando a luz do Sol por muito tempo. A consequência desse evento catastrófico foi o impedimento da realização de fotossíntese e a queda de temperatura do planeta, ocasionando um período denominado era glacial, extinguindo os dinossauros do Planeta. Apesar dos eventos catastróficos, de altíssima energia geológica e astronômica, a extinção total da vida na Terra é, praticamente impossível, pois há vida em quase todos os lugares do planeta, em vários níveis de complexidade (GALANTE et al. 2016).

EVIDÊNCIAS DE COLISÕES POR ASTEROIDES

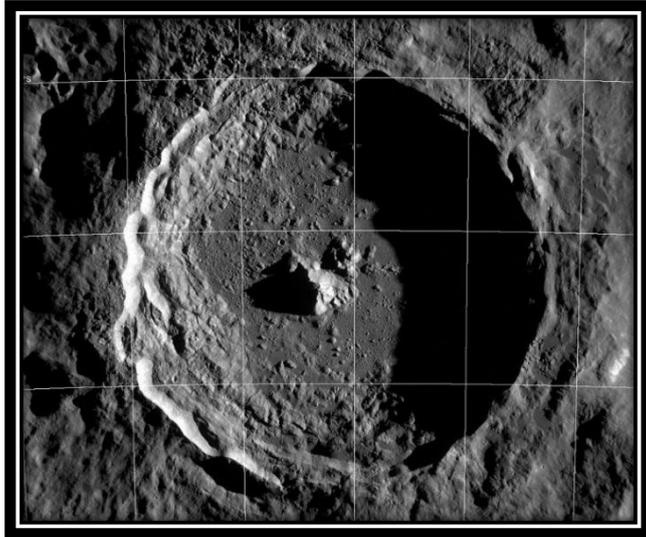
52) Cite pelo menos uma evidência de colisão provocada por asteroide?

Várias evidências de queda de meteorito em diversas regiões já foram documentadas, no Planeta e fora dele. O interesse sobre esses eventos têm despertado a atenção dos cientistas, tanto das agências espaciais quanto dos institutos de pesquisas das universidades, como Universidade do Kansas, no estado do Kansas EUA, o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), no Brasil, entre outras.

Seguem alguns exemplos de tais eventos documentados em algumas pesquisas:

Cratera Tycho (cratera lunar) – localizada no hemisfério sul da Lua, formada por um asteroide de 10 km de diâmetro, evento acontecido por volta de 100 milhões de anos. Ela tem, em média, 85 km de diâmetro, com 4.800 metros de profundidade e um pico central de 2,0 km, a Figura 53 é a imagem da cratera lunar no hemisfério sul da Lua

Figura 53: Cratera lunar nomeada por Tycho, homenagem ao dinamarquês Tycho Brahe.



Fonte: Site Astronoo.

Cratera de Barringer – localizada no estado do Arizona, nos EUA. Ela surgiu devido ao impacto de um meteorito metálico de 40 a 45 metros de diâmetro, que atingiu a Terra há 50 mil anos. Estima-se que sua velocidade era de 40 mil km/h, deixando um buraco de 1 km de diâmetro. O impacto provocou a energia de uma bomba de hidrogênio de, aproximadamente, 10 megatons, Figura 54. Dentro dela cabem as três pirâmides do Egito e a Esfinge.

Figura 54: Cratera Barringer no deserto do Arizona EUA, tem 1.200 metros de diâmetros por 170 de profundidade.



Fonte: Blog Borala.

Cratera da Colônia – localizada no bairro Parelheiros, zona sul de São Paulo, foi criada com o impacto de um meteorito de, aproximadamente, 200 metros de diâmetro, entre 5 a 35 milhões de anos, formando uma cratera de 3,6 km de

Figura 55: Cratera da Colônia, São Paulo, o círculo branco demarca a cratera que tem 3,6 quilômetros de diâmetro e cerca de 300 metros de profundidade.



Fonte: Site BBC.

diâmetro, aproximadamente 300 metros, de profundidade, e 120 metros de borda soerguida, veja a Figura 55 (WIKIPÉDIA).

METEORITOS BENDEGÓ E CHELYABINSK (COLISÕES SIGNIFICATIVAS MAIS RECENTES)

53) Em qual cidade caiu o meteorito mais famoso do Brasil?

54) Onde está o original e as réplicas do Meteorito Bendegó?

Os vestígios têm apontado que, até o momento, a maior incidência da entrada de asteroides ou meteoroides na atmosfera terrestre são nas regiões desérticas e oceânicas, devido à vasta extensão territorial da superfície do Planeta. Contudo, a penetração desses corpos, no Planeta, pode ocorrer em qualquer região, inclusive em zonas urbanas. Assim sendo, o Brasil também tem registrado achados de meteoritos, sendo que o mais famoso deles é o meteorito de Bendegó.

Pelo menos, aproximadamente, 57 peças que compunham o mais famoso meteorito brasileiro, foram catalogadas, pelos especialistas da Geociência. A peça principal tem massa de 5.360 kg. O Meteorito de Bendegó foi encontrado em 1784, no sertão da Bahia, na atual cidade de Monte Santo, no leito do Riacho Bendegó. Este famoso evento aconteceu ainda no reinado de D. Maria I e do governador baiano D. Rodrigues José Menezes. A identidade da pessoa que encontrou o meteorito, ainda gera dúvidas, pois dois nomes são citados nos registros e são eles: Bernardino da Mota Botelho e Domingos da Mota Botelho.

O artefato original está exposto no Museu Nacional, porém há três réplicas de tamanho real: uma em Paris (Palais de la Découverte), outra em Monte Santo (Museu do Sertão) e a última em Feira de Santana (Observatório Antares, Museu de Ciência e Tecnologia, veja Figura 56). Sua constituição é de siderito ($Fe-Ni$), liga de ferro e níquel. O meteorito Bendegó está classificado entre o 16º dos meteoritos mais massivos já catalogados. Provavelmente, devido às condições de tecnologia disponíveis e ao espaço tempo para encontrá-lo, depois da queda, não se tem registro da dimensão da cratera causada pelo seu impacto, mas documentos indicam que foi mapeada uma área de $12 km^2$ para coletar seus fragmentos.

Figura 56: Réplica do Meteorito de Bendegó que foi encontrado no sertão baiano em 1784 (e outros meteoritos menores), expostos no Observatório Antares em Feira de Santana – BA.



Fonte: dos arquivos do autor.

O Meteorito de Bendegó foi ignorado no local de sua queda por mais de cem anos. Só em 1887 que a Sociedade de Geografia do Rio de Janeiro, no final do II Império do Brasil, coordenou uma expedição, sob a chefia de José Carlos de Carvalho, para transportá-lo até a sede da corte do Imperador. A ousada façanha foi iniciada em 7 de setembro de 1887 e concluída, com sua chegada no Rio de Janeiro, em 15 de junho de 1888. Segundo, Carvalho (apud, Carvalho 1888/1928/1995)

o meteorito para chegar ao seu destino foi transportado por carroça, ferrovia e navio, até a Corte do Império, como mostra a Figura 57, uma das etapas do transporte por meio de carroça. A permanência do Meteorito de Bendegó na floresta por mais de um século evidencia o descaso ou a falta de interesse pelo conhecimento científico que tal artefato poderia traduzir para a comunidade acadêmica brasileira (CARVALHO, et al. 2011).

Em 30 de junho de 1908, na região de Tunguska, na Sibéria, um asteroide ou um cometa (não foi possível identificá-lo com precisão) de aproximadamente 100 mil toneladas explodiu na atmosfera (airburst), devastando cerca de 2.000 km² de floresta, destruindo a fauna e a flora locais. A temperatura local, estima-se, teve aumento de 2.000 graus Celsius. Outro evento semelhante aconteceu em 12 de fevereiro de 1947, na cadeia de montanhas Sikhote-

Alin, perto de Vladivostok, também na Sibéria. Um asteroide de aproximadamente 100 toneladas se desintegrou no ar, deixando mais de 106 crateras, com aproximadamente 28 metros. Mais de 28 toneladas de meteoritos oriundos do referido corpo foram recuperados.

A queda mais recente de um asteroide, noticiada, ocorreu em 15 de fevereiro de 2013, na Rússia, região de Urais, na cidade de Chelyabinsk, às 09:20:26 (hora

Figura 57: Meteorito Bendegó sendo transportado por carroça, do local onde foi encontrado, para a estação da Ferrovia.



Fonte: Site Galeria do Meteorito.

Figura 428: “Bola de fogo” (bólide) referente ao meteoro passando próximo à estrada de Kostanai na cidade de Chelyabinsk, Rússia.



Fonte: G1 Globo.

local). Moradores de alguns locais da Rússia e do Cazaquistão viram uma “bola-de-fogo” cruzar o céu e explodir sobre a cidade de Chelyabinsk (Figura 58).

Estima-se que antes da explosão o asteroide tinha aproximadamente 10 mil toneladas de massa e 17 metros de diâmetro. Tal objeto liberou na explosão, energia equivalente 500 quilotons. Para efeito de comparação a bomba lançada em Hiroshima liberou 13 quilotons de energia. Logo, pelos dados estimados a energia liberada pelo referido asteroide foi aproximadamente 38 vezes maior.

Figura 59: Buraco, de seis metros no lago gelado, provocado pelos fragmentos do asteroide que resistiram à resistência da atmosfera.



Fonte: Site Terra.

Após a explosão vários fragmentos caíram no lago Chebarku, situado na província de Oblasts, Rússia. A Academia de Ciências da Rússia estimou que a explosão ocorreu entre 30 a 50 km de altitude e a 6 quilômetros da cidade de Chelyabinsk, e entrou na atmosfera com uma velocidade de 108.000 km/h. Foram encontrados pedaços dos fragmentos do asteroide, que resistiram ação da resistência

Figura 60: Meteorito de Chelyabinsk em exposição no museu de Chelyabinsk, na Rússia.



Fonte: Site G1 Globo.

atmosférica, a 70 km do local, abrindo uma cratera de 6 metros de diâmetro no lago, conforme mostra a Figura 3.10.15. Há registros de que a onda de choque quebrou várias portas e janelas das residências da cidade. Em razão do acontecimento, pelo menos, 1.200 pessoas necessitaram de cuidados médicos e foram encaminhadas para o hospital de Oblast de Chelyabinsk. O meteorito recebeu o nome da cidade Chelyabinsk e está exposto no museu de mesmo nome, conforme mostra a Figura 60.

As ciências espaciais vêm desenvolvendo e testando técnicas para desviar a órbita, ou amenizar os efeitos catastróficos, de um possível asteroide que venha

a entrar em rota de colisão com a Terra, ameaçando a vida terrestre. Esses recursos são denominados de mitigação, (que veremos em seção específica). A NASA e a ESA têm em seus bancos de dados a relação de vários asteroides, alguns com potencial risco de entrar em colisão com a Terra, denominados NEO (WIKIPÉDIA; G1.GLOBO).

COMETAS

55) O que são cometas?

56) Qual o cometa mais famoso e por que obteve esse nome?

57) Quais os motivos para a existência da cauda e da cabeleira nos cometas?

Por alguma razão, vários povos tinham especial dedicação à contemplação do céu. Registros indicam que as observações de cometas pelos chineses datam a partir de 1054 a. C. O empenho em suas observações concederam-lhe vários registros significativos, até após 1600 d. C. No ocidente, as ideias referentes aos cometas foram comentadas, também no período medieval, inclusive na contemporaneidade dos filósofos

Figura 61: Imagem de um cometa cruzando o céu com sua cauda.



Fonte: Site Tri Curioso.

e astrônomos Aristóteles e Ptolomeu. A visão que se tinha, naquela época, sobre os cometas era diferente da que se tem atualmente, acreditava-se que estes objetos eram portadores de mensagens de um deus punitivo e castigador da humanidade. Eles ainda não sabiam explicar a causa de tal fenômeno, que cruzava o céu oferecendo um espetáculo magnífico, visto à noite, a olho nu (Figura 61).

Hoje, sabemos que cometas são corpos menores que orbitam o Sistema Solar; seu nome vem do latim *cometes*, que foi importado do idioma grego koinê, que significa “cabeleira da cabeça”. Os cometas são bastante pequenos, é difícil vê-los por meio de telescópios comuns, são bem mais visíveis quando eles se aproximam do Sol.

Os cometas são formados por uma mistura de gelo e poeira, Whipple os nomeou de “bola de gelo sujo” em 1950. Quando ele se aproxima do Sol, a camada de gelo que envolve o núcleo entra em estado de sublimação (mudando do estado sólido para o gasoso), em torno do cometa forma uma nuvem de gás e poeira, chamada coma, a parte sólida e gelada é identificada como o núcleo do cometa,

(veja na Figura 62). O vento solar, fluxo de partícula carregada oriundo do Sol, bafeja o gás e a poeira formando uma cauda, que aponta no sentido oposto ao Sol e pode estender até 1 UA.

Os cometas, normalmente, podem ter duas caudas, uma mais longa, curva e amarelada, devido a poeira;

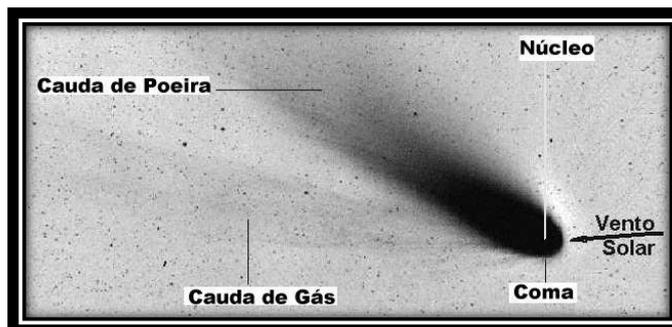
seu brilho se deve ao fato de emitir o reflexo da luz solar na poeira. E outra reta e azulada em razão do gás; seu brilho é por causa da emissão do monóxido de carbono ionizado. Pode também ser vista uma anticauda, isto é, uma cauda no sentido do Sol. Cabe esclarecer, que a visão espetacular de um cometa depende da posição do observador na Terra em relação ao Sol, e do local de onde esteja no momento de sua passagem. Este é um dos motivos pelos quais alguns não poderão ser vistos de qualquer lugar do planeta.

Determinar a órbita dos cometas sempre foi uma das tarefas mais trabalhosas para os astrônomos e matemáticos do século XVIII e permaneceu até os séculos seguintes. Depois da contribuição de vários astrônomos, a solução para a realização de cálculos mais simplificados foi dada em 1797 e 1799, pelo médico astrônomo alemão, Heinrich W. Matthins Olbers (1758 – 1840) e pelo astrônomo português, José Monteiro da Rocha (1734 – 1819). No ano de 1986 um cometa passou na vizinhança do nosso Planeta: o cometa Halley. Foi atribuído este nome ao cometa, para homenagear o astrônomo britânico Edmond Halley (1656 – 1742), que foi um dos pioneiros a teorizar que cometas são corpos de passagem periódicas e previu que em 1758 um cometa passaria pelo Sistema Solar.

Usando o método de Newton, Halley calculou a órbita de 24 cometas e descobriu que os cometas vistos nos anos de 1531, 1607 e 1682, se tratava do mesmo cometa e possuía órbitas similares. Ele concluiu que esse e outros cometas não eram objetos novos, e sim os mesmos que retornavam depois de um certo período. E concluiu que o período estimado para o cometa Halley é de 75 a 76 anos e, nesse caso, presume-se que seu retorno (passando próximo da Terra) será no ano 2061 (FIGUEIREDO, 2005).

A Figura 63 representa a órbita do cometa Halley em torno do Sol em 1986, ele se move em regiões mais externas do sistema planetário, além da órbita de Netuno, até o sistema solar interior. As setas indicam que a órbita do cometa Halley é retrógrada, ou seja, ele gira em torno do Sol em sentido contrário a todos os outros planetas. Isto indica que o cometa “caiu” em direção ao Sol, em sua

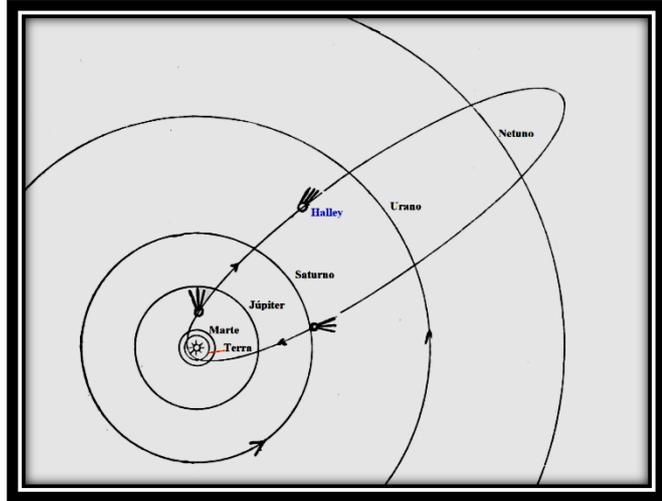
Figura 62: A representação de um cometa com a identificação de suas partes.



Fonte: Site Luso Academia.

primeira órbita, há dezenas de milhares de anos, posteriores à formação do sistema planetário (SOARES 2016).

Figura 63: Órbita do cometa Halley em sua passagem próxima à Terra em 1986.



Fonte: Site Astronomia: O que é e para que serve?

CAPITULO 7

DIFUSÃO DAS PRIMEIRAS TECNOLOGIAS

58) Há alguma relação entre as tecnologias e o desenvolvimento da sociedade?

A história das ferramentas, das máquinas e das tecnologias têm forte relação com a História da Ciência, dado que a ciência é uma produção humana, o desenvolvimento da tecnologia caminha junto com a evolução da humanidade. Embora não haja registros escritos dos indícios das primeiras máquinas produzidas pela humanidade na pré-história, existem as evidências diretas e indiretas das transformações de objetos encontrados na natureza pelos seres humanos. Como exemplo, pode se dizer as lascas de pedras utilizadas como ferramentas e as representações das pinturas rupestres, etc. Desde a pré-história os seres humanos, de alguma forma, têm produzido peças cada vez mais elaboradas e eficientes como os primeiros instrumentos de pedra, de metais, até chegar às máquinas simples.

No contexto da revolução pré-industrial diversos personagens inventores se destacaram. Como por exemplo, o pintor Leonardo Da Vinci (1452 – 1519), dentre as suas invenções, tem-se a máquina de moagem para moer as substâncias que usava em suas tintas, outro importante inventor, James Watt (1736 – 1819) que aperfeiçoou, ou inventou, a máquina a vapor. Rudolf Diesel (1858 – 1913) foi outro importante inventor, desenvolveu o motor a combustão de pistão, atualmente dominado motor a diesel. Foram várias invenções até a era industrial, mas a passagem da energia humana, hidráulica e animal para a motriz, foi o ponto culminante para o início da evolução tecnológica e econômica. Outro passo importante para a evolução industrial foi a automação, introduzida na indústria, no início de 1800 pelo francês, Joseph Marie Jacquard (1752 – 1834), ao inventar um tear mecânico com leitura automática de cartão. A partir de então, as máquinas têm auxiliado, e as vezes substituído, o ser humano, gradativamente.

Figura 64: Uma das primeiras lâmpadas inventadas no final do século XIX (1876).



Fonte: Revista História das Máquinas.

Com o domínio da eletricidade, as lâmpadas a óleo e a gás foram substituídas pelas lâmpadas elétricas (Figura 4.17), inventada por Thomas A. Edson (1847 – 1931), sendo mais uma influência para estimular o desenvolvimento industrial. A produção e a distribuição de energia elétrica por Thomas Edson, no século XVII e as tecnologias da comunicação, mobilizaram transformações econômicas e políticas. Pois, graças ao telefone, inventado em 1876 por Alexandre Graham Bell (1847 – 1922), a comunicação a longa distância por meio das máquinas foi iniciada. Em seguida foi a vez da máquina de calcular inventada em 1823 por Charles P. Babbage e a máquina de escrever, cujo inventor foi Christopher L. Sholes, em 1867. As máquinas antecessoras do computador, construído por, Konrad Zuse (1910 – 1995), entre 1935 e 1938. Alguns desses desenvolvimentos tecnológicos, configuraram um ensaio, para a invenção do primeiro computador eletromecânico programável a fita, chamado Z1, uma máquina revolucionária para o contexto.

O desenvolvimento científico e tecnológico acompanha as mudanças da história, interferindo na vida das pessoas e no curso da economia global. Alguns pesquisadores consideram que após a segunda guerra mundial, no contexto da Guerra Fria, foi a era do desenvolvimento da tecnologia espacial. Essa afirmação se baseia no impulso científico depois dos dois principais eventos espaciais daquela época. Estes dois eventos são: o lançamento ao espaço do primeiro satélite artificial, o Sputnik 1, em 1957, e da primeira viagem espacial tripulada à Lua, em 1969. Após esses dois acontecimentos, novas tecnologias vem impactando a sociedade com relevantes serviços. Desde então, vários produtos criados com a finalidade de atender às viagens espaciais têm contribuído com inúmeros benefícios, direta e indiretamente, na medicina, na telecomunicação, entre outras áreas. Para realizar as missões espaciais tripuladas ou não, foi necessário realizar várias pesquisas e desenvolver produtos, para garantir a integridade da tripulação e o sucesso da missão.

As agências espaciais de diversos países têm como missão explorar o espaço, mas para que seus objetivos tenham êxito, elas necessitam envolver-se em diversas pesquisas. Sempre que uma missão espacial é planejada, novos conhecimentos são gerados, devido à gama de pesquisas envolvidas. Aparentemente, os resultados desse árduo trabalho são intangíveis ao cotidiano da sociedade civil, mas o retorno do investimento à sociedade é significativo. Alguns produtos como: calçados esportivos, GPS, termômetros auriculares, óculos resistentes a impactos, entre outros, foram desenvolvidos durante as missões espaciais. Para Neil Armstrong e Buzz Aldrin permanecerem na superfície lunar por 2 horas e 31 minutos, praticamente, todos os equipamentos foram inventados ou aperfeiçoados para este feito, desde a sola de suas botas, a computadores de bordo, usados na comunicação entre a base de comando e os astronautas.

Depois dessa fantástica missão a ciência norte americana expandiu-se, extraordinariamente, e os países que investem em tecnologia espacial também têm obtido significativos avanços científicos e industriais. Pois é um tipo de pesquisa que influencia todas as áreas do conhecimento, gerando produtos tecnológicos que retornam beneficiando à sociedade. Quando alguém está fazendo exame de rastreamento de carcinoma da mama, cirurgia por meio de robô, ou usando, aparelhos ortodônticos, controle remotos, entre outros, não imagina que essa tecnologia foi desenvolvida, durante as missões espaciais. Graças a essa interação: a sociedade, o saber científico e as tecnologias se desenvolvem, simultaneamente. A relação e os impactos da tecnologia espacial na sociedade são os assuntos que serão discutidos nas próximas seções. (ABREU et al, 2006; CUTY; COPOBIANCO, 2011; WIKIPÉDIA).

A INFLUÊNCIA DA TECNOLOGIA ESPACIAL NA SOCIEDADE

59) Como se relaciona a Astronomia e as novas tecnologias?

Durante muito tempo, a Astronomia se ocupou de medir a posição dos astros, tentando compreendê-los e interpretar suas leis. Esta fase foi importante, pois contribuiu para os astrônomos acumularem bastante conhecimentos e prestar significativas contribuições para a humanidade.

Para compreender a natureza física dos astros é necessário saber mais que a sua posição, com o propósito de ampliar as informações sobre os astros os astrônomos incorporaram alguns instrumentos espaciais, como os telescópios. Graças ao uso de novas tecnologias é possível obter várias informações sobre o Universo, tais como: descobrir novas galáxias, saber quais os tipos de estrelas existem nelas, e mensurar: temperatura, massa, luminosidade, idade de formação, etc.

Este salto tecnológico da Astronomia tem início com a conquista do espaço, pelo o homem, pois a exploração do espaço passou a exigir tecnologias espaciais, cada vez mais robustas, para atender ao desejo de desvendar os mistérios do Universo. Assim, outras áreas do conhecimento foram criadas, como por exemplo a Astrofísica, a Astrobiologia e outras; para estudá-lo por meio de leis e conceitos da Física, tais como: luminosidade, densidade temperatura, composição química, das estrelas, galáxias e meio estelar. Depois do lançamento do primeiro satélite artificial ao espaço, as novas tecnologias espaciais expandiram a sua eficiência e têm prestado inúmeros serviços à sociedade. Nas próximas seções serão abordados outros aspectos da tecnologia espacial e da Astronomia na sociedade: incluindo importantes contribuições e influências, promovendo desenvolvimento em diversos níveis, bem como, os impactos positivos e os nocivos, como a alteração do ambiente espacial no entorno da Terra.

VOAR: DE UM SONHO PARA A REALIDADE

60) Como surgiram as primeiras ideias de voos?

61) O que é velocidade de escape?

62) O que mantêm os corpos presos à superfície da Terra?

63) Qual o exercício mental proposto por Isaac Newton, para que um corpo seja lançado ao espaço em direção ao infinito?

O sonho de voar, para a humanidade, não é recente. Esse desejo persegue o homem desde tempos remotos, por volta do século IV a. C. as narrativas épicas já versavam ideias de viagens escapando dos limites da Terra em direção ao espaço. O próprio Marco Túlio Cícero (106 – 43 a. C.) escreveu em seu livro “A República”, sobre um homem que viajou pelos cinco planetas existentes. Até o famoso Johannes Kepler (1572 – 1630) relatou em sua obra “Somnium” sobre uma viagem que fizera à Lua num sonho (Winter & Melo, 2007). Mas, de todas as obras de ficção a que mais se aproximou, de fato, da realidade foi a do escritor francês, Júlio Verne (1828 – 1905), considerado o inventor da ficção. Em 1865 ele publicou um romance, “De La Terre à la Lune”, descrevendo uma viagem à Lua. Seu conto foi tão rico em detalhes técnicos que influenciou às gerações que se dedicaram às pesquisas na Astronáutica. A ficção de Verne só se tornou realidade 103 anos depois com a ida do primeiro homem à Lua (WINTER; MELO, 2007).

Antes dos primeiros veículos ultrapassarem a atmosfera terrestre, a ciência Astronáutica prestou enorme contribuição no desenvolvimento de motores. Para se colocar um satélite no espaço é necessário dispor de naves e foguetes espaciais, chamados veículos de lançamento, mas isso só foi possível com o desenvolvimento dos motores de reação a combustíveis potentes. Essa tecnologia, efetivamente, só se tornou possível no início do século XX. Os estudos teóricos e práticos sobre foguetes foram desenvolvidos com a contribuição de pelo menos quatro cientistas; o russo Konstantin Eduardovich Tsiolkovsky (1857 – 1935), o americano Robert Hutchings Goddard (1882 – 1945), o romeno de ascendência alemã Hermann Julius Oberth (1894 – 1989) e o alemão Werner Magnus Maximilian von Braun (1912 – 1977).

O desenvolvimento da ciência Aeronáutica contou com a participação de vários cientistas importantes, tanto do lado dos norte-americanos como dos russos. Von Braun e sua equipe trabalharam em diversos projetos para as forças armadas norte-americanas e para a NASA, inclusive nos foguetes Saturno e no Projeto Apollo, que levou o homem à Lua. Do lado soviético pode-se destacar o engenheiro Sergei Pavlovitch Korolev (1907 – 1966). Em 1946 Korolev trabalhou, simultaneamente, no desenvolvimento de mísseis nucleares balísticos e foguetes capazes de levar cargas ao espaço. As contribuições de Korolev para a Astronáutica russa foram inúmeras, por exemplo, ele participou do

desenvolvimento do Sputnik, no primeiro voo de um homem ao espaço, primeiro pouso lunar de uma sonda, etc. (WINTER; MELO, 2007).

PROJETOS PRÉ-LUNARES

64) Quais as características do primeiro satélite artificial lançado pelos russos?

65) Qual a repercussão do lançamento do Sputnik 1, para o cenário político mundial?

Depois da Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945), a bipolaridade política entre os Estados Unidos da América (EUA) e União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), contribuiu para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia espacial. Nesta fase as relações políticas e diplomáticas entre os dois países eram tensas. Historicamente, este episódio é denominado por alguns, Guerra Fria. Conquistar o espaço era símbolo de força e hegemonia. A princípio, o projeto de conquista do espaço estava centrado na disputa de poder entre os dois blocos. De um lado os defensores do socialismo (a URSS) e do outro os defensores do capitalismo e da democracia (os EUA). Conquistar o espaço era a partir de uma competição entre russos e norte-americanos, demonstrando poder político e domínio científico espacial.

O primeiro lançamento espacial realizado pela URSS foi em 4 de outubro 1957, o Sputnik 1, a Figura 65 é imagem do primeiro satélite artificial apresentando uma esfera. O primeiro satélite foi ao espaço orbitando a Terra por 22 dias. Sua órbita foi uma elipse com uma altitude de perigeu (ponto mais próximo da Terra) de 230 km e apogeu (ponto mais distante da Terra) de 950 km, período de 96 minutos e plano orbital com 65° em relação ao equador da Terra. Em 4 de novembro do mesmo ano, para marcar a comemoração da Revolução, a URSS lançou o segundo satélite, o Sputnik 2, ficando em órbita por 162 dias. Este maior, já com um massa de 508 kg, foi o primeiro veículo espacial a

levar um ser vivo ao espaço. Transportou uma pequena cadela chamada Laika, recolhida nas ruas de Moscou. Os resultados dessa missão não foi bem explicado, pois a cadela sobreviveu por mais ou menos 10 dias em órbita, morrendo devido ao superaquecimento do módulo que ocupava. Essa informação só foi divulgada alguns anos depois, sem muito esclarecimento, pois os russos não tinham interesse em divulgar o reconhecimento de falhas no projeto. Esta, não seria a primeira vez que animais teriam sido enviados ao

Figura 65: Sputnik 1 com a cúpula aberta, primeiro satélite russo lançado ao espaço em 1957.



Fonte: Site Ninfinger.

espaço. Tanto a URSS quanto os EUA já haviam realizado missões semelhantes, em regiões suborbitais, isto é, em pequenas altitudes.

As notícias do exitoso sobre o lançamento do Sputnik causou inquietação e insegurança nos EUA, que supuseram que a URSS detinha, no momento, maior poder tecnológico. Este evento gerou uma crise na comunidade científica espacial dos Estados Unidos. A reação imediata foi lançar um foguete, implementado no projeto Vanguard, em 6 de dezembro de 1957. Porém, o resultado foi decepcionante, pois após o artefato subir a um metro da plataforma, desintegrou-se em chamas. Com o insucesso do projeto Vanguard, as forças armadas norte-americanas colocaram em execução o Projeto Explorer, que só teve êxito depois de dois lançamentos abortados. O primeiro lançamento bem sucedido dos EUA foi em 31 de janeiro de 1958, do satélite Explorer I (ou Satélite 1958 Alpha). O veículo conduziu um contador Geiger para medir a radiação ao redor da Terra (WINTER; MELO, 2007).

Os dados obtidos com o contador Geiger, serviram para verificar a existência do campo magnético em torno da Terra, descobrindo uma região onde ocorrem várias atividades atmosféricas, devido à concentração de partículas carregadas, procedente do Sol. Atualmente, esta região é denominada Cinturão Van Allen, em homenagem ao físico James Van Allen, que construiu o contador Geiger. Estes foram os primeiros projetos espaciais dos EUA e foram coordenados pela NACA (National Advisory Committee for Aeronautics). Essa agência foi a precursora da NASA (National Aeronautics and Space), criada em 29 de julho de 1958.

A primeira missão espacial russa desencadeou mudanças significativas no campo científico-tecnológico, visto que a superioridade tecnológica do seu rival, no momento, representava uma ameaça, tanto do ponto de vista da segurança nacional militar, quanto no aspecto econômico. A crise gerada fez com que houvesse várias mudanças em diversas organizações e na educação norte-americana. A partir de então, o Conselho Nacional de Pesquisa – NCR e a National Science Foundation – NSF e outras organizações profissionais de Ciências e Matemática realizaram diversas conferências e encontros para revisar o currículo escolar dessas disciplinas dentre outras áreas do conhecimento. Vários programas foram criados nesse sentido, enfatizando os conteúdos de: Física (Physical Science Study Committee- PSSC), Química (Chemical Education Materials Study – Chm Study), Biologia (Biological Sciences Curriculum Study – BSCS), e Ciências da Terra (Earth Sciences Curriculum Project – ESCP). Os EUA exportaram esse projeto educacional para outros países, inclusive o currículo do Ensino Médio brasileiro, foi influenciado por esse programa, no final da década de 50 e 60 (WINTER; MELO, 2007).

As principais características desses programas educacionais foram o uso da abordagem de atividade orientada na educação científica, com ênfase em Ciência da Natureza e Matemática aplicadas ao dia a dia ou aos problemas

tecnológicos. Depois do lançamento do Sputnik, as mudanças na educação foram consideradas as maiores, na abordagem curricular, no movimento educacional. Algumas hipóteses afirmam que uma das intenções dos norte-americanos com tais interferências era tentar impedir as influências socialistas nas Américas.

MISSÃO LUNAR

66) Qual a primeira missão lançada com a intenção de chocar-se com à Lua?

67) Qual o primeiro ser vivo que foi ao espaço?

68) Quais foram: o primeiro homem e a primeira mulher a irem ao espaço? Quem os enviou?

69) Qual a missão a chegar, definitivamente, à Lua? Quando foi o seu retorno?

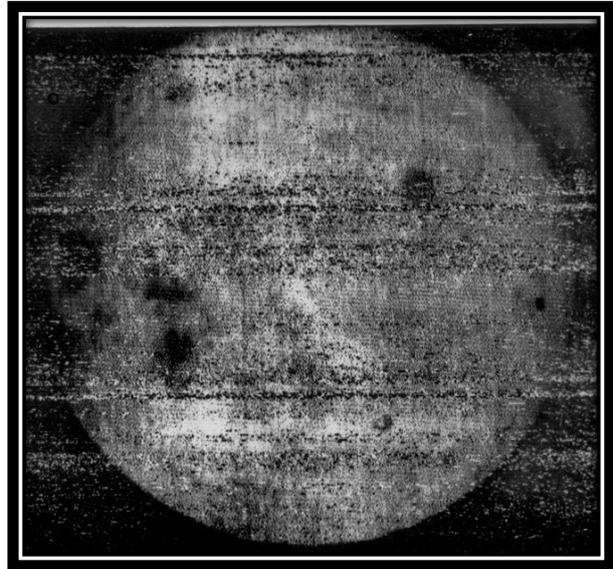
70) Quantas missões tripuladas já foram até a Lua?

A primeira sonda dos EUA com o propósito de chegar à Lua foi a Thor-Able 1 (Pioneer 0), lançada em 17 de agosto de 1958. Mas uma falha no sistema de fornecimento de combustível, nos motores do foguete, causou uma explosão, impedindo seu lançamento. O audacioso projeto era uma tentativa dos EUA se antecipar aos russos na corrida espacial, coincidindo com o evento do primeiro ano Geofísico Internacional, que aconteceu entre os anos 57 e 58. Porém, uma falha no sistema de controle de combustível do foguete que levaria a sonda Able 1 para o espaço causou uma explosão, 77 segundos após o lançamento, quando o foguete já estava aproximadamente a 16 km de altitude, as partes da fuselagem do foguete e da sonda caíram no oceano Atlântico (WINTER; MELO, 2007).

Depois dos EUA lançarem o satélite Explorer I, a Rússia reagiu com o projeto Lunik. A primeira sonda lunar Russa foi a Lunik 1, lançada em 2 de janeiro de 1959. Foi o primeiro artefato humano a atingir a velocidade de escape da Terra. O objetivo da missão era colidir com a Lua, mas um atraso na ignição do foguete fez com que a sonda passasse próximo ao alvo, com uma diferença de 5.995 km da sua superfície. Contudo, a missão proporcionou informações importantes sobre o meio entre a Terra e a Lua. O lançamento da Lunik 2 em direção à Lua ocorreu em 12 de setembro de 1959. Esta foi a primeira nave espacial que conseguiu alcançar a superfície da Lua. Sua chegada à superfície lunar foi constatada, aproximadamente, 63 horas, após o seu lançamento.

Em seguida, os russos lançaram a Lunik 3. Seu lançamento foi em 4 de outubro de 1959. A sonda sobrevoou a Lua no dia 6 de outubro, retirando cerca de 30 fotografias da face oculta da Lua. A Figura 66 é uma das primeiras fotografias da Lua tirada do espaço, algumas das quais foram divulgadas em 17 de outubro. Logo após, a sonda retornou e entrou na órbita terrestre. O projeto Lunik tornava cada vez mais possível a capacidade da URSS chegar primeiro à Lua. As missões que antecederam à primeira viagem que colocou o homem na Lua, foram relevantes para o sucesso das primeiras viagens espaciais tripuladas, uma vez que, elas serviram como fonte de informação e ensaio para este fim. Os resultados aproximavam, progressivamente, o ser humano do satélite natural da Terra.

Figura 66: Foto da Lua tirada pela sonda soviética Luna 3, em 07 de setembro de 1959.



Fonte: Site Proyecto (IDIS).

As atividades desenvolvidas até então já tinham conseguido enviar animais para o espaço, bem como, colocar satélites em órbita. Portanto, as primeiras sondas enviadas ao espaço já haviam mostrado que o espaço poderia ser conquistado pelos humanos. Este era o novo desafio e os soviéticos foram os pioneiros. Em 12 de abril de 1961 o foguete Vostok decolou, levando a bordo um astronauta, de 1,58 metros de altura, 69 quilogramas e com 27 anos de idade, que ficou conhecido internacionalmente. Yuri Alekseyevich Gagarin, foi o primeiro homem a ir ao espaço, sua missão durou 108 minutos. Do espaço, ao olhar o planeta ele proferiu a seguinte frase: "A Terra é azul". Ele se tornou herói soviético e visitou vários países, tornando-se símbolo da capacidade tecnológica do regime socialista. Esteve no Brasil e foi condecorado com a medalha Cruzeiro do Sul, pelo Presidente Jânio Quadros (Figura 67).

Os EUA também estavam desenvolvendo seus projetos com o mesmo objetivo de levar o homem à Lua. O primeiro norte-americano escolhido para tal missão, foi Alan Bartlett Shepard Jr, em 5 de maio de 1961. Seu voo sub orbital a bordo da Freedom 7, projeto Mercury, durou 15 minutos. Para os norte-americanos foi uma missão bem sucedida.

Do outro lado, os russos não estavam parados. Em 7 de agosto de 1961 a URSS enviou seu segundo homem ao espaço, German Stepanovich Titov (1935 – 1990), na nave Vostok 2. Ele se tornou o terceiro homem a ir ao espaço. Este poderia ser considerado o primeiro voo espacial tripulado, pois Titov executou 17,5 órbitas ao redor da Terra e investigou os efeitos da falta de gravidade no organismo humano, por longo tempo. Depois destas duas e de outras viagens espaciais tripuladas, a União Soviética planejou enviar a primeira astronauta feminina e mais uma vez eles superaram os norte-americanos nessa disputa pela conquista do espaço. A primeira mulher a realizar tal façanha foi Valentina Vladimirovna Tereshkova. A primeira *komsohabt*²⁸ feminina foi ao espaço em 16 de junho de 1963 (veja na Figura 68). A missão dela foi na nave Vostok 6, permanecendo no espaço por mais de dois dias. Ela recebeu várias condecorações da União Soviética, tornando-se a presidente do comitê das mulheres soviéticas. Assim como Gagarin, ela se tornou membro do Soviet Suprem e foi eleita mulher do Século XX em 2001.

Depois das primeiras e bem sucedidas missões tripuladas, iniciou-se outra fase, denominada atividades extraveiculares (AEV). Estes procedimentos consistiam em quaisquer serviços realizados por seres humanos fora de suas naves ou estações espaciais. Isso incluía as realizadas sobre algum corpo celeste, caminhada no solo da Lua, por exemplo. A primeira AEV ocorreu em 18 de março de 1965, realizada pelo soviético Alexei Leonov. E a primeira AEV norte-americana foi realizada em 3 de

Figura 67: Yuri A. Gagarin primeiro cosmonauta a ir ao espaço, num foguete Vostok da antiga União Soviética.



Fonte: Site Info Escola.

Figura 68: Valentina primeira mulher a ir ao espaço, ela era de cidadania russa e tinha 26 anos na época.



Fonte: Site AH Aventura na História.

²⁸ Cosmonauta em russo.

junho de 1965 pelo astronauta Edward H. White II e a primeira AEV em outro corpo celeste foi realizada por Neil Armstrong, ao pisar em solo lunar (WINTER; MELO, 2007).

Chegar à Lua sempre foi um grande desafio, sendo superado após muitas pesquisas e o desenvolvimento da ciência e tecnologia espacial poderosa. Para superar este desafio, os EUA colocaram em prática o Programa Apolo, cujo objetivo era levar o homem à Lua. A dimensão deste programa envolveu 40.000 pessoas, incluindo indústrias, universidades e centros de pesquisas, gerando um dispêndio de 136 milhões de dólares (valores atualizados em 2006). A primeira missão que realmente colocou o primeiro homem em solo

lunar foi planejada minuciosamente pela equipe do projeto. A nave espacial que finalmente concluiu a missão foi a Apolo 11. Sua tecnologia foi planejada para ser capaz de ir até a Lua e voltar, trazendo os astronautas em segurança; sua tripulação total foi de três astronautas: Niel Armstrong (comandante), Edwin 'Buzz' Aldrin (piloto do módulo lunar) e Michael Collins (piloto do módulo de comando), veja na Figura 69. A Apollo 11 foi lançada em 16 de junho de 1969 da base de lançamento 39 em Cabo Kennedy, em direção à Lua.

Em 19 de junho a Apolo 11 passou pelo lado "oculto" da Lua e se preparou para entrar em órbita. Em 20 de julho Armstrong eternizou-se como sendo o primeiro homem a pisar, literalmente, no solo da Lua (Figura 70). O local escolhido para o pouso (ou alunissagem) da nave foi uma região denominada Mar da Tranquilidade, um local relativamente plano e, previamente, mapeado por sondas não tripuladas. Quando o módulo lunar (LM) pousou na Lua, Armstrong proferiu a seguinte frase: "*Houston, aqui é a Base da Tranquilidade. A Águia pousou*". Seis horas depois do

Figura 69: Os astronautas que participaram da primeira viagem à Lua, em 1969 na espaçonave Apolo 11 (Armstrong, Collins e Aldrin).



Fonte: Wikipédia.

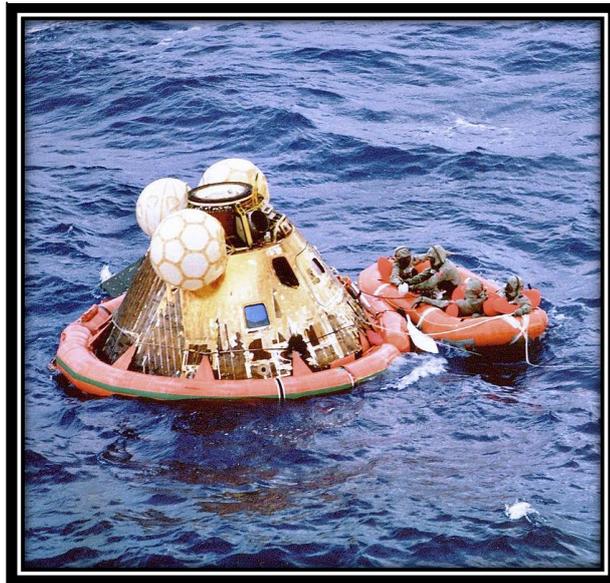
Figura 70: O astronauta Aldrin em solo lunar olhando para a Terra.



Fonte: Site Flickr.

pouso ele abriu a escotilha da LM, desceu as escadas e pisou no solo lunar e disse a frase histórica: “*Este é um pequeno passo para o homem, mas um gigante salto da humanidade*”. Depois de 2 horas e 31 minutos explorando as vizinhanças do local de pouso, eles coletaram 21 kg de rochas, instalaram alguns instrumentos e fizeram experiências diversas; ao finalizarem as tarefas voltaram para o LM. O módulo permaneceu na Lua por 21 horas e 36 minutos e decolou em direção ao módulo de comando.

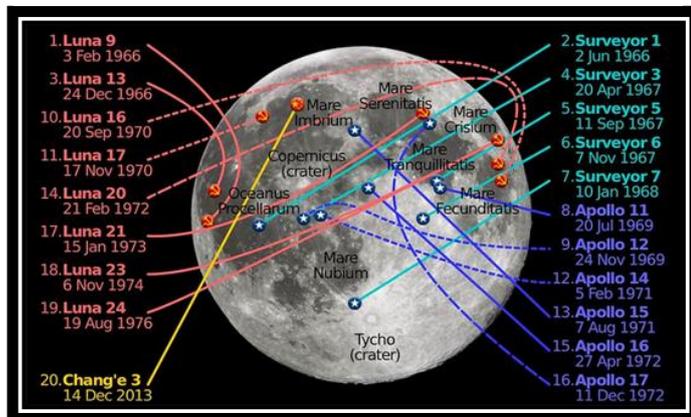
Figura 71: Resgate dos astronautas no módulo de comando Columbia no Oceano Pacífico durante a amerrissagem.



Fonte: Wikipédia.

A missão dos norte-americanos foi concluída e testemunhada por 600 milhões de pessoas, pois eles conectaram uma câmera de TV no Módulo Lunar e em vários lugares da Terra, esse importante acontecimento pôde ser assistido. Em 24 de junho o Módulo de Comando desceu ao mar no Oceano Pacífico a 2.660 km ao leste de Wake Island (Ilha Wake) e os desbravadores da Lua foram resgatados pela Marinha norte-americana (Figura 71).

Figura 72: Locais onde as sondas e as espaçonaves da Rússia, EUA e China pousaram na Lua.



Fonte: Site Flickr.

Depois da primeira missão do programa Apollo 11, ocorreram mais seis viagens à Lua, também exitosas, exceto Apollo 13, na Figura 72 estão registrados os locais das alunissagens (pouso na Lua). Decolagem das naves espaciais: Apollo 13 decolou em 12 de novembro de 1969; Apollo 14 em fevereiro de 1971; Apollo 15 julho de 1971; Apolo 16 abril de 1972 e Apollo 17 dezembro de 1972, que foi o último voo do Projeto Apollo para a Lua. A Apollo 13 foi única do projeto que foi abortada, devido a problemas técnicos. Eram previstas mais outras missões (Apolo 18 a 20), mas em virtude de cortes orçamentários foram canceladas pela NASA (MACAU, 2007).

Das missões, foram trazidos em torno de 380 kg de rocha da Lua para análise. Estudos revelaram que essas rochas são bem mais antigas que as da Terra com idade de, aproximadamente, 3,2 a 4,6 bilhões de anos. A missão da Apollo 15 encontrou uma rocha especial, denominada Pedra Gênese, algumas hipóteses sugerem que ela deve ter sido originada na formação da Lua. As análises provenientes das missões e dos experimentos permitiram inferir algumas conclusões: a Lua é constituída de material bastante similar ao encontrado na Terra e por rochas de impacto (rochas originárias de vulcões e choque de meteoritos), possui uma crosta grossa (60 km), a Lua é tão antiga quanto a Terra, não há existência de vida, nem de organismos e nem fósseis e há algumas crateras.

Uma das contribuições relevantes para a Física, em consequência da conquista espacial, foi a colocação de um conjunto de espelhos refletores na Lua pelos astronautas responsáveis das missões Apollo 11, 14 e 15. Esses refletores contribuíram para confirmar a distância entre a Terra e a Lua. A fim de realizar o experimento, os físicos dispararam pulso de laser em direção aos refletores deixados na Lua e, cronometrando o tempo de ida e volta do raio luminoso, confirmaram a distância Terra-Lua, com melhor precisão, visto que, já era conhecida a velocidade da luz.

Atualmente, devido à restrição orçamentária do governo norte-americano, a NASA não tem obtido recursos para empreender novas missões espaciais. A última viagem tripulada foi em 1972, com a espaçonave Apollo 17. Até o momento, projetos de retorno à Lua não têm sido debatidos. Um dos assuntos discutidos no momento é uma possível viagem ao planeta Marte, ainda sem data confirmada. Tem-se cogitado o interesse da NASA em fazer parcerias com empresas privadas para explorar o espaço. Missões espaciais não tripuladas, têm sido realizadas com frequência, a NASA já enviou dois robôs a Marte e China enviou um, o Yutu-2, para explorar o lado oculto da Lua, em 2019, pela agência espacial chinesa CNSA. A Figura 73 é imagem do robô Opportunity (MER-B) segundo enviado a Marte em 7 de junho de 2003 e chegando a seu destino em 25 de janeiro de 2004 (MACAU, 2007; WIKIPÉDIA).

O evento dos EUA ao colocarem o primeiro homem em solo lunar, poderia ser interpretado a priori como uma vitória norte-americana sobre os russos. Porém, antes da culminância o que realmente marcou a história da tecnologia espacial foram as diversas tentativas exitosas e também alguns fracassos de ambos os lados. Portanto, a análise dos fatos pode ser de outra maneira, a da conquista mútua. Observe que cada vitória de um país impactava e motivava o outro. No final ocorreu uma produção coletiva e exploração do espaço (WINTER; MELO, 2007).

Figura 73: O robô Opportunity monitorando Marte, enviado pela NASA em 2003.



Fonte: Wikipédia.

CAPITULO 8

SATÉLITES ARTIFICIAIS

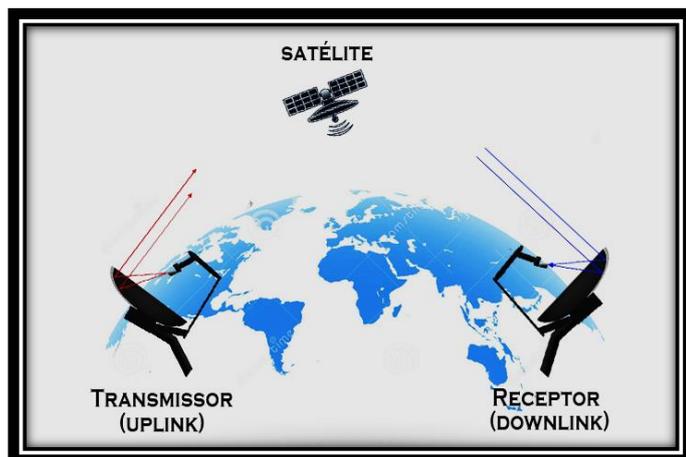
71) O que são satélites artificiais?

72) Quais as finalidades dos satélites artificiais?

Depois das primeiras viagens espaciais, diversos satélites artificiais passaram a povoar o espaço. O primeiro satélite artificial, o Sputnik I, só tinha capacidade de emitir sinais característicos de “bip, bip, bip, ...”, mas o fato de ser o primeiro artefato humano enviado ao espaço, capaz de enviar sinais de comunicação para Terra, foi suficiente para entrar na história, marcando o início da corrida espacial e despertar a contraofensiva dos EUA. Satélite artificial é um engenho de fabricação humana, colocado em órbita ao redor da Terra ou em outro planeta de interesse. O termo “satélite artificial” é usado para diferenciá-lo dos satélites naturais que estão em órbita em torno de alguns planetas.

Os primeiros satélites foram fabricados no período da guerra fria e tinham como principais premissas missões militares; portanto, os objetivos destes eram realizar registros fotográficos dos territórios inimigos. Hoje os satélites artificiais fazem parte do cotidiano de cada pessoa, pois são usados em diversas atividades como: transmissão de TV, sinal de telefonia, GPS, atividades científicas, etc. O esquema

Figura 74: Esquema da transmissão e recepção de sinais via satélite artificiais.



Fonte: Adaptada pelo autor.

básico da transmissão e da recepção de informação por satélite é constituído por uma plataforma, contendo todos os equipamentos para o seu funcionamento, painel solar para seu suprimento de energia e a carga útil, constituídos de antenas, sensores transmissores e receptores, entre outros, conforme (Figura 74).

Os satélites artificiais são classificados em dois sistemas básicos de sensores passivos, os que recebem o sinal e transmitem sem alterá-lo e os ativos, que amplificam o sinal transmitido. O sistema de comunicação via satélite é composto de um satélite, ou conjunto de satélites, centro de controle responsáveis pelo monitoramento e estações terrestres munidas de antenas transmissoras e receptoras. Segue alguns tipos de satélites, segundo suas aplicações e utilidades:

1) Meteorológicos: são os que monitoram e analisam os diferentes padrões meteorológicos e suas alterações, tempo e clima, embora também monitorem ações humanas. Este tipo de satélite possui câmera que tira fotos (imagens) de diversos pontos do planeta, para identificar chuvas, neves, tipos de nuvens. Ajuda a prever o tempo e eventos climáticos como furacões, tornados, etc.

2) De Navegação: são os que facilitam o tráfego aéreo, marítimo e terrestre. Os condutores de veículos usam os dados de navegação para ter orientação precisa de suas posições e também dados de seus deslocamentos. Em situações de emergência, eles também podem enviar sinais para o satélite e este retransmitir para as estações de emergências, auxiliando nas providências a serem tomadas.

3) Militares: são os que ajudam as forças armadas a navegar, se comunicar, a coletar informações de inteligência, tiram fotos e captam ondas de rádios de transmissão de outros países.

4) Científicos: são os que fotografam objetos espaciais, ajudam os cientistas a pesquisar a Terra, os planetas, asteroides, buracos negros, cometas, o Sol e outros sistemas solares e recebem sinais de sondas espaciais. Eles também são usados para realização de experimentos científicos fora da Terra, experimentos de microgravidade, etc.

5) De Observação da Terra: são os que assessoram remotamente a superfície da Terra, registrando desmatamentos, crescimento populacional, utilização do solo, etc. Mapeiam também recursos minerais, hídrico, safras agrícolas, etc.

6) De Comunicação: são os que são usados para fins de comunicação, criando um canal de comunicação entre uma fonte transmissora e outra receptora. Eles transmitem programas televisivos, chamadas telefônicas, sinal de internet, etc. Eles são importantes para as transmissões de longa distância em tempo real, por exemplo, os eventos esportivos entre países, como a Copa do Mundo. No caso das distâncias relativamente longas, entre a fonte transmissora e a receptora, o sinal sofre distorção, devido a vários fatores como a curvatura da Terra, interferências de fontes geradoras de ruídos, dentre outros. Estes inconvenientes são resolvidos com o uso dos satélites geoestacionários.

7) Geoestacionários: são os que completam uma órbita em torno do planeta em tempo de, aproximadamente, 24 horas. Assim, eles se encontram aparentemente parados relativamente a um observador fixo sobre a Terra, geralmente sobre a linha do Equador. Eles são utilizados como satélites de comunicação e de observação de regiões específicas da Terra. Eles se movem com a mesma velocidade angular da Terra.

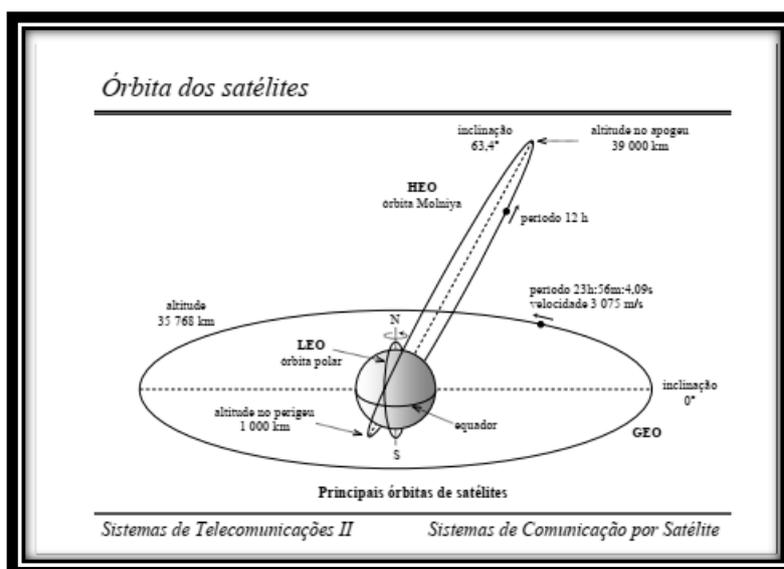
8) Geossíncronos: são aqueles satélites que possuem uma órbita em torno da Terra com o mesmo período de rotação. Suas órbitas, geralmente, fazem um ângulo com a linha do Equador, chamado de inclinação da órbita. Uma órbita geoestacionária é também geossíncrona, mas com o ângulo de inclinação igual a zero (BASCHTA JUNHO, 2019; LEITÃO).

ÓRBITAS DOS SATÉLITES ARTIFICIAIS

73) Quais as órbitas mais adequadas para se colocar satélites de comunicação e climatológico?

Para um satélite permanecer no espaço, vários detalhes têm que ser previamente planejados. Conforme sua finalidade, deve-se escolher a órbita adequada, mas existem outros fatores determinantes, como por exemplo, não colocá-lo na faixa do Cinturão Van Allen. Esta é uma região do campo magnético terrestre na qual ocorrem vários fenômenos atmosféricos, devido a presença de partículas de alta e baixa energia. Estas partículas altamente carregadas, provenientes da atmosfera e do Sol, ao serem capturadas ficam presas nesta localidade do espaço. Em consequência desses fatores, foram selecionadas três divisões onde os satélites podem ser posicionados com segurança, a Figura 75 é um esquema representativo das referidas regiões. As órbitas dos satélites artificiais são:

Figura 75: Representação das principais orbitas ocupadas por satélites artificiais.



Fonte: Site Academia edu.

1) Órbitas baixas da Terra (LEO): São colocados a maioria dos satélites científicos, meteorológicos e de sensoriamento remoto em baixa altitude, região de aproximadamente 180 a 2.000 km. Geralmente, estes satélites circulam a Terra cortando os polos, partindo da linha do Equador. Assim, eles obtêm imagens a cada 24 horas. Devido à aproximação com a Terra, eles se deslocam com velocidades elevadas (da ordem de 7,9 km/s). Esta dinâmica é para não ser capturado pela atmosfera ou força gravitacional da Terra, pois em velocidades pequenas, o satélite seria atraído pela gravidade ou arrastado pela força de arrasto atmosférico que o colapsaria na atmosfera, comprometendo sua missão.

Nesta órbita, o satélite completa 16 a 17 voltas em torno da Terra num período de 24 horas.

2) Órbitas Geossíncronas (GEO): A órbita desses satélites é inclinada, com período semelhante ao período sideral da Terra, ou seja, aproximadamente 23 horas 56 minutos. Sua altitude é de 37.700 km. Nessa posição três satélites conseguem cobrir quase que totalmente a superfície da Terra, com exceção dos polos. Assim sendo, para garantir a precisão são usados quatro satélites.

3) Órbitas Geoestacionárias: Esse é um caso especial de órbita geossíncrona. A órbita desse satélite é circular, situando-se sobre o Equador. Nesta órbita o satélite gira com a mesma velocidade da Terra, permanecendo apontado sempre para uma mesma região, dando a sensação de estar estático em relação ao observador. Geralmente, esse tipo de órbita é reservado aos satélites de comunicação. A quantidade de satélites para ocupar essa órbita é limitada. A altitude da órbita é da ordem de 36.000km.

4) Órbita Média da Terra (MEO): Esta órbita é baixa e geoestacionária, ficando entre as altitudes de LEO e GEO. Nesta região encontram-se os satélites de transmissão de dados de internet banda larga, observações da geodesia (divisões curvas), da física espacial, dentre outras aplicações. Os militares e os conglomerados de satélites como GPS, localizam-se nesta região.

5) Highly Elliptical Orbit (HEO): Esta é uma órbita frequentemente elíptica. Em baixas altitudes o satélite apresenta-se próximo do zênite (ponto vertical acima do observador), num período de tempo considerável. Existem ainda outros tipos de órbitas, que atendem a missões espaciais específicas, as quais não foram citadas aqui (Baschta Junho, 2019; Leitão e Oliveira Reis et al., 2008). Um exemplo importante deste tipo de órbita são as órbitas Molniya, de satélites de comunicação russo, que tem inclinação de 63,4 graus e período orbital de metade de um dia sideral, argumento de perigeu de -9° graus. Eles são usados primariamente para prover cobertura de comunicação e monitoramento em latitudes altas, onde os satélites geoestacionários aparecem em uma elevação baixa.

De uma maneira geral, os satélites permanecem em órbita em torno de um corpo devido à sua energia potencial e cinética orbitais, as quais são determinadas pela altitude nas quais eles operam. Devido a forças dissipativas que acontecem em diversas altitudes, os satélites perdem altitude e decaem, saindo das suas órbitas nominais (onde eles realizam as suas missões). Com a atuação do seu sistema de propulsão, o sistema de controle realiza manobras de correção, trazendo o satélite de volta à sua órbita nominal. Contudo, com o fim do combustível à bordo, o satélite perde altitude. E não se consegue mais leva-lo à sua órbita nominal. Daí, finda-se a vida do satélite. Seus sinais não serão mais precisos e ele perderá a sua utilidade. Ele decairá em altitude e se transformará em detrito espacial, objeto não operacional, (BASCHTA JUNHO, 2019; LEITÃO).

CAPITULO 9

PRIMEIRO OBSERVATÓRIO NACIONAL & MARCGRAF

74) Quais as contribuições de Jorge Marcgraf para a astronomia brasileira?

Documentos de missionários naturalistas e etnólogos do Brasil colonial têm servido de base para pesquisar as relações dos primeiros habitantes brasileiros com Astronomia. Em vista disso, a astronomia brasileira inicia-se com índios que foram seus primeiros habitantes. Porém, segundo o professor astrônomo Matsuura, foi durante a invasão holandesa que o cosmógrafo de Maurício de Nassau documentou as primeiras observações astronômicas do nordeste brasileiro. Essa seção é um breve resumo do trabalho de Marcgrave.

O primeiro Observatório Nacional foi criado em 27 de setembro de 1827 na cidade do Rio de Janeiro, no império de dom Pedro I, porém, cabe registrar que os primeiros registros astronômicos do Brasil foram iniciados na cidade de Recife, Pernambuco e começaram com os trabalhos do médico, matemático e astrônomo, Jorge Marcgrave (ou Georg Marcgraf; 1610 – 1644), de nacionalidade alemã, cosmógrafo da corte do conde Maurício de Nassau, no Brasil. Ele morreu aos 34 anos, sem nenhuma publicação, apenas algumas cartas. Suas observações foram citadas pelo teólogo e historiador holandês, Gaspar Barléu (1584 – 1648), que escreveu sobre o império colonial do Brasil holandês. A obra de Barléu foi inspirada na atuação de Maurício de Nassau. Em sua narrativa ele citou Marcgrave como astrônomo do conde, onde havia desenhado todas as fases do eclipse total do Sol em 13 de novembro de 1640. Este eclipse foi parcial e as anotações se referiam a cálculos que ele fez.

Apesar disto, suas atividades astronômicas só viram a ter notoriedade de fato, por meio de uma publicação intitulada “*Historia Naturalis Brasiliae*” (Matsuura apud Laet, 1648), considerada a primeira obra científica do Brasil. Na obra foram incluídas algumas informações astronômicas, uma das quais, a longitude de Recife, calculada com base nas observações de um eclipse lunar, na cidade de Recife em 20/21 de dezembro de 1638.

Uma biografia mais completa sobre Marcgrave só veio a ser escrita muitos anos depois pelo ictiólogo²⁹ americano Eugene Gudger (Matsuura apud Gudger, 1912) que pela primeira vez incluiu informações que além de saber botânica e medicina, ele havia também aprendido cálculo. Antes de fazer parte da corte de Nassau, Marcgrave viveu dois anos em Stettin com o astrônomo Lorenz Eichstadt, que se tornou famoso por publicar efemérides planetárias. Outros registros indicam seu contato também em Estrasburgo com Jacob Bartsch (genro de Kepler). Consta também na biografia que Macgrave foi aconselhado

²⁹ Ramo da zoologia que estuda os peixes e sua relação com o ambiente, padrões de crescimento, distribuição, condições de vida, alimentação, reprodução, etc.

pelos pais a sair de casa (Liebstadt) e viajar pelo mundo, uma vez que, Alemanha estava devastada pela Guerra dos Trinta Anos. Depois de visitar várias universidades, ele conseguiu vir para o Brasil com o sonho de praticar Astronomia. Com o patrocínio de Nassau, ele construiu um observatório astronômico em Recife. O livro “Observatório do Telhado”, de Mitsuura, faz um relato dos seus trabalhos.

Não é possível afirmar com exatidão o local que Macgrave fez suas primeiras observações no Brasil. Documentos citam pelo menos três locais: na casa de Guilherme Piso, na primeira residência do conde Nassau e no palácio de Friburgo. Sabe-se que ele instalou um observatório no telhado do conde, onde era um dos residentes, porém a estrutura residencial não havia sido planejada para essa finalidade, vindo a ruir em 18 de março de 1640. O observatório só voltou a funcionar em 11 de junho do mesmo ano. Apesar de que as atividades astronômicas de Macgrave tenham ocorrido num momento de dominação estrangeira, elas marcam o início da Astronomia do Brasil. E graças aos trabalhos desse astrônomo, o Observatório Astronômico de Recife foi o primeiro das Américas e de todo Hemisfério Sul (MATSUURA, 2014).

PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

Apesar dos primeiros registros astronômicos do Brasil serem iniciados no século XVII, registros indicam que o marco inicial do Programa Espacial Brasileiro foi a partir de 1945 com a criação do Centro Técnico de Aeronáutica (CTA), constituído por dois institutos científicos. O Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), com finalidade de ensino e pesquisa e o Instituto Pesquisa e Desenvolvimento (IPD), voltado para dar suporte, estudar os problemas técnicos, econômicos e operacionais relacionados à Aeronáutica.

Após criado o CTA, várias instituições como IAE, INPE, AEB e EMBRAER, entre outras, foram concebidas. A região de São José dos Campos-SP se tornou um polo importante de indústria e tecnologia aeroespacial do Brasil. O atual CTA (Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial), também tem sede em São José dos Campos-SP. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Agência Espacial Brasileira (AEB), são duas instituições importantes no desenvolvimento de pesquisas na área espacial, com merecidos destaques por seus serviços em nível nacional e internacional. O INPE tem atuação de natureza técnica e a AEB tem atuação política e organizacional. O INPE atua desde o desflorestamento de matas, previsão de tempo à origem do Universo. Sua sede também é em São José dos Campos e há mais sete unidades em território nacional. A AEB é uma autarquia federal de natureza civil com sede em Brasília – DF, criada em 10 de fevereiro de 1994. Este órgão é responsável pela Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), estabelecendo objetivos e diretrizes a serem materializados nos programas e projetos nacionais relativos à área espacial, destacando o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE). São várias instituições que fazem parte no desenvolvimento da ciência

e tecnologia espacial brasileiras, que geram milhares de empregos e desenvolvem ciência de qualidade (WINTER; PRADO, 2007).

PROJETOS do PNAE

76) Baseado no cenário internacional, no que tange investimento em Programa Espacial, como está o Brasil?

77) Por que, atualmente, os astronautas brasileiros não participam da equipe de pesquisa da estação ISS?

Segundo as informações publicadas no livro “A Conquista do Espaço”, o Centro de Lançamento de Alcântara está em processo de modernização e capacitação de suas instalações. A base opera em lançamento de pequenos foguetes, apoio ao desenvolvimento de satélites. O programa Sino-Brasileiro de Observação de Recursos Terrestres – CBERS, tem sido a mais bem sucedida cooperação científica internacional em andamento, entre o Brasil e a China.

No portal da AEB, constam informações dos projetos realizados mais recentes, como o lançamento dos satélites do programa CBERS. Já foram lançadas várias séries do projeto (1, 2A, 2B, 3 e 4); o CBERS-4A está para ser lançado os, CBERS-5 e 6, estes são projetos em andamento. Além destes satélites a AEB tem desenvolvido outros projetos, tais como o lançamento de pequenos satélites, chamados de nano-satélites e também satélites de coleta de dados os SCD-1 e SCD-2.

Em 04 de maio de 2017 foi lançado o mais importante dos satélites brasileiros, o Satélite Geoestacionário Brasileiro de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC). A missão do lançamento do primeiro satélite de tecnologia nacional foi bem sucedida. Um empreendimento com objetivo de melhorar o sinal de comunicação e transferência de informação

Figura 76: Primeiro satélite geoestacionário do Brasil, lançado ao espaço em junho de 2017.



Fonte: Site Agencia Espacial Brasileira.

civil e militar, desenvolvendo e protegendo a segurança nacional. O Brasil mantém parceria e cooperação de tecnologia espacial com outros países, como Alemanha, Rússia, Argentina e China, dentre estes a parceria de maior amplitude tecnológica é com a China (Figura 76).

O desenvolvimento da Ciência Espacial e as relações internacionais brasileiras, poderiam estar em outro nível se a NASA não tivesse rescindido o acordo científico com o Brasil. Este lamentável acontecimento causou grave prejuízo, do ponto de vista científico. No final do ano de 1996, o Brasil foi convidado para

fazer parte do Programa da Estação Espacial Internacional, ISS, na condição de participante, com direito a utilizar a Estação Espacial. Os protagonistas do acordo envolviam do lado brasileiro a Agência Espacial Brasileira (AEB), e o Ministério das Relações Exteriores, do lado dos norte-americanos, a NASA. A culminância das negociações foi consolidada, em 14 de outubro de 1997, ficando combinado que a comunidade científica brasileira usaria do ambiente de microgravidade da ISS. Essa seria uma oportunidade para envolvimento científico, tecnológico e industrial brasileiro, com possibilidade de participar de missões espaciais. No acordo que foi firmado a contrapartida do Brasil seria de fornecer alguns equipamentos para a estação espacial e serviços de engenharia requeridos para sua operação, cujo investimento brasileiro seria de US\$ 120 milhões. Contudo, e infelizmente, o Brasil não cumpriu nenhum dos acordos, levando os EUA a decidirem por sua exclusão do programa, ocorrido em 2010.

Outra informação lamentável quanto, à capacidade de investimento em Tecnologia Espacial do Brasil, foi publicado no site da Index-Mundi 2017, segundo o site Index-Mundi³⁰, em 2013, o PIB do Brasil foi de 2,416 bilhões de dólares; o investimento espacial do Brasil, em 2014 foi de 314 milhões de reais (84,408 milhões de dólares, ou seja, 0,03494 %), ao paço que, a Argentina com um PIB de 0,912 bilhões de dólares investiu 1,2 bilhões, em 2013, no mesmo setor. Só a título de informação, segundo os dados do Caderno de Alto Estudos nº 07 (A Política Espacial Brasileira) de 2010, o Brasil investiu na Agencia Espacial Brasileira (AEB) US\$ 147 milhões em 2008, este orçamento é menor que o da Holanda, país que ainda não executa nenhuma das atividades espaciais que a AEB realiza. Estes dados demonstram ainda a falta de interesse do Brasil no investimento em Ciência Espacial. O número de participantes em missões espaciais, em nível nacional e internacional só tem crescido, e o Brasil até o momento só conseguiu envolver um astronauta em missões espaciais. Assim sendo, é inadmissível que um país não invista na referida tecnologia, deixando sua população desprovida dos benefícios e da proteção oriundos desta evolução. (WINTER; PRADO, 2007).

FOGUETE ESPACIAL (VLS)

78) Qual a finalidade dos foguetes espaciais VLS?

79) Quanto ao gasto de energia, quais as implicações para se colocar um satélite no espaço?

Os satélites são colocados em órbita por meio dos foguetes ou veículos de transporte para o espaço, alguns chamados de Veículos Lançadores de Satélites (VLS). São classificados de acordo o tipo e finalidade; foguetes lançadores, foguetes de sondagens; estágios mono, bi, ou multe estágios; combustível

³⁰ <https://www.indexmundi.com/g/g.aspx?c=br&v=65&l=pt> (neste site não consta o PIB de 2014)

propelente sólido, líquido ou híbrido. O motor-foguete e a carga útil (satélite por exemplo) são os principais componentes do sistema ou da missão.

Para retirar um foguete espacial da superfície terrestre gasta-se muita energia, uma vez que se trata de um equipamento de massa, relativamente grande. Para efeito de exemplo, a nave de Yuri Gagarin tinha 4,4 metros de comprimento por 2,4 de diâmetros e massa de 4.730 kg. Para minimizar o gasto de energia, os veículos lançadores são montados em forma de estágios, cada uma das partes dos estágios tem seu próprio tanque de combustível. As razões pelas quais os projetistas optam por estágios separados, são: para evitar levar ao espaço carga desnecessária, por outro lado um tanque grande que comportasse todo o combustível da missão, tornaria a decolagem praticamente inviável e muito mais dispendiosa. Com os tanques fracionados facilita-se a decolagem, pois uma vez queimado o combustível o tanque se torna inútil para o restante da viagem, sendo logo descartado, reduzirá a massa total do veículo. Só para termos uma ideia aproximada da massa de um VLS de 19 metros com sete estágios, ele transporta só de combustível 41 toneladas. Uma abordagem mais detalhada sobre lançamento de foguetes VLS poderá ser vista na Dissertação intitulada: *“Uma Abordagem Educacional no Colégio Estadual Democrático Bertholdo Cirilo dos Reis sobre Conceitos de Astronomia Básica e Tecnologia Espacial”*, na seção 6.5 (Lançamento de Foguete Espacial).

TECNOLOGIAS ESPACIAIS RECENTES E PREVISTAS

70) O que podemos esperar das futuras missões espaciais?

71) Quais os benefícios poderão retornar para a sociedade?

O futuro da exploração do espaço é bastante promissor além dos EUA, a Rússia e países europeus, inclusive a China e a Índia, têm se interessado em participar de missões espaciais. Por exemplo, em janeiro de 2019 a China realizou uma missão enviando a sonda Chang'e 4 ao espaço para explorar o lado oculto da Lua. E em julho de 2019 a Índia também enviou a nave Chandrayaan-2 para pousar no lado oculto da Lua.

Figura77: ClearSpace-1 será a primeira missão espacial planejada a remover um determinado detrito de órbita.



Fonte: European Space Agency.

O aumento de missões espaciais contribui também para o acúmulo de lixo no espaço, como já mencionado em seção anterior. A agência espacial ESA está um programada para a remoção de detritos espaciais (Figura 77). O

ClearSpace-1 será a primeira missão espacial a remover um detrito da órbita, a missão está planejada para ser lançada em 2025. O contrato da missão está sendo adquirido como serviço de um consórcio comercial liderado por Startup, para ajudar a estabelecer um novo mercado para manutenção em órbita, bem como remoção de detritos. Após um processo competitivo, um consórcio liderado pela Startup suíça ClearSpace - uma empresa criada por uma equipe experiente de pesquisadores de detritos espaciais do Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) - será convidada a enviar sua proposta fina

Outro programa da NASA foi o envio da sonda Parker em 2018 para estudar o Sol, essa é a sonda que já chegou mais próximo de nossa estrela. Seu objetivo principal é investigar as forças que regem os ventos solares, além de estudar a coroa solar, a região externa da estrela cujas temperaturas superam em valor bastante elevado a temperatura da superfície. (Figura 78).

A sonda New Horizonte já estudou Plutão e agora está viajando em direção ao cinturão de Kuiper e temos observado um objeto transnetuniano denominado 2014 MU69 (Último Thule). Este objeto está a uma distância média do sol de 6,7 bilhões de quilômetros, ele leva 293 anos para dar uma volta completa em torno do Sol. A New Horizonte foi lançada em 2006, levando 13 anos para chegar ao cinturão de Kuiper (veja a Figura 79).

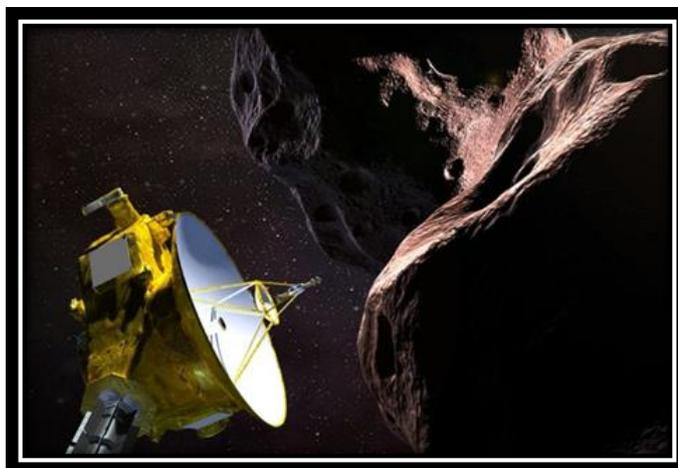
Em 18 de dezembro de 2018 a NASA comemorou o bem sucedido pouso da sonda InSigh na superfície de Marte (veja na Figura 80). A missão da sonda, estimada para ser desenvolvida em dois anos, é estudar o interior do planeta vermelho, a fim dos cientistas entenderem melhor sua formação, bem como a dos demais planetas rochosos do sistema solar. A sonda analisará também os tremores que ocorrem lá denominados “martemotos”. O envio desta sonda é uma

Figura 78: Sonda solar Parker enviada para o espaço pela NASA para estudar o Sol.



Fonte: Site Canaltech.

Figura 79: Sonda New Horizonte sobrevoando objeto transnetuniano com formato de “boneco de neve”.



Fonte: Site Canaltech.

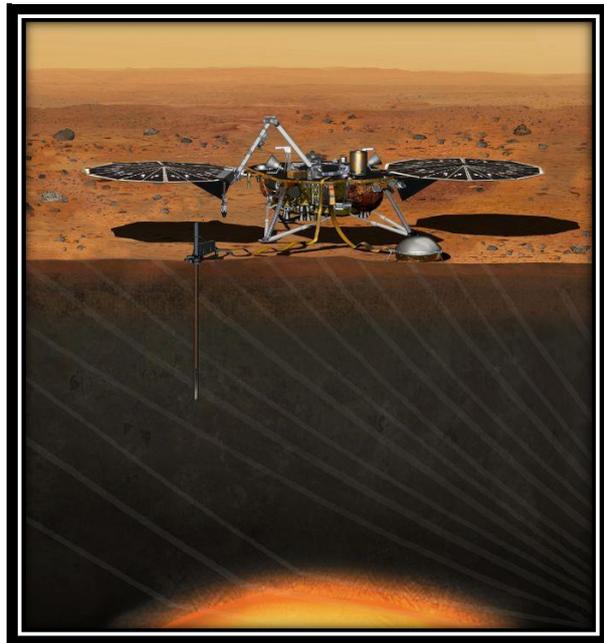
preparação para o envio de astronautas para a Lua e depois para Marte.

A NASA pretende enviar ao espaço um telescópio com capacidade de fazer pesquisa no infravermelho de campo amplo (WFIRST- Wide Field Infrared Survey Telescope), o mesmo terá a mais avançada resolução para captura de imagem. A missão WFIRST será chamada de Telescópio Espacial Romano Nancy Grace (ou Telescópio Espacial Romano), em homenagem à Dra. Nancy Grace Roman (falecida em 2018). Ela foi a primeira astrônoma chefe da NASA e uma das mais incentivadoras do programa Hubble (veja na Figura 81).

A estação espacial ISS comporta até seis astronautas, em se tratando de distância astronômica ela está próxima da Terra, neste caso seu suprimento poderia ser rápido. Só que não é tão simples assim, enviar um ônibus espacial ao espaço, posto que envolve uma série de detalhes técnicos e altos custos. Alguns problemas são tentados, como água extraída do vapor de água do ar ou reaproveitamento de água do chuveiro reciclado e de urina tratada com produtos químicos

O programa Artemis com a previsão de levar astronautas (incluindo uma mulher) novamente a Lua em 2024, com a ideia de iniciar a construção de uma estação lunar Gateway, com finalidade de manter a presença constante de humanos na superfície lunar (ou na órbita da Lua). Uma das dificuldades deste projeto, é a busca de uma tecnologia que abasteça os tripulantes permanentemente, em alimentos e água, durante a missão Marte. A pretensão de enviar missões tripuladas ao espaço mais profundo, depende da solução do problema, de transportar suprimentos de sobrevivência, é um grande desafio das equipes de engenheiros e projetistas espaciais.

Figura 80: Sonda InSigh enviada a Marte para estudar seu interior e seus tremores.



Fonte: Site Canaltech.

Figura 81: Telescópio Espacial Romano Nancy Grace.



Fonte: Site Zap.aeiou.

Os projetos BIOWYSE financiados pela Comissão Europeia (CE e ESA) no âmbito do programa-quadro Horizonte 2020, em colaboração com o TIMESCALE e o EDEN-ISS, estão desenvolvendo tecnologias muito relevantes para a gestão de habitats espaciais e sistemas de suporte para Tecnologias Emergentes Futuras (FET), iniciativas próximas ao mercado. Tais ideias são pensadas para as missões mais distantes, no futuro, como por exemplo a missão Marte; inclusive, cogita-se a possibilidade de desenvolver cultivos na Lua, com a finalidade de fornecer suprimento aos astronautas (Figura 82).

Figura 82: Protótipo de novas tecnologias para garantir água potável e comida aos astronautas em missões no espaço profundo.

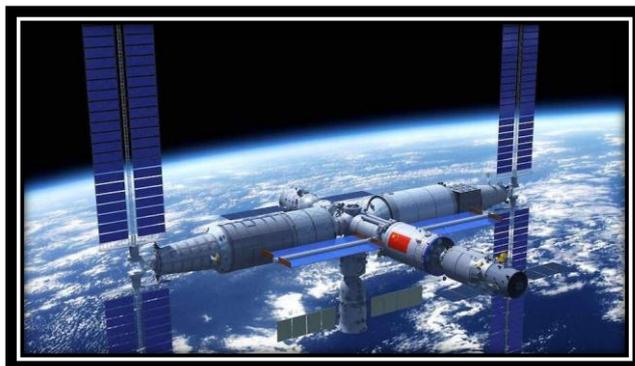


Fonte: Site Universe Today.

Várias agências espaciais estão envolvidas em programas que visam explorar o espaço próximo e profundo no futuro. Alguns sites da Web, como: PHYS.ORG (<https://phys.org/partners/universe-today/>) e UNIVERSE TODAY: Space and Astronomy News (<https://www.universetoday.com/>), tem notícias de vários projetos espaciais em andamento e outros previstos. Exemplo de programa o dos chineses o qual está construindo uma nova estação espacial, com 11 lançamentos planejados em até dois anos (veja na Figura 83). A estação espacial de 66 toneladas receberá equipes de três astronautas por até seis meses por vez.

Figura 83: Estação espacial que China começará a construir em 2021.

Há indícios de que os chineses pretendam ser um fornecedor desse tipo de serviços, a intenção é que a nova estação esteja preparada para abrir negócios espaciais em 2023, apresentará, portanto, três módulos: um espaço principal e dois módulos projetados para hospedar experimentos de colaboradores de todo o mundo que investigam desde tecnologias espaciais até biologia zero-G. O primeiro módulo da estação está previsto para ir ao espaço no primeiro trimestre de 2022, à bordo do foguete pesado Long March 5B (WILLIAMS; SETTER; GENIPPER).



Fonte: Site PHYS.

A vertical photograph of the Space Shuttle Columbia on the Mobile Launcher Platform (MLP) being mated to the External Tank (ET) and Solid Rocket Boosters (SRBs) on the Vehicle Assembly Building (VAB). The MLP is a large, white, cylindrical structure that holds the orbiter and external tank. The ET is a large, orange, cylindrical structure that provides the main source of energy for the shuttle. The SRBs are two large, white, cylindrical structures that provide additional thrust. The shuttle is being mated to the MLP on the VAB, which is a large, steel structure that is used to assemble and launch the shuttle. The scene is illuminated by bright lights, and the shuttle is the central focus of the image.

Parte II

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano.”

Isaac Newton

Imagem: ÔNIBUS ESPACIAL EM FOGO; preparação para o lançamento do ônibus espacial, na sua sofisticada plataforma de lançamento, no Centro Espacial Kennedy, no estado da Flórida, nos Estados Unidos. Disponível em: <http://cienciaetecnologiafoco.blogspot.com/2015/01/onibus-espacial.html>

CAPÍTULO 11

SAIBA UM POUCO MAIS DE ASTRONOMIA

Nesta seção apresentaremos algumas aplicações envolvendo cálculos, com a finalidade de estimular o leitor se aprofundar mais nos temas já abordados nas seções anteriores. Na maioria das vezes, os argumentos conceituais expostos numa aula de Física ou de Astronomia não são suficientes para apreender o assunto abordado, até mesmo convencer o aluno sobre a veracidade de tais argumentações, sendo portanto, necessárias outras atividades que sejam capazes de confrontar as dúvidas ou as incertezas do estudante, levando a uma reflexão mais consistente. As ferramentas do Cálculo e da Matemática, de um modo geral, são instrumentos para verificar os resultados explanados nas aulas teóricas. Pensando na possibilidade de oferecer tais oportunidades, os tópicos a seguir foram inclusos neste Paradidático.

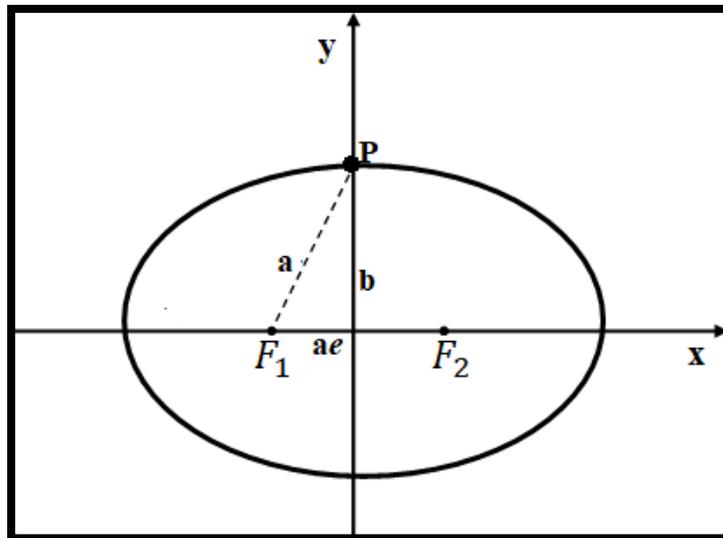
TEMPERATURA DOS PLANETAS MERCÚRIO, VÊNUS E TERRA

A temperatura de um planeta é fundamental para o desenvolvimento dos processos físicos e químicos relacionados à formação e evolução. No caso da Terra, essencial nos processos complexos da vida, para que ocorressem as diversas mutações propostas pela teoria de Darwin. Relacionar a temperatura dos planetas à distância pode nos levar a equívocos, pois o planeta Vênus tem temperatura superficial maior que Mercúrio, embora Vênus esteja bem mais distante do Sol que Mercúrio. A temperatura de Vênus é de $T_V = 780 K$ e de Mercúrio $T_M = 60 K$. A elevada temperatura em Vênus se deve a sua atmosfera bastante densa, rica em CO_2 (96,4) e outros elementos como: N_2 , H_2O e traços de HCl e HF , Vênus tem uma espessa nuvem de dióxido e enxofre gerando um forte efeito estufa, sua pressão atmosférica é $p_0 = 91,17 \text{ bar}$ (90 atm).

A temperatura média da Terra é de $15^\circ C$ ($T \approx 288K$), graças ao efeito estufa normal e natural, caso não houvesse, a temperatura seria de, aproximadamente, $-18^\circ C$. A concentração dos gases (CO_2) proveniente da queima de combustíveis fósseis, poderá aumentar o efeito estufa e, conseqüentemente, elevar significativamente a temperatura. A atmosfera da Terra é composta, principalmente, por nitrogênio e oxigênio molecular, N_2 (78%) e O_2 (21%), respectivamente e outros gases, inclusive partículas de gases poluentes. A atmosfera da Terra tem 1 massa de ar correspondente a $5,1 \times 10^{18} kg$ e pressão $p_0 = 1,013 \text{ bar}$ (1 atm), situado nos primeiros 11 km da superfície e diminui, exponencialmente, com altura.

ÓRBITAS ELÍPTICAS DOS PLANETAS

Figura 84: A representação de uma elipse com seus focos, a linha tracejada de F_1 a P forma um triângulo retângulo com seus eixos.



Fonte: Reproduzida pelo autor.

$$PF_1 + PF_2 = 2a = \text{const.}$$

Uma elipse é uma figura geométrica que possui dois eixos, um maior e outro menor, onde no eixo maior estão dois focos, conforme mostra Figura 84. Do ponto de vista da Matemática, podemos definir como sendo um conjunto de pontos de uma curva no plano, cuja soma das distâncias destes pontos aos focos são constantes. As propriedades de uma elipse são: c é a distância do centro de cada foco ($c = ae$), a o semieixo maior e b o semieixo menor e e a *excentricidade*, que pode ser obtida pelo teorema de Pitágoras; $a^2 = b^2 + (ae)^2$, ou seja:

$$e = \frac{c}{a} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \quad (01)$$

Quanto maior a distância entre os dois focos, maior o valor da *excentricidade*. Uma elipse de excentricidade $e = 1,0$ ($a = c$), é dito que degenerou-se num segmento de reta. No caso inverso, a excentricidade mínima $e = 0,0$ ($a = b$) degenera-se numa circunferência. E podemos até admitir que a circunferência é um caso particular da elipse.

Alguns livros didáticos exageram ao reproduzir as órbitas dos planetas, levando a uma falsa ideia de órbitas elípticas bastantes achatadas. As órbitas dos planetas não são uma circunferência perfeita, porém não são elípticas com excentricidades de valores elevados como são representadas. O planeta de maior excentricidade no Sistema Solar é Marte, com $e = 0,0934$. Observe que ele não é o planeta mais distante do Sol. Portanto, no caso do planeta estar mais

afastado não implica em órbita elíptica com maior excentricidade, como também o planeta mais próximo não possui uma órbita de menor excentricidade. Na Tabela 02 estão exemplificados os valores das excentricidades dos planetas clássicos e de um anão do Sistema Solar, como pode ser observado o valor da excentricidade de Mercúrio é mais elevada que do planeta Terra (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; WIKIPÉDIA).

Tabla 02. Excentricidades dos planetas clássicos e de Plutão.

Planetas	Excentricidades	Planetas	Excentricidades
Mercúrio	0,205630690	Ceres	0,079760170
Vênus	0,006800000	Júpiter	0,048392660
Terra	0,016710220	Saturno	0,054150600
Marte	0,093412330	Urano	0,044405586
Netuno	0,008585870	Plutão	0,250248710

Fonte: <http://www.astronoo.com/pt/artigos/caracteristicas-dos->

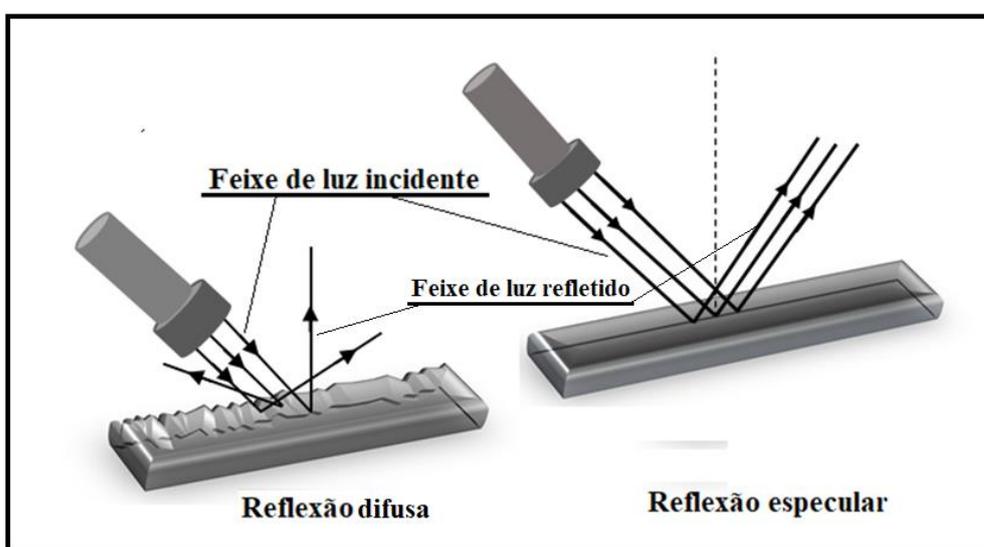
TODOS OS PONTOS BRILHANTES DO CÉU NOTURNO

Olhos destreinados têm dificuldade de distinguir no céu noturno o que são estrelas e o que são planetas. A distância entre a Terra e Vênus é a menor entre dois planetas (0,28 UA), logo, ele é o segundo objeto mais brilhante no céu noturno (o primeiro é a Lua). Vênus está mais próximo do Sol que a Terra e seu brilho máximo é atingido em dois momentos: no alvorecer e no ocaso (pôr do Sol). Em consequência desse fenômeno, os antigos o confundiam com uma estrela, o chamavam de estrela da manhã (estrela d'Alva) ou estrela da tarde (Vésper). Mas, por que os planetas brilham semelhante às estrelas? As estrelas são as fontes de calor e de luz, são os únicos corpos celestes que fabricam sua própria energia e têm luz própria. E os planetas não possuem luz própria, mas refletem a luz recebida.

As ondas luminosas se propagam pelo ar em linha reta se afastando da fonte geradora. Essa hipótese é uma boa aproximação para a óptica geométrica que estuda as propriedades da luz. Quando um feixe luminoso proveniente de uma fonte luminosa qualquer (uma estrela ou uma lâmpada) incide sobre superfície, parte da luz incidente é refratada, penetrando na mesma, passando de um meio para outro. A outra parte incidente na superfície retorna e dizemos que ela foi refletida. Assim, a reflexão da luz é um fenômeno óptico ocasionado pelo retorno da luz incidente numa superfície, propagando-se no meio. O feixe de luz que incide sobre a superfície chamamos de feixe incidente e o devolvido pela superfície de feixe refletido. A reflexão pode ser, a princípio, de dois tipos: difusa ou especular (regular).

A reflexão difusa é aquela incidente em superfície irregular. Geralmente, a maioria dos corpos do nosso meio são refletores difusos, por exemplo, a superfície de uma parede, uma folha de papel, um tecido, etc. Quando um feixe luminoso incide numa superfície irregular, cada ponto da região da superfície reflete a luz numa determinada direção. Conseqüentemente, o feixe de luz não é bem definido e observamos seu espalhamento em todas as direções (veja na Figura 85). Neste caso dizemos que houve difusão da luz pela superfície. Outro exemplo de difusão é quando acendemos uma lanterna num ambiente escuro; a trajetória dos feixes de luz não pode ser vista, a menos que haja fumaça ou partículas de poeira suspensas no ar. Quando um feixe de luz incide sobre uma superfície lisa o feixe refletido é bem definido e dizemos que a reflexão é especular; este fenômeno é observado quando a luz é refletida por num espelho. Ao incidir sobre as superfícies polidas, como nos espelhos, o feixe de luz volta a se propagar no ar ou no vácuo. Dependendo do interesse de estudo, a luz pode ser considerada uma onda ou uma partícula.

Figura 85: Representação da reflexão da luz em superfície polida e áspera.



Fonte: Reproduzida pelo autor.

Voltando à pergunta, num céu noturno com boa visibilidade, sem massa de nuvens ou poluição, podemos observar estrelas, planetas ou outros corpos que possam refletir a luz do Sol. No caso dos planetas ao refletir a luz solar nós o vemos como um pontinho luminoso. Devemos esclarecer que o brilho aparente dos corpos que observamos no céu, geralmente, estão em diferentes planos e distâncias. A luz emitida pelo astro chega até nós, atravessando o espaço sideral. Esta região é praticamente um vácuo³¹. Depois de percorrer este longo percurso, adentra a nossa atmosfera (que não é vácuo), esta região, próximo à Terra, tem maior concentração de partículas por milímetros cúbicos. Na

³¹ Na concepção científica o termo vácuo não é sinônimo da ausência total de matéria, e sim um conceito filosófico. Vácuo natural ou criado é uma região com o mínimo possível de partícula por milímetro cúbico. Por exemplo, o ultra vácuo tem uma pressão de 10^{-7} Pascal.

atmosfera terrestre os feixes de luz sofrem deflexões, devido ao índice de refração de tantas camadas atmosféricas.

As estrelas são consideradas corpos luminosos por possuírem luz própria, os demais corpos celestes são considerados corpos iluminados, pois não possuem luz própria, eles refletem a luz das estrelas. No caso dos corpos que fazem parte do Sistema Solar refletem a luz do Sol. Esta luz que é refletida pelos corpos iluminados e que chega até nós é chamada de albedo. A taxa de energia irradiada pelo Sol que incide nos planetas, nos satélites naturais, nos asteroides, entre outros corpos, é albedo e é expressada em porcentagem. A Terra tem um albedo médio de 0,3. Isto quer dizer que da radiação eletromagnética do Sol que incide sobre nosso planeta 30% retorna para o espaço. No caso do planeta Vênus seu albedo é de 75%. A quantidade de energia que um planeta devolve para o espaço depende da constituição física da superfície do astro, de sua atmosfera, etc. O monitoramento da variação do albedo terrestre é importante para o monitoramento das mudanças climáticas globais, visto que, é medida do fluxo de radiação solar incidente na atmosfera e devolvida para o espaço externo. O albedo planetário é obtido por meio de satélite artificiais e sondas.

O Albedo é fenômeno, portanto, que está relacionado ao brilho emitido pelos planetas. Logo, os diversos pontinhos brilhantes no céu noturno podem ser de estrelas ou planetas. A mensuração do albedo de um planeta pode ser usada para investigar a sua superfície. Assim, um albedo acima de 73% corresponde aos planetas jovianos, com exceção de Vênus; os planetas gasosos são envolvidos por densa atmosfera e o albedo observado não se refere à sua superfície, mas à alta refletividade de sua atmosfera. Uma dica para distinguir uma estrela de um planeta a olho nu, é observar, calmamente, a luminosidade de ambos. O brilho dos planetas tende a ser fixo e das estrelas tem um cintilamento, por causa da atmosfera. Não obstante, esse método não é 100% seguro, porque às vezes o brilho dos planetas pode apresentar uma leve flutuação, dependendo das condições atmosféricas entre o planeta e o observador.

O estudo do albedo da Terra é importante para avaliar as condições e queimadas de floresta. Os satélites artificiais monitoram a quantidade da luz do Sol que o planeta reflete para o espaço e analisa alguns parâmetros atmosféricos do clima e do ciclo da água. Alguma alteração significativa na média percentual do albedo indica alteração na atmosfera terrestre (VEISSID; PEREIRA, 2000)

FORÇAS GRAVITACIONAIS E O EFEITO DAS MARÉS

A Terra tem, aproximadamente, 70% de sua superfície coberta por água, em estado líquido, este dado é consenso entre os pesquisadores. Segundo a Agência Nacional de Águas, 97,5 da água existente no planeta está nos oceanos. Por sua vez, os oceanos têm comportamentos cíclicos as alterações da água do mar são chamadas de marés. A marinha e as agências marítimas fazem previsões e registros do movimento das marés, o catálogo com o horário dessas oscilações é chamado de Tábua de maré.

Como sabemos que alguns corpos, aparentemente esféricos da natureza, não se constitui uma esfera perfeita, como por exemplo a Terra e a Lua. Isto se deve a alguns fenômenos relacionados ao próprio corpo, tais como rotação, forças gravitacionais diferenciais de corpos vizinhos, exercidas umas nas outras. A ação das forças diferenciais resultam nos fenômenos de precessão e maré. O efeito maré ou força da maré é mais uma consequência da força da gravidade. O efeito maré surge devido à ação da gravidade agindo numa grande massa, não constante em todo o seu diâmetro, fazendo com que um dos lados tenha maior aceleração que o centro, este fenômeno causa uma deformação nas partículas do corpo. No caso da Terra e da Lua, a influência gravitacional modifica a altura dos oceanos, para mais e para menos, denominando-as: maré cheia ou maré alta (preia-mar) e maré baixa ou maré seca, os intervalos entre uma alta e outra é chamado de zona entremarés (enchente e vazante).

A força total exercida em uma partícula é expressa por:

$$\vec{F}_{total} = \vec{F}_{CM} + d\vec{F}. \quad (02)$$

A força gravitacional diferencial ($d\vec{F}$) é a diferença entre a força gravitacional exercida em duas partículas próximas (supondo-as com massa m_1 e m_2), influenciadas por um terceiro corpo, posicionado a uma certa distância, porém um dos quais, com massa relativamente maior (M). A derivação da força diferencial pode ser expressa, matematicamente, considerando duas partículas de massa: m_1 e m_2 e separadas por uma distância r , no caso da partícula M , sua distância é R de m_2 . Seja a seguinte expressão:

$$\Delta F = F_1 - F_2. \quad (03)$$

A força diferencial (em módulo) para as forças é:

$$F_1 = \frac{GMm_1}{(R-r)^2} \quad (04)$$

e

$$F_2 = \frac{GMm_2}{R^2}. \quad (05)$$

As forças diferenciais podem ser explicitadas da seguinte forma:

$$\Delta F = F_1 - F_2 = \frac{GMm_1}{(R-r)^2} - \frac{GMm_2}{R^2} = GM \left[\frac{m_1}{(R-r)^2} - \frac{m_2}{R^2} \right]$$

Sendo as massas m_1 e m_2 pertencente à mesma partícula, nesse caso; $m_1 = m_2 = m$. Substituindo por m , na equação e igualando os denominadores, tem-se:

$$\Delta F = GM \left[\frac{m_1 R^2 - m_2 (R-r)^2}{R^2 (R-r)^2} \right] = GM \left[\frac{m R^2 - m R^2 + m 2Rr - m r^2}{R^2 (R-r)^2} \right]$$

$$\Delta F = GM \left[\frac{m 2Rr - m r^2}{R^2 (R-r)^2} \right] = GMmr \left[\frac{2R-r}{R^2 (R^2 - 2Rr + r^2)} \right]$$

$$\Delta F = GMmr \left[\frac{2R-r}{R^4 \left(1 - \frac{2r}{R} + \frac{r^2}{R^2} \right)} \right]$$

Sendo $R \gg r$, devido M estar bastante distante, também; $2R - r \cong 2R$ e

$1 - \frac{2r}{R} + \frac{r^2}{R^2} \cong 1$. Tem-se;

$$\Delta F = GMmr \left[\frac{2R}{R^4} \right] = GMmr \left[\frac{2}{R^3} \right]$$

A equação diferencial é:

$$\Delta F = \frac{2GMmr}{R^3} \quad (06)$$

Esta equação pode ser obtida de outro modo, derivando a Lei da Gravitação Universal de Newton:

$$F = -\frac{GMm}{R^2} \quad (07)$$

Derivando em relação a R , tem-se:

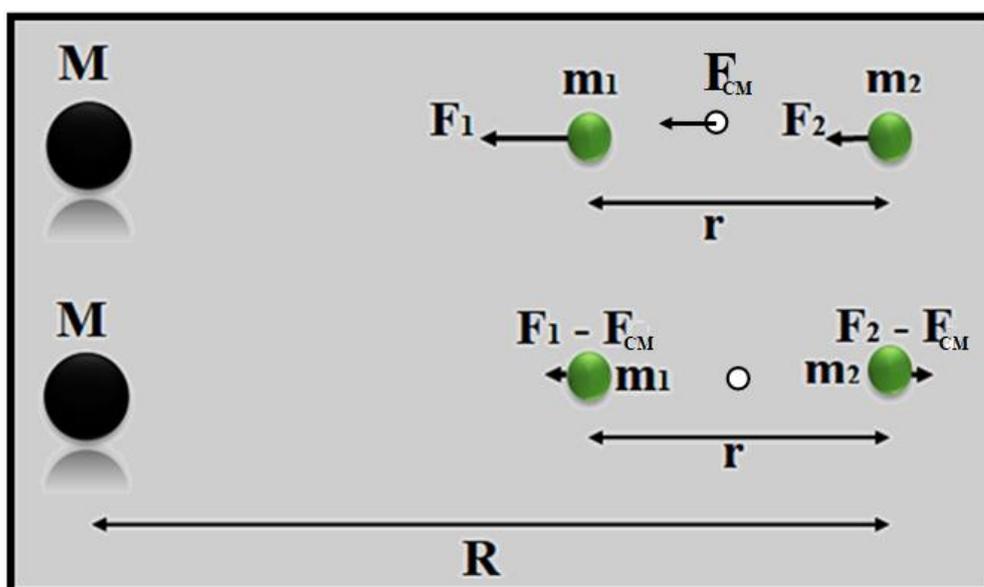
$$\frac{dF}{dR} = -GMm R^{-2} = \frac{2GMm}{R^3}$$

$$dF = \frac{2GMm}{R^3} dR \quad (08)$$

Essa expressão diferencial é praticamente semelhante à equação diferencial (06), distinguindo apenas do elemento diferencial dR , visto que, na expressão anterior constata-se a variável r . Neste caso dR é separação finitesimal entre os pontos das partículas. As expressões (06) ou (08) podem, perfeitamente, ser aplicadas na força de maré.

A Figura 86 é o esquema representando a ação da força gravitacional do corpo de massa M , atuando nas partículas m_1 e m_2 . A referida força incidirá com maior intensidade na periferia das partículas que no centro delas, a força diferencial $\Delta F = F_1 - F_2$ tende a separá-las, tentando afastá-las em relação ao seu centro de massa. Em se tratando de partículas pertencentes ao mesmo corpo, a força diferencial causará deformações ou desagregação do sistema.

Figura 86: Esquema representando a ação da força diferencial gravitacional de um corpo de massa M atuando nas partículas de massa m na sua vizinhança.



Fonte: Wikipédia (adaptada pelo autor).

Seja, F_p atração gravitacional sentida por uma partícula em um ponto P na superfície da Terra, situada a uma distância r da Lua, F_c a força gravitacional

sentida no centro da Terra, d é a distância de centro a centro, entre a Terra e a Lua, sendo R o raio da Terra, de acordo com a representação da Figura 87.

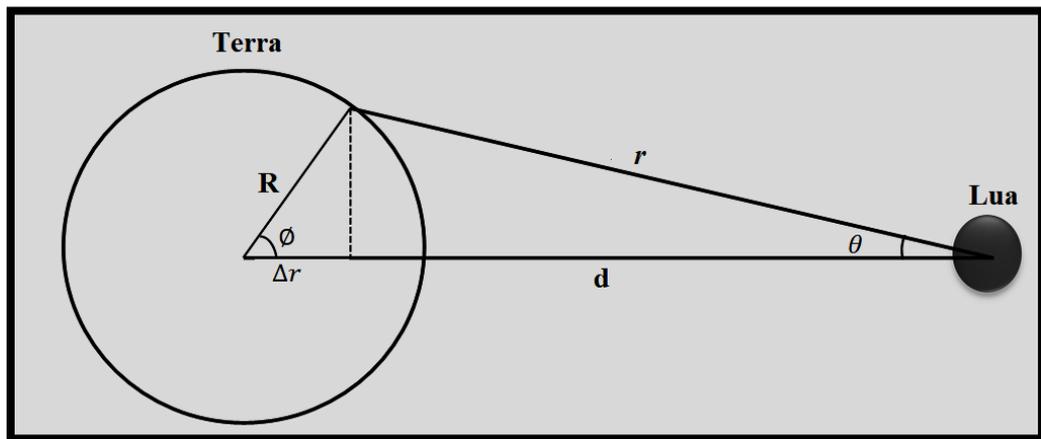
A força diferencial em um ponto na superfície da Terra em relação ao seu centro é:

$$\Delta \vec{F} = \vec{F}_P - \vec{F}_C \quad (09)$$

A distância r é muito maior que o raio da Terra (R), portanto os ângulos θ e ϕ são bastante pequenos, neste caso, as forças F_P e F_C tornam-se, praticamente paralelas, ou seja, $\Delta r = R \cos(\phi) = R$. Em vista disso, pode-se usar ΔF (módulo) ao invés de $\Delta \vec{F}$ (vetor), desse modo, a expressão (09) pode ser escrita em módulo assim:

$$\Delta F = F_P - F_C. \quad (10)$$

Figura 87: Representação geométrica da interação gravitacional entre a Terra e a Lua.



Fonte: Site IF UFRGS (adaptada pelo autor).

Visto que, ΔF já foi derivada (08), tem-se a expressão matemática da força de maré:

$$\Delta F = \frac{2GMm}{r^3} \Delta r. \quad (11)$$

Ou

$$F_M = \frac{2GMm}{r^3} dr \text{ (Força de maré)} \quad (12)$$

A incógnita M é referente à massa da Lua, no caso desta análise, é o corpo provocador da maré, m é a massa da partícula teste (no caso as partículas das

massas líquidas, ou seja, a maré), r a distância em cada ponto medido entre a maré e o corpo causador (a Lua), d distância Terra-Lua e Δr é o elemento da distância entre os pontos. A distância d está na mesma direção de $R \cos(\emptyset)$.

DEMONSTRAÇÃO DO LIMITE ROCHE

Em 1850 o astrônomo Francês, Eduardo Roche (1820 – 1883), demonstrou que, havia uma distância mínima para um satélite fluído orbitar um planeta de raio R , mantido apenas por sua auto gravidade, sendo a densidade média de ambos ρ_m e ρ_M respectivamente. Esta teoria é conhecida por limite de Roche, que determina a distância mínima do centro de um planeta até um determinado corpo. O limite delimita o quanto este corpo pode se aproximar do planeta sem perder sua estabilidade, ao ponto de romper-se pelo efeito maré (neste caso supondo que o corpo seja um satélite). A distância mínima, que um satélite pode orbitar estavelmente em torno de um planeta é determinada por d . Para deduzir este limite consideram-se duas partículas iguais, separadas por uma distância infinitesimal dr e massa m . Neste caso, a força gravitacional F_G entre as duas partículas é dada por:

$$F_G = \frac{Gmm}{(dr)^2} \quad (13)$$

A força de maré F_M , de um corpo de massa M a uma distância d é:

$$F_M = \frac{2GMm}{d^3} dr \quad (14)$$

Igualando as equações:

$$\frac{Gmm}{(dr)^2} = \frac{2GMm}{d^3} dr$$

$$\frac{Gmm}{d^3} = \frac{2GMm}{d^3} (dr)^3$$

$$d^3 = \frac{2GMm}{Gmm} (dr)^3.$$

Explicitando o limite d :

$$d = \left(\frac{2M}{m} \right)^{\frac{1}{3}} dr$$

Como a densidade de uma esfera é: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4\pi R^3}{3}}$. Assumindo que os corpos sejam esféricos; $M = V\rho_M$ e $m = V\rho_m$; substituindo na expressão:

$$d = \left(\frac{2V\rho_M}{V\rho_m} \right)^{1/3} \quad (15)$$

Essa expressão é resolvida de forma numericamente, o artigo com o título: ROCHE LIMIT OF A SOLID BODY (Limite de Roche para um corpo sólido) demonstra os passos da resolução desta equação, o mesmo está disponível na internet³².

Depois de resolver a expressão, temos a seguinte constante numérica: 2,51. Se as partículas formam um fluido, o valor da constante é alterada para: 2,44. Finalizando a demonstração da expressão, o limite de Roche é:

$$d = 2,44 \left(\frac{\rho_M}{\rho_m} \right)^{1/3} R. \quad (16)$$

Em 1974 Hans R. Abbarwald e Vern R. Oberbeck estudaram a ruptura das marés em corpos esferoides sólidos, rochosos e gelados, que estavam mantidos por forças de tensões intrínsecas de seu material. Considerando tais características, eles perceberam que esta distância diminuía e propôs a seguinte expressão matemática:

$$d = 1,38 \left(\frac{\rho_M}{\rho_m} \right)^{1/3} R. \quad (17)$$

O princípio físico que rege o limite de Roche é a gravidade, quando um corpo de menor densidade se aproxima, demasiadamente, de outro corpo com maior densidade, o de menor densidade cede matéria para o de maior densidade. Esse fenômeno é conhecido como força de maré, agindo no corpo de menor densidade. Quando o satélite tem a mesma densidade do planeta, a distância média, mínima, que o satélite pode orbitar, sem ser quebrado pelo efeito maré, é de 2,4 vezes o raio (R) do planeta (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; WIKIPÉDIA).

CÁLCULOS DA ÓRBITA DE UM SATÉLITE ARTIFICIAL

O movimento de um satélite em órbita na Terra obedece às Leis de Kepler. Elas descrevem as trajetórias circulares ou elípticas de um satélite, tendo o centro do planeta em um dos seus focos. A velocidade, a direção e a distância do satélite em relação a Terra são determinantes para planejar o tamanho e a forma desta órbita. Nas regiões onde o ar é extremamente rarefeito, o satélite fica, praticamente, sob ação só da gravidade, além de outras perturbações de menor relevância, para o assunto tratado no momento. O movimento do satélite é caracterizado por dois parâmetros: movimento orbital ou de translação e o movimento de atitude ou de orientação. O movimento de translação determina a geometria da órbita e fornece o ponto exato do satélite a cada instante. E o de

³² (http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?1974ApJ...191..577A&data_type=PDF_HIGH&whole_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf)

atitude é o que determina a missão para o qual o satélite foi enviado ao espaço. Por exemplo, caso haja necessidade da antena do satélite apontar para um determinado ponto da Terra, o movimento de atitude deve ser controlado por sensores (corrigindo a órbita do mesmo) para o satélite funcionar plenamente, dentro dos critérios técnicos programados.

Para uma simples exemplificação, demonstraremos, a seguir, de maneira bem resumida, o cálculo do semieixo maior de um satélite geoestacionário por meio da Terceira Lei de Kepler. O cálculo do semieixo maior de um satélite geoestacionário, cujo período orbital é o mesmo período sideral da Terra $23^h 56^m$ (86.160 segundos), pode ser obtido a partir da seguinte equação, derivada da referida Lei:

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(M_T + M_C)} a^3, \quad (18)$$

onde, $M_T = 5,98 \times 10^{24} kg$ é a massa da Terra, $G = 6,67 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$ é a constante universal; a é o semieixo maior e M_C a massa do satélite, considerando-a muito menor que a massa da Terra ($M_C \ll M_T$). O semieixo maior do satélite corresponde ao semieixo maior (a), neste caso temos:

$$a = \left[\frac{P^2 G M_T}{4\pi^2} \right]^{\frac{1}{3}}. \quad (19)$$

Substituindo os valores das constantes:

$$a = \left[\frac{(86160)^2 (5,98 \times 10^{24}) (6,67 \times 10^{-11})}{4(3,14159)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 42.172,220 \text{ m}$$

este é o valor de semieixo maior, ou seja,

$$a = 42.172,2 \text{ km.}$$

A altitude de um satélite é calculada tendo como referência o centro da Terra, sendo que seu raio é $R_T = 6.370 \text{ km}$. Assim, a altitude procurada é $a - R_T = 42.172,2 \text{ km} - 6.370 \text{ km} = 35.802,2 \text{ km}$.

Este valor ($a - R_T = 35.802,2 \text{ km}$) é a altitude média de um satélite artificial.

A velocidade circular de um satélite a 300 km de altitude sobre Terra é dada pela expressão:

$$v_{circ} = \sqrt{\mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}. \quad (20)$$

Na órbita circular assume-se que $a \equiv r$; ($r = 6.370 \text{ km} + 300 \text{ km} = 6.670 \text{ km}$) e $\mu = GM_T$ e a equação (20) se resume a:

$$v_{circ} = \sqrt{\frac{GM_T}{r}} = \sqrt{\frac{(6,674184 \times 10^{-11})(5,973332 \times 10^{24})}{(6.370 \text{ km} + 300 \text{ km})}}$$

$$v_{circ} = \sqrt{\frac{3,98671 \times 10^{14}}{6.670.000}} = \sqrt{59.770.789,9} = 7.731,2 \text{ m/s}$$

$v_{circ} = 7,7 \text{ km/s}$, velocidade de um satélite em órbita circular a 300 km da Terra.

Por final, o período orbital do satélite dependente da massa dele (m_c) e é obtido pela expressão do período ao quadrado dada acima: (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004).

CALCULO DA VELOCIDADE DE ESCAPE DA TERRA

Para um satélite artificial permanecer preso na órbita da Terra, e não escapar para o espaço, sua velocidade orbital tem que ser inferior a velocidade de escape da Terra.

A seguir, apenas com a finalidade de exemplificar, demonstraremos como calcular o valor da velocidade de escape. Sabemos que a força gravitacional é uma força conservativa. Logo, o trabalho realizado por esta força deve ter, numericamente, o mesmo valor da energia cinética, ou seja:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \text{ (energia cinética) e } F = G \frac{M_T m}{R_T^2} \text{ (força gravitacional)}$$

Igualando as duas expressões:

$$K = F \tag{21}$$

$$v_{escT} = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}}; \tag{22}$$

substituindo as constantes, ($G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$, $R_T = 6\,370\,000 \text{ m}$ e m massa do satélite)

$$v_{escT} = \sqrt{2 \left[\frac{(5,98 \times 10^{24} kg) (6,67 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2)}{6\,370\,000\,m} \right]}$$

$$v_{escT} = \sqrt{\frac{7,97732 \times 10^{14} N \cdot m/kg}{6\,370\,000}} = 11.190,73961\,m/s.$$

A velocidade de escape da Terra:

$$v_{escT} \cong 11,19\,km/s.$$

O resultado dos cálculos está próximo ao valor publicado na maioria das literaturas. Um veículo espacial terá que ter uma velocidade, proveniente dos métodos de propulsão, superior a velocidade de escape da Terra, para tornar possível a missão de colocar um corpo ao espaço.

O termo “velocidade de escape” é uma simplificação de formalidade, visto que velocidade é uma grandeza vetorial e no exemplo tratado, a velocidade de escape independente da direção é uma quantidade escalar. A expressão “velocidade” rigorosamente é inadequado, o mais apropriado seria “velocidade escalar de escape” (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; VILAS BOAS).

EQUAÇÃO DO FOGUETE

Como foi verificado, a ambição de voar é bem antiga, mas as ferramentas que transformaram a ficção em realidade vieram com o físico astrônomo Isaac Newton (1642 – 1727) ao introduzir a lei da gravitação e fornecer as bases teóricas para a Astronáutica. Ele também afirmou que um corpo poderia se manter em órbita em torno da Terra, assim como os planetas se mantêm em órbita em torno do Sol, caso seja fornecida a velocidade suficiente para o veículo vencer a força da gravidade da Terra. Visto que, para lançar um corpo para o espaço, necessita-se de energia suficiente para que este, tenha velocidade superior à de escape do planeta e consiga, finalmente, deslocar-se para o “infinito”. No caso da Terra, a velocidade de escape é de aproximadamente 11,2 km/s.

Os corpos estão presos à Terra pela força gravitacional que os atrai para o seu centro, mantendo-os na superfície. Tratando do ponto de vista da energia, quanto mais elevado da superfície o corpo estiver, maior será sua energia potencial

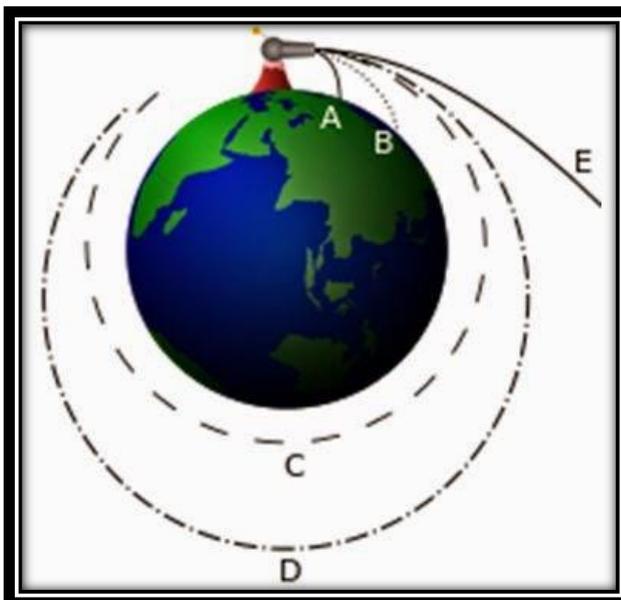
gravitacional, de retorno. Dito de outra maneira, para elevar um corpo a uma certa altura h , a força gravitacional realiza um trabalho ($W = mgh$) para trazê-lo de volta. Para a força gravitacional realizar trabalho é evidente que há um limite de afastamento para a partícula, se tratando de corpos próximos à superfície da Terra, pois, se for admitido que a partícula tenha energia suficiente para afastar-se indefinidamente, então haveria uma distância que a influência da gravidade da Terra seria nula e ela se deslocaria para o “infinito”. Este foi um exercício mental realizado por Isaac Newton, segundo ele, para um corpo escapar da Terra em direção ao infinito, ele necessitaria de uma energia cinética suficiente que superar a energia potencial resultante que o mantém preso à Terra (veja o esquema do raciocínio de Newton na Figura 88).

Descrevendo os argumentos de Newton, com outras palavras, se um corpo for influenciado de algum mecanismo que forneça uma certa quantidade de energia, como por exemplo, uma autopropulsão, ele pode continuar a se afastar do planeta em qualquer direção a uma velocidade menor que a velocidade de escape. Se a velocidade do objeto for abaixo da velocidade de escape para dada altura e a propulsão for removida, o objeto irá cair ou entrar em órbita. Se a velocidade for igual ou acima da velocidade de escape naquele ponto, ele terá energia suficiente para "escapar" do campo gravitacional, e não irá voltar para a superfície.

A tecnologia espacial superou este problema desenvolvendo foguetes lançadores de satélites (VLS) e ônibus espaciais. Estes veículos são utilizados para: colocar aeronaves no espaço, nas missões tripuladas, abastecer as estações espaciais, lançar satélites artificiais, sondas entre outras missões. Tais veículos são possuidores de motores movidos a combustível de propulsão, que gerem energia suficiente para vencer a força gravitacional.

A base teórica para desenvolver tecnologia de manter os corpos artificiais presos na órbita dos planetas, só foi possível com a contribuição de Newton (século XVIII) e a interpretação de sua teoria por cientistas que o sucederam, porém a tecnologia para fabricar foguete visando ao

Figura 88: Representação do exercício mental de Newton, referente à velocidade de escape. Um corpo nas órbitas A e B retornará para a superfície da Terra, pois sua energia é insuficiente para vencer a velocidade de escape, nas posições C e D o corpo entrará em órbita com a Terra e em E o corpo escapará para espaço.



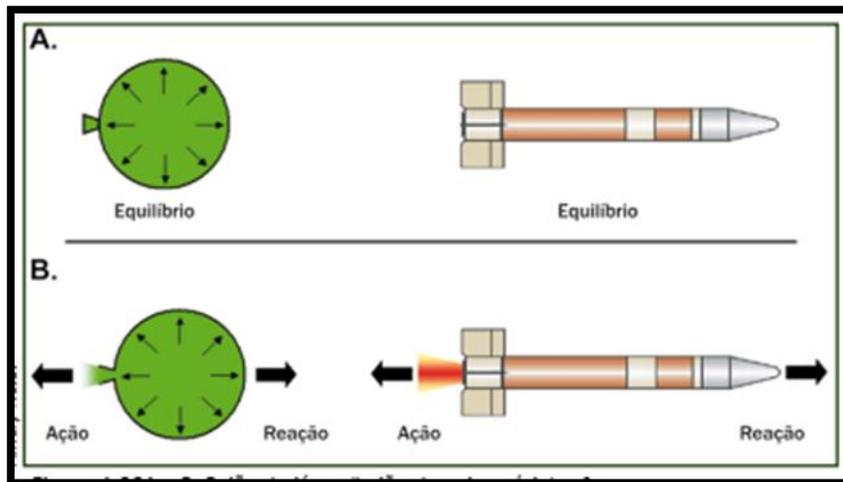
Fonte: Site Revista cosmo online.

transporte de objetos para o espaço foi implementada depois da Segunda Guerra Mundial, pela URSS e EUA.

O princípio básico do funcionamento de um foguete, do ponto de vista das leis da Física, pode ser descrito usando a comparação com um balão de látex cheio de ar (aqueles usados para ornamentar festa de aniversário). Supondo que um balão esteja cheio de ar com a boca lacrada, em situação de equilíbrio, se permitirmos a saída do ar pela boca do balão, este se moverá no sentido oposto. A “fuga” do ar pela boca do balão é uma ação dos gases libertando-se do confinamento (no interior do balão). O deslocamento do balão é uma reação. Como a boca do mesmo não está fixa, seu movimento é aleatório (em ziguezague). A situação descrita está demonstrada na Figura 89. Usando esta analogia, bastante simplificada, podemos extrapolar e afirmar que o funcionamento dos foguetes têm princípios similares à experiência que foi descrita, constituindo-se conforme a lei de ação e reação prevista na terceira Lei de Newton.

As implicações de Física e Matemática para lançar um foguete são bastantes complexas, envolvendo amplos cálculos, alguns deles realizados por meio da computação aplicada. As aplicações realizadas nas aulas de Física são simplificações das situações reais, apenas com o propósito de ilustrar o envolvimento de algumas leis físicas nas situações reais. Com o propósito didático e informativo, demonstraremos os cálculos do movimento do foguete, baseado nas leis de Newton.

Figura 89: Representação da analogia do trabalho realizado pelo ar liberado de uma bexiga com os gases expelidos pelos foguetes. Fonte: livro Aeronáutica p. 87



Fonte: Livro Coleção Explorando o Ensino Aeronáutica p. 87.

Os foguetes VLS são projetados em forma de estágios, cada estágio tem seu próprio tanque de combustível. Depois de queimado, todo o combustível, o estágio é descartado, para diminuir a massa inútil do foguete, economizando, assim, consumo energia desnecessário. Em resumo, a massa total do sistema

vai variando (diminuindo), a cada estágio descartado. É com base neste princípio que a equação será desenvolvida.

Considere um foguete de massa instantânea m e seja v a velocidade do foguete em relação a um observador. Parte da massa m do foguete é constituída pelo combustível que é expelido para fora, através de um motor. Usando a segunda lei de Newton temos;

$$F = \frac{dP}{dt} \quad (23)$$

Substituindo pela definição de momento $P = mv$ (tomando em módulo). Lembrando que nesta situação a massa do corpo não constante, portanto é derivável:

$$F = \frac{dmv}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = u \frac{dm}{dt} + m \frac{dv}{dt}$$

A equação do foguete é obtida em duas etapas, uma por derivação e outra por integração.

Derivando pela regra do produto:

$$v \frac{dm}{dt} + m \frac{dv}{dt} = u \frac{dm}{dt} + ma \quad (24)$$

Considerando as forças externas, usando a conservação do momento, temos a primeira equação do foguete:

$$-u \frac{dm}{dt} = ma \quad (25)$$

O termo da esquerda é o empuxo provocado pela queima do combustível, u é a velocidade de exaustão e a é aceleração do sistema. O sinal negativo é o sentido da massa e dos gases do propelente.

Agora, vamos integrar para obter a segunda equação:

$$\begin{aligned} \int \left(u \frac{dm}{dt} + m \frac{dv}{dt} \right) &\Rightarrow -u \int \frac{dm}{m} = \int \left(\frac{dt}{dt} \right) dv \\ -u \int_{m_i}^{m_f} \frac{dm}{m} &= \int_{v_i}^{v_f} dv \\ v_f - v_i &= -u \ln \left| \frac{m_f}{m_i} \right| \end{aligned}$$

Subtraindo a massa inicial (m_i) da massa final (m_f) temos:

$$v_f - v_i = u \ln(m_i - m_f) \quad (26)$$

Esta é a equação da velocidade do foguete (XAVIER 2012).

Devemos levar em consideração que esta demonstração é apenas uma simples discussão teórica das leis da Física, em se tratando de uma situação real envolve várias equações, com maior complexidade, pois são vários parâmetros que devem ser considerados, como por exemplo: tipo de combustível, condições atmosféricas, órbita a ser alcançada, tipo de manobra, aerodinâmica do veículo, etc.

CÁLCULO DO TEMPO QUE A LUZ DO SOL LEVA PARA CHEGAR À TERRA

Apolo 11, que levou os primeiros astronautas à Lua, gastou, aproximadamente, oito dias, numa viagem de ida e volta. A Lua está a 384.400 km da Terra. Vamos supor hipoteticamente que a espaçonave tenha viajado em linha reta e com a mesma velocidade da luz. Quanto tempo ela gastaria para chegar ao seu destino, posto que, sabemos a distância da Lua e a velocidade da luz?

A velocidade da luz é $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$, usando a equação do movimento uniforme da cinemática temos:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{d_L}{c} \quad (26)$$

$$\Delta t = \frac{384\,400\,000\text{ m}}{299\,792\,458\text{ m/s}} = 1,28\text{ s}$$

Pois, em uma viagem à Lua a velocidade da luz levaria 1,28 segundos.

Como foi dito na seção anterior, o Sol é única fonte de luz da Terra, as partículas luminosas geradas no seu núcleo transmitem a luz que nos ilumina. Um foto gerado no núcleo do Sol leva, aproximadamente, 170.000 anos para chegar à superfície do mesmo. Agora, usando o método anterior, vamos calcular o tempo que um foto leva para sair da superfície do Sol e chegar à Terra. Como o Sol está a, aproximadamente, 149.600.000 km da Terra, o cálculo é realizado da seguinte forma:

$$\Delta t = \frac{149\,600\,000\,000\text{ m}}{299\,792\,458\text{ m/s}} = 499\text{ s.}$$

Como $1\text{ min} = 60\text{ s}$, podemos dividir este resultado por 60 para encontrar o tempo em minutos, assim temos:

$$\Delta t = \frac{499\text{ s}}{60} = 8,316667\text{ min}$$

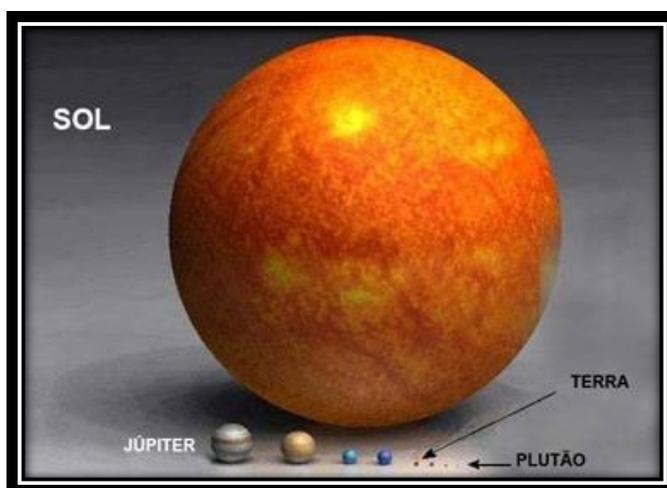
Este resultado diz que, um foto gerado pelo Sol leva, aproximadamente, 8,32 min para chegar até nós.

Até o momento, não foi verificada velocidade maior que da luz, desenvolvida por qualquer corpo que contenha massa. Apesar dos fotos luminosos viajarem em alta velocidade, o brilho de algumas estrelas que observamos no céu são de estrelas que já não existe mais no universo. Devido à distância que elas estavam da Terra, os fotos que chegam até nós, percorreram longa distância (astronômica) por milhões de anos.

CÁLCULO DE VOLUME DOS ASTROS

Astronomia de Posição, conhecida também como Astronomia Esférica, tem se utilizado de teodolitos, cronômetros e observações noturnas para desenvolver alguns sistemas de referência, dentre estes, são: coordenadas astronômicas, azimute, zênite, etc. Com a adesão à Astrofísica outras informações dos astros também foram obtidas, tais como: distâncias, diâmetros, massa, temperatura, volume, etc. Um dos meios de sabermos o quanto um corpo celeste é maior ou menor em relação ao outro é calculando seus volumes e compará-los.

Figura 90: Representação da comparação do tamanho do Sol em relação aos planetas do Sistema Solar.



Fonte: Site Apolo 11.

Os astros mais próximos da Terra são a Lua e o Sol, de maneira empírica, somos levados a aceitar que o Sol é maior que a Terra e que a Lua é o astro menor entre os três. Já estamos tão acostumados com esta ideia, que não nos damos ao trabalho e à curiosidade de perguntar: “Quanto o Sol é maior que a Terra? Ou quanto a Lua é menor que a Terra?” Alguns professores afirmam que, às vezes, as crianças associam o tamanho e a distância do Sol com base na sensação térmica.

Um exemplo foi o depoimento de uma professora, que ministrava aula para uma classe de crianças com deficiência visual, ela contou que numa aula de Astronomia, onde o assunto era a distância do Sol em relação à Terra, seus alunos imaginavam a distância do Sol, tomando por base a sensação térmica. Para eles o Sol estaria mais perto da Terra porque sentiam a temperatura do Sol e não a temperatura da Lua. Conflitos epistemológicos, desta natureza, são comuns entre alunos das séries iniciais, cabendo ao professor esclarecê-los,

assim sendo, é fundamental possuir alguns conhecimentos de Astronomia Básica.

O professor deve dominar conhecimentos, mínimos, de Astronomia para esclarecer as dúvidas dos seus alunos, tais como: distância, tamanho dos corpos celestes mais conhecidos, entre outras informações.

Apresentaremos a seguir, os cálculos do volume do Sol, da Terra e da Lua, para termos uma ideia mensurável da diferença do tamanho entre um e outro.

Por simplificação, os tomaremos como sendo corpos esféricos. Iniciaremos pesquisando os raios dos três astros:

Sol	$R_{sol} = 6,960 \times 10^8 m \Rightarrow 6,960 \times 10^5 km$
Terra	$R_{Terra} = 6.370 km$
Lua	$R_{Lua} = 1.738 km$

Uma vez que, assumimos que os três astros são esféricos, neste caso usaremos a equação matemática, para cálculo de volume de sólidos esféricos;

$$V = \frac{4\pi r^3}{3}. \quad (27)$$

- Cálculo do volume do Sol:

$$V_{sol} = \frac{4\pi(6,960 \times 10^5 km)^3}{3} = \frac{4 \times 3,141(3,372 \times 10^{17} km^3)}{3}$$

$$V_{sol} = \frac{12,564(3,372 \times 10^{17}) km^3}{3} = 4,188 \times 3,372 \times 10^{17} km^3$$

$V_{sol} = 1,4122 \times 10^{18}(km)^3$, Volume do Sol.

- Cálculo do volume da Terra:

$$V_{Terra} = \frac{4\pi(6.370 m)^3}{3} = \frac{4 \times 3,141(2,585)^{11} m^3}{3}$$

$$V_{Terra} = \frac{12,564(2,585)^{11} m^3}{3} = 4,188(2,585)^{11} m^3$$

$V_{Terra} = 1,0825 \times 10^{12} (km)^3$, Volume da Terra.

- Cálculo do volume da Lua:

$$V_{Lua} = \frac{4\pi(1.730 \text{ m})^3}{3} = \frac{4 \times 3,141(5,250)^9 m^3}{3}$$

$$V_{Lua} = \frac{12,564(5,250)^9}{3} = 4,188(5,250)^9 m^3$$

$V_{Lua} = 2,1987 \times 10^{10} (km)^3$, Volume da Lua.

Dividindo o volume do Sol pelo o volume da Terra e o Volume da Terra pelo volume da Lua, teremos a quantidade aproximada de quanto o Sol é maior que a Terra e quanto a Terra é maior que a Lua, em termos de volume.

$$\frac{V_{sol}}{V_{Terra}} = \frac{1,4122 \times 10^{18} (km)^3}{1,0825 \times 10^{12} (km)^3} = 1.304.572,75$$

Este resultado indica quanto o Sol é maior que a Terra, cabendo, aproximadamente, 1.304.572,8 Terras dentro do Sol.

Vamos calcular agora, quanto a Terra é maior que a Lua.

$$\frac{V_{Terra}}{V_{Lua}} = \frac{1,0825 \times 10^{12} (km)^3}{2,1987 \times 10^{10} (km)^3} = 49,2336$$

Usando o mesmo raciocínio para os cálculos, a Terra é 49,23 maior que a Lua.

Quantas vezes o Sol é maior que a Lua? Este cálculo fica para exercício, basta seguir os mesmos passos que foram demonstrados no exemplo acima.

CÁLCULO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

Segundo Galileu, se deixarmos cair vários objetos de pesos diferentes do alto de uma torre, eles cairão com a mesma velocidade, com a mesma aceleração, dito de outro modo, todos descem com mesma variação da velocidade, em relação ao tempo transcorrido.

Há uma região, relativamente próxima da superfície da Terra, no seu entorno, conhecida como campo gravitacional, cujo efeito é, atrair os corpos para o seu centro. Essa atração ocorre por influência de uma ação conhecida como, força gravitacional. Segundo Newton, todos os corpos são influenciados por ela. Esta força e o seu peso estão sempre no sentido do centro da Terra. Os corpos que estão dentro dos limites deste campo gravitacional ao serem influenciados variam sua velocidade, adquirindo uma aceleração, nomeada de aceleração da gravidade.

Ratificando, todos os corpos que estão na superfície terrestre sofrem influência da força peso \vec{P} , direcionando para o centro da Terra³³, sendo representada pela equação:

$$\vec{P} = m\vec{g}; \quad (28)$$

onde m é a massa e g é a aceleração da gravidade.

Segundo a teoria de Newton, a força de atração gravitacional que existe entre a Terra e os corpos próximos a sua superfície é dada pela seguinte equação:

$$\vec{F}_g = G \frac{M_T m \vec{r}}{r^2}; \quad (29)$$

onde $M_T = 5.9722 \times 10^{24} kg$, massa da Terra; $G = 6,674 \times \frac{10^{-11} m^3}{kg} \cdot s^{-2}$, constante gravitacional universal $r = 6,371 \times 10^6 m$, raio médio da terra.

Igualando a força peso à força gravitacional, em módulo:

$$P = F_g \quad (30)$$

$$mg = G \frac{M_T m}{r^2}.$$

Desprezando a massa do corpo que está sendo atraída, em detrimento da massa da Terra, pois esta é muito maior que a massa destes corpos ($M \gg m$), portando podemos simplificar as massas (m) e isolar a aceleração da gravidade (g), assim:

$$g = G \frac{M_T}{r^2} \quad (31)$$

substituindo as constantes;

$$g = 6,674 \times \frac{10^{-11} m^3 s^{-2}}{kg} \cdot \frac{5,9722 \times 10^{24} kg}{(6,371 \times 10^6 m)^2}$$

³³ A trajetória de um copo em queda livre (exceto nos polos) não é uma reta apontando para o centro da Terra, uma vez que, a aceleração da gravidade não é uma resultante, há também outras forças como aceleração de Coriolis, a qual tende a deslocar o corpo para o leste ou para o oeste, dependendo da posição de queda sobre a Terra.

$$g = \frac{3,98584628 \times 10^{14} m^3 s^{-2}}{4,0589641 \times 10^{13} m^2} = 9,819861 \frac{m}{s^2}.$$

A intensidade da aceleração da gravidade é de: $g = 9,8199 \frac{m}{s^2}$, para corpos próximos à superfície da Terra, ou seja, para a altura h tendendo a zero ($h \rightarrow 0$).

Para corpos afastados da superfície terrestre, como por exemplo os satélites artificiais, a altura h deve ser incluída na equação, somando-se ao raio da Terra, como se segue:

$$g = G \frac{M_T}{(r + h)^2}. \quad (32)$$

A intensidade da aceleração gravitacional (g) é inversamente proporcional ao valor da altura (h), pois, à medida que o corpo for se afastando da superfície da Terra, com a altura tendendo ao infinito ($h \rightarrow \infty$), a ação da gravidade sobre o corpo diminui a tal ponto, que a força gravitacional não atuará mais, perdendo, conseqüentemente, sua influência sobre o corpo OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; WIKIPÉDIA).

A photograph of an astronaut in a white spacesuit floating in space, with the Earth's horizon and a blue sky in the background. The astronaut is wearing a white helmet and a white suit with yellow gloves. The background shows the Earth's surface with clouds and a blue horizon line. The text "Parte III" is overlaid in red cursive font.

Parte III

"Não há vergonha em não saber. O problema surge quando o pensamento e a conduta irracional se encarregam de preencher o vazio deixado pela ignorância." Niel deGrasse Tyson

Imagem O cosmonauta russo Sergey Ryazanskiy fazendo manutenção da Estação Espacial Internacional, em 22 de agosto de 2013 (Johnson Space Center).

Disponível em: <https://www.businessinsider.com/27-best-space-station-photos-show-earth-hidden-beauty-2019-11#the-iss-has-been-orbiting-earth-for-more-than-21-years-its-first-module-launched-into-orbit-on-november-20-1998-3>

CAÍTULO 12

SUGESTÕES DE ATIVIDADES PARA A SALA DE AULA

Neste capítulo vamos sugerir algumas atividades que podem ser realizadas na sala de aula, para tornar as aulas mais divertidas, como a construção de Astrolábio, sextante, quadrante, gnômon, entre outros. As instruções para a construção destes artefatos podem ser encontradas na internet, em artigos científicos ou demonstração em vídeo no *youtube*.

Astrolábios- O astrolábio era um disco circular, graduado em sua borda, em unidades angulares, e uma régua linear, que vinculada ao disco, poderia pivotear em torno de um eixo passando pelo centro do disco. Alçava-se o astrolábio pela sua parte superior, geralmente no dedo do observador, e apontava-se a régua ao astro desejado, lendo-se a graduação correspondente à altura do astro. Quando se conhecia a direção do norte local, o disco podia ser usado para medir distâncias angulares na horizontal, fornecendo o azimute do astro.

A construção de um astrolábio pode envolver discussão com as disciplinas: Astronomia, Matemática, História, Física entre outras. Uma das aplicações do astrolábio foi no período das antigas viagens marítimas pelos navegadores. A ideia básica de manuseio do instrumento é a seguinte: o observador aponta a régua central para o astro utilizado como referência, e em seguida observa as graduações do instrumento. A partir dessa observação, e com base nos conhecimentos de Astronomia, os navegadores poderiam precisar sua localização em alto mar e fazer o cálculo das rotas.

Há vídeos e artigos científicos relatando sobre o uso do referido instrumento. Tem, por exemplo, um ótimo artigo de Heloisa Meireles Gesteira, com o título: “O Astrolábio, o Mar e o Império”, disponível na internet que daria uma ótima atividade sobre construção de astrolábio. Há outros

Astrolábios: Instrumento náutico antigo, usado para medir a altura dos astros.



Fonte:

<https://www.significados.com.br/astrolabio/>

Sextante: Usado para medir a distância angular na vertical entre um astro e a linha horizontal.



Fonte:

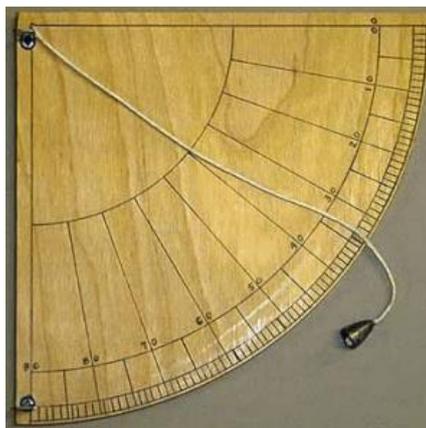
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sextante>

instrumentos antigos, também interessantes como: sextante, quadrante, gnômon, etc., que podem ser construídos pelos estudantes com a orientação do professor.

Sextante- instrumento usado para medir a distância angular na vertical entre um astro e a linha do horizonte para fins de cálculo da posição e para corrigir os eventuais erros da trajetória da navegação estimada anteriormente. Pode ser usado para calcular distâncias medindo ângulos verticais desde o ponto de observação até um dado objeto.

Quadrante - consiste num instrumento que é o quarto de um círculo graduado, com um fio fixo tendo numa das extremidades uma massa, que denominamos prumo (Figura ao lado). Este instrumento foi usado na Astronomia Antiga e em navegações, sua função era medir a altura, de um objeto em relação ao horizonte, baseado na distância angular, que apresentava, em geral, uma escala que fornecia a tangente de certos ângulos e linhas horárias. Ele passou a ser usado na Astronomia, por sua vez, só a partir do século XIII, com a introdução de um cursor que se deslocava ao longo da escala de altura, era possível resolver certos problemas astronômicos. Com o tempo procurou-se fazer do quadrante náutico um instrumento com mais precisão.

Quadrante: Mede a altura (distância angular) de um objeto em relação ao horizonte.



Fonte: http://www.ccvalg.pt/astrologia/historia/iade_media.htm

Um artigo de autoria de Ana Carolina Costa Pereira, Antônia N. de Sousa Batista e Isabelle C. da Silva, com o título é: “A matemática incorporada na construção do quadrante descrito na obra *Libros del Saber de Astronomía*”, tem uma proposta didática para construir um quadrante, uma atividade multidisciplinar, envolvendo Matemática, Geometria, e outras áreas. (https://www.researchgate.net/publication/321893003_A_matematica_incorporada_na_construcao_do_quadrante_descrito_na_obra_Libros_del_Saber_de_Astronomia)

Gnômon

Os antigos utilizavam a observação da sombra do Sol projetada no solo, como meio de orientação para realizar medidas. Temos diversos exemplos de tais práticas em livros, artigos científicos, etc. Utilizando a projeção da sombra do Sol, os astrônomos realizavam medidas com boa precisão, se considerarmos os instrumentos disponíveis na época. Um exemplo que podemos citar foi de Eratosthénis de Cirene (276 – 194 a. e. c.) que

Gnômon: Parte do relógio solar, usado para indicar a hora com a projeção da sombra.



Fonte: http://www.if.ufrgs.br/~riffel/notas_aula/ensino_astro/roteiros/Roteiro_Relogiosolar_Gnomon.htm

foi um dos primeiros a medir a circunferência da Terra por meio desta técnica. Sua origem é incerta, Heródoto (485 – 425 a. C.) atribui sua invenção aos babilônios.

O gnômon na sua forma mais simples, consiste em uma haste fincada no solo e por meio da projeção de sua sombra são realizadas medidas, tomando por referência a variação do tamanho da sombra, ao longo do dia (Figura). Baseado na trajetória do Sol, que aparentemente descreve para um observador na Terra, em virtude da rotação do planeta, em torno de seu eixo, a sombra da haste varia o seu tamanho. Pode ser usado como atividade para identificar os pontos cardeais locais.

Mediante o rico debate que a construção deste instrumento proporciona, o professor poderá desenvolver várias atividades, dentre elas: demarcar os pontos cardeais do local, estudar a posição dos astros, aplicar conceitos e resolver problemas de matemática, etc.

Construção de foguete com garrafa pet

Outra atividade interessante é a realização de oficinas para a construção de foguetes com garrafas pet, para serem lançados usando água pressurizada ou por reação química da mistura de vinagre e bicarbonato de sódio. É uma atividade bastante interessante, que permite ao professor poder explorar alguns temas como: estudo do centro de massa dos corpos, lançamento vertical e oblíquo, reações químicas, temas referentes a tecnologia espacial, entre outros assuntos. Há na internet vários vídeos e artigos, apresentando atividades envolvendo construção de foguete e exemplificando sua construção. O artigo de James Alves de Souza, “Um foguete de garrafas pet”, é um bom exemplo, a ser explorado como material de apoio (veja figura). O site da Olimpíada Brasileira de Astronomia, também, tem instruções e orientações de como fazer um foguete com garrafa pet.

Foguete construído com garrafa pet.



Fonte: SOUZA, James Alves de.

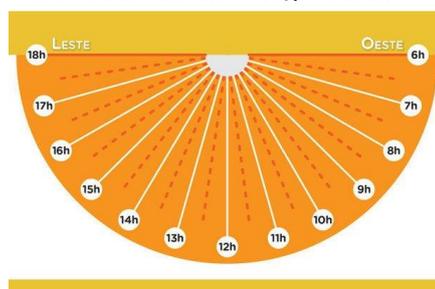
<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a02.pdf>

Construção de um relógio solar

O relógio de sol é um instrumento que indica as horas, conforme a projeção da luz solar, utilizado há milhares de anos por povos antigos. Esta é uma atividade possível de ser realizada na sala de aula.

Os relógios solares são compostos, basicamente de uma "mesa", onde fica o

Semicírculo representando o mostrador de um relógio solar.



Fonte:

<https://novaescola.org.br/conteudo/3510/como-construir-um-relogio-de-sol-com-os-alunos>

mostrador, e um estilete, também chamado de "gnômon", cuja sombra é projetada sobre o mostrador, onde as horas serão marcadas com a passagem aparente do Sol. Existem diferentes montagens de relógios Solares: "horizontais", "verticais" e "equatoriais". Nos relógios de montagem horizontal, a mesa é paralela ao horizonte do lugar, enquanto que os de montagem vertical a mesa é perpendicular ao plano do horizonte. Nos relógios de montagem equatorial, a mesa é paralela ao equador terrestre. Em todas as montagens, o gnômon é sempre paralelo ao eixo de rotação da Terra. Os relógios verticais são, ainda, classificados em declinantes (quando seus mostradores apontam diretamente na direção de algum dos pontos cardeais - norte, leste, sul ou oeste) e não-declinantes (quando os mostradores apontam em qualquer outra direção). Para que marquem as horas, durante todo o ano, os relógios de montagem equatorial e vertical necessitam terem mostradores em ambos os lados da mesa.

O livro "*Conceitos de Astronomia*", de Roberto Boczko, editado pela Edgard Bluecher é uma boa referência de Astronomia Fundamental e tem dica muito boa de como construir relógio solar, no site da Revista Nova Escola também há um projeto da construção de um relógio, disponibilizado no endereço (endereço do site na figura do relógio).

Questões de Astronomia Resolvidas

Nesta seção apresentamos algumas questões de Astronomia respondidas, algumas elaboradas pelo autor e outras da prova da Olimpíadas Brasileira de Astronomia, para o professor treinar com os alunos. Estas questões podem ajudar a revisar aprendizagem e dar ideia de como são as provas da OBA. Foram realizadas algumas modificações nas questões da OBA para otimizar a compreensão e economizar espaço, sem comprometer o objetivo.

1.0) O nosso planeta orbita a zona habitável do espaço, nos proporcionando diferentes estações por ano. A causa de haver quatro estações por ano na Terra, está diretamente relacionada:

- a) Ao fato da órbita da Terra ser elíptica.
- b) à aproximação (periélio) e ao afastamento (afélio) do planeta do Sol, durante o seu movimento de translação (revolução).
- c) à inclinação do eixo de rotação em relação a sua órbita.
- d) à posição do planeta no sistema solar em relação ao Sol.
- e) à distância entre a Terra e o Sol.

Resposta: C

2.0) Os principais movimentos executados pelo planeta Terra são:

- a) rotação.
- b) translação (revolução).
- c) rotação e translação (revolução).
- d) quatro principais; rotação, translação (revolução), Precessão e outros.
- e) apenas três principais; rotação, translação (revolução) e Precessão.

Resposta: D

3.0) Um brilho fugaz que surge no céu noturno, conhecido popularmente como “estrela cadente”, ocorre quando:

- a) uma estrela aparece mudando de posição.
- b) um meteorito adentrando a atmosfera terrestre, em alta velocidade.
- c) corpos rochosos, metálicos ou rochosos-metálicos (meteoroides ou asteroides) vindos do espaço, que podem ser resto de estrelas que explodiram.
- d) ocorrem descargas eletromagnéticas entre nuvens eletrizadas.
- e) atmosfera fica ionizada, devido a uma descarga elétrica.

Resposta: C

4.0) O movimento de rotação da Terra provoca os fenômenos nascer e ocaso, chamado de movimento aparente dos astros. Neste caso pode-se afirmar que:

- a) o Sol nasce sempre no leste e se põe (ocaso) sempre no oeste.
- b) o Sol nasce no lado leste e se põe (ocaso) no lado oeste.
- c) o Sol nasce sempre no oeste e se põe (ocaso) sempre no leste.
- d) o Sol nasce no lado oeste e se põe (ocaso) no lado oeste.
- e) o Sol nasce leste e se põe (ocaso) sempre no horizonte.

Respostas: B

7.0) **(OBA-2018)** As lâmpadas das residências têm impressas nelas as suas respectivas Potências, como por exemplo, 60 Watt, 100 Watt etc, o que define a “luminosidade” delas. Watt, W, é a unidade de Potência e representa a quantidade de energia emitida por unidade de tempo, ou seja: Potência (W) = Energia (J)/tempo(s). As estrelas são grandes lâmpadas, mas chamamos a Potência delas de Luminosidade (L), ou seja: Luminosidade (W) = Energia (J)/tempo(s). A Potência de uma lâmpada é sempre a mesma, não importa se estamos perto ou longe dela. A Luminosidade também é uma propriedade da estrela. Também não depende se estamos perto ou longe dela. A Potência de uma lâmpada depende da resistência, corrente e da diferença de potencial. A Luminosidade (L) de uma estrela depende da Temperatura (T) da sua superfície (medida em Kelvin) e da área desta superfície, isto é, do Raio (R) da estrela, da seguinte forma: $L = k(4\pi R^2)T^4$ onde k é chamada de constante de Stefan-Boltzmann e vale $k = 5,67 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$

Pergunta Calcule o valor exato da Luminosidade do Sol em Watt. Dados: Raio do Sol: cerca de 700.000 km. Temperatura da superfície do Sol: cerca de 6.000 K. Para facilitar os cálculos use os valores aproximados de $\pi = 3$ e $k = 6,0 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$.

RESOLUÇÃO:

$$L = k(4\pi R^2)T^4 = 6,0 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4} [4 \cdot 3 \cdot (7 \times 10^8 m)^2] (6 \times 10^3 K)^4$$

$$L = 6,0 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4} \cdot 12 \cdot 49 \times 10^{16} m^2 \cdot 1.296 \times 10^{12} k^4$$

$$L = 6,0 \times 10^{-8} W \cdot 12 \cdot 49 \cdot 1.296 \times 10^{16+12}$$

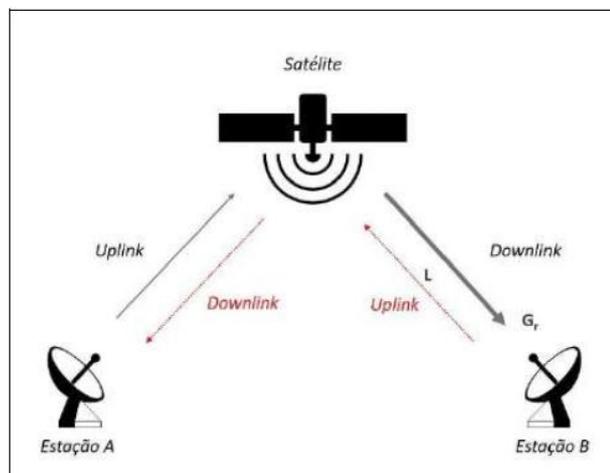
$$L = 6,0 \times 10^{-8} W \cdot 762.048 \times 10^{28}$$

$$L = 6,0 W \cdot 762.048 \times 10^{28-8}$$

$$L = 4.572.288 \times 10^{20} W.$$

A luminosidade do Sol em Watt é: $L = 4,572288 \times 10^{26} W$

8.0) **(OBA-2018)** Em 2017 foi lançado o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), satélite operado pelo governo brasileiro. Em função da sua órbita, o SGDC fica “parado” em relação à Terra a 35.800 km de distância. O usuário, ligado à Estação A, pode estabelecer comunicação, via SGDC, com outro usuário, conectado à Estação B (vide Figura). Nos enlaces de



comunicação de uplink e downlink ocorrem dois fenômenos importantes. Um deles é a redução da intensidade do sinal, **E**, em função da distância e das interações das ondas eletromagnéticas com o meio no qual elas se propagam. Outro fenômeno é o ruído eletromagnético, **N**, que são sinais espúrios que introduzem contribuições indesejadas nas comunicações. Baseado nestes conceitos é estabelecida a relação sinal/ruído (**E/N**): $\frac{E}{N} = \frac{P \times G}{R \times L}$, onde P = Potência de transmissão do satélite, G = Ganho da antena receptora da estação B, L = Perdas na transmissão e R = Taxa de bits, isto é, bits por segundo (bps). Quanto maior essa relação, melhor a captação da informação no receptor. Neste exercício, o enlace de comunicação a ser analisado é entre o Satélite (transmissor) e a Estação B (receptor), no sentido de downlink. A Estação B compreende uma antena com 5 m de diâmetro.

(Pergunta-1) Suponha uma Fonte: OBA. situação na qual o SGDC esteja transmitindo dados à taxa de um milhão de bits por segundo ($R = 1 \text{ Mbps}$) com $P = 50 \text{ W}$. Em função de uma chuva torrencial, a perda total (L) tem seu valor dobrado. Supondo que mesmo com a chuva se queira manter a mesma taxa de transmissão de dados entre o SGDC e a Estação B, qual seria a nova potência de transmissão do satélite? Considere que a relação sinal/ruído não se altere e que a antena da Estação B é a mesma.

RESOLUÇÃO:

P: potencia (50 W) $\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2} \Rightarrow \frac{P_1 \times G_1}{R_1 \times L_1} = \frac{P_2 \times G_2}{R_2 \times L_2}$

G: ganho da antena Observamos que pelo anunciado: $P_1 = 50 \text{ W}$; $G_1 = G_2$;

L: perdas de sinal $L_2 = 2L_1$; $R_1 = R_2$ e $P_2 = ?$

R: 1 Mbps ($1 \times 10^6 \text{ bps}$) Reescrevendo a expressão:

$$\frac{P_2 G_2}{R_2 2L_1} = \frac{P_1 G_2}{R_2 L_1}$$

Eliminando o termos semelhantes e substituindo as incógnitas;

$$P_2 = \frac{P_1 G_2}{R_2 L_1} \cdot \frac{R_2 2L_1}{G_2}$$

$$P_2 = P_1 2 = 50 \text{ W} \cdot 2 = 100 \text{ W}$$

$P_2 = 100 \text{ W}$. A nova potência de transmissão.

(Pergunta-2) Ao ser apresentado com o novo valor de potência, um engenheiro do SGDC informou que o satélite já operava no seu limite de potência, que é de 50 W. Alternativamente, ele propôs que o aumento das perdas (L) fosse resolvido aumentando-se o ganho (G) da antena da Estação B. Dentre os fatores que impactam no ganho da antena está o seu tamanho. O ganho é dado por $G = c \times A$, onde c é uma constante e A é a área circular da antena. Considerando-se que o satélite opere na sua potência máxima, qual o novo diâmetro da antena para

manter a relação sinal/ruído e, assim, a mesma taxa de transmissão de dados? O diâmetro (D_1) original da antena é de 5 m. Use: $\sqrt{2} = 1,4$.

RESOLUÇÃO:

$$\frac{E_1}{N_1} = \frac{E_2}{N_2} \Rightarrow \frac{P_2 G_2}{R_2 2L_1} = \frac{P_1 G_1}{R_1 L_1}$$

Nesse caso pelo anunciado: $P_1 = P_2 = 50 \text{ W}$, não deve ser alterado, porém o ganho ($G_1 \neq G_2$) deve ser diferente, onde $G = c \times A$. Os outros parâmetros não se alteram; ($L_2 = 2L_1$ e $R_1 = R_2$).

Se o diâmetro da antena é 5 m o raio é a metade, ou seja, $r_1 = 2,5 \text{ m}$.

$$\frac{G_2}{2} = G_1$$

$$G_2 = 2 c A_1 = 2(c \pi r_1^2)$$

$$c \pi r_2^2 = 2(c \pi r_1^2)$$

$$r_2^2 = 2r_1^2$$

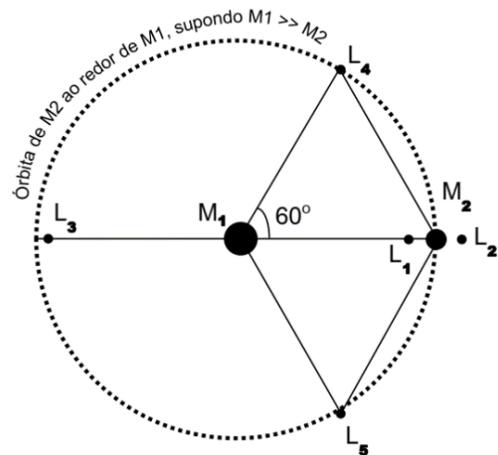
$$r_2 = \sqrt{2 r_1^2} = 1,4 r_1;$$

Substituindo $r_1 = 2,5 \text{ m}$:

$$r_2 = 1,4 \cdot 2,5 = 3,5.$$

Sendo $r_2 = 3,5 \text{ m}$, o novo diâmetro da antena será de $D_2 = 7,0 \text{ m}$.

9.0) (OBA-2018) Com o desenvolvimento da astronáutica está cada vez mais fácil colocarmos telescópios em órbita. Contudo, alguns, como o SOHO (Solar and Heliospheric Observatory = Observatório Solar e Heliosférico), precisam girar ao redor do Sol no mesmo período que a Terra e ficar entre o Sol e a Terra, pois precisa observar o Sol 24h/dia. Mas pela terceira Lei de Kepler $T^2 = kD^3$, ou seja, quanto menor a distância do Sol, menor será o período e vice versa. Logo, não seria possível colocar o SOHO e outros satélites para girarem ao redor do Sol, com o mesmo período da Terra estando num lugar diferente da Terra.



Fonte: OBA.

Mas o italiano Joseph Louis de Lagrange, em 1772, descobriu que há cinco pontos, chamados pontos Lagrangianos, num sistema Terra-Sol, ou Terra-Lua (ou Sol-planeta), que são “especiais”. O ponto L1 fica na linha Terra-Sol, entre a Terra e o Sol e um observatório ali colocado,

move-se com o mesmo período da Terra, tal como faz o SOHO (Telescópio), o qual nunca é eclipsado pela Lua e recebe sempre a mesma irradiação do Sol. Veja a figura ao lado. O ponto **L2** fica depois do cone da sombra (umbra) da Terra, este é o local de posicionamento do Telescópio Espacial James Webb e terá período de translação igual ao da Terra. Os pontos **L4** e **L5** ficam sobre a órbita da Terra e são localizados por um triângulo equilátero com aresta igual à distância Terra-Sol.

(Pergunta 1) Considere que **M1** seja a massa do Sol, **M2** a massa da Terra, R a distância Terra-Sol e r a distância da Terra aos pontos Lagrangianos **L1** e **L2** (são simétricos em relação a **M2**). Pode-se demonstrar que r é dado por: $r \approx \sqrt[3]{\frac{M_2}{3M_1}} R = 1,4784 \times 10^8 \text{ km}$. Sabendo-se que a distância média à Lua é de 384.000 km , calcule quantas vezes r está mais distante do que a órbita da Lua.

RESOLUÇÃO:

$$r = 1,4784 \times 10^8 \text{ km};$$

$$D_L = 384.000 \text{ km};$$

A quantidade de vezes que r é maior que D_L é obtida pela divisão da distância da Terra aos pontos L_1 e L_2 , pela distância entre a Terra a Lua, o resultado chamaremos de x :

$$x = \frac{r}{D_L} = \frac{1,4784 \times 10^8 \text{ km}}{384.000 \text{ km}} = \frac{147.840}{384} = 385$$

$x = 385$; sendo a quantidade r 385 vezes maior que a distância média da Terra à Lua.

10.0) **(OBA-2017)** Você conhece os planetas do Sistema Solar. Então, coloque os nomes deles na frente de suas respectivas descrições.

a) É gasoso, sua densidade média é $1,3 \text{ g/cm}^3$. Tem anéis, mas não é Saturno. Tem forte campo magnético. Tem faixas coloridas em sua atmosfera, inclusive uma grande mancha. Seu dia dura só 9h48min. Seu diâmetro é 11,2 vezes o da Terra.....

É rochoso, sua densidade média é $3,9 \text{ g/cm}^3$. Tem o maior vulcão inativo do Sistema Solar. É bem menor do que a Terra e tem superfície avermelhada. Tem desfiladeiros enormes. No passado até se pensou que era habitado.....

É rochoso, sua densidade média é $5,2 \text{ g/cm}^3$. Muito brilhante. Visto sempre “perto do Sol”. Seu dia é mais longo do que seu ano. Primeiro planeta a receber o pouso controlado de uma sonda. É o mais quente dos planetas. Não tem luas.....

É gasoso e menos denso que a água. O mais achatado dos planetas. O mais distante planeta ainda visível a olho nu. Um pouco menor que Júpiter. Tem anéis,

auroras e tormentas. Seu dia dura só 10h12min. Estudado pela sonda Cassini.....

RESOLUÇÃO: (Esta fica como treinamento)

OBS: No página da OBA há várias provas das olimpíadas passadas com gabarito que pode ser baixada para o professor treinar: <http://www.oba.org.br/site/>

* Resposta da cruzadinha astronômica: 1) Andrômeda; 2) Messier; 3) Estrelas; 4) Terra; 5) Nuvem de Oort; 6) Netuno; 7) Supernova; 8) Magnetosfera; 9) Sirius; 10) Asteroides.

REFERÊNCIAS

ABREU, Claudia Marques de et al. **História das Máquinas, ABIMAQ 70 Anos.** São Paulo, 2006. p. 12-16, 35-40.

ALMEIDA, Guilherme de. **CHARLES MESSIER E A SUA OBRA 2005.** Disponível em http://www.apaa.co.pt/GA/Charles_Messier.pdf Acesso em: 25 mai. 2020.

ANDREAS, San. **Primeiro Satélite Comunicações do Governo do Brasil.** Outerspace, 2019. Disponível em: <https://forum.outerspace.com.br/index.php?threads/curiosidades-da-engenharia-3-primeiro-satelite-comunica%C3%A7%C3%B5es-do-governo-do-brasil-fotos.451064/>. Acesso em: 07 ago. 2019.

ARAÚJO, Noemi dos Santos. **Estudo de Transferências Orbitais Utilizando Algoritmo Genético.** Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica (PIBIC/CNPQ/INPE), 2011. p. 3-10.

ARAÚJO, Tarso. **Como é o lançamento de um foguete?** Super.abril, 2020. Disponível em:

<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-o-lancamento-de-um-foguete/>. Acesso em: 21 mar. 2020.

ASTEROIDES, **Cometas e Meio Interplanetário.** Disponível em: https://www.professorinterativo.com.br/aval_on_line/01_TICs/TIC_02/10_corpos.htm. Acesso em: 12 mar. 2020.

ASTEROIDES **troianos de Júpiter.** Wikipédia, 2018. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Asteroides_troianos_de_J%C3%BApiter. Acesso em: 12 nov. 2019

ASTRONOMIA **on-line, Núcleo de Astronomia.** A Descobertas das Galáxias. Disponível em: http://www.ccvalg.pt/astronomia/galaxias/descoberta_galaxias.htm. Acesso em: 29 Fev. 2020.

ASTRONOO, **O Universo em Todas as Suas Formas.** Características dos planetas. Disponível em: <http://www.astronoo.com/pt/artigos/caracteristicas-dos-planet.html>. Acesso em: 02 jun. 2020.

BASCHTA Junho, Roland. **Satélite de Comunicação, Universidade Tecnológica do Paraná, Campus Curitiba, Departamento de Eletrônica.** Cap. 3, 2019. Disponível em: <http://aneste.org/satlites-geoestacionarios.html>. Acesso em: 02 abr. 2020.

BATISTA, Andreza da Costa. **Estudo de Modelos e Condições Iniciais da Geração a Priori de Detritos Espaciais e sua Propagação Orbital.** Trabalho

de Mestrado do curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais. INPE, 20011. P. 7-15.

BRANCO, Pércio de Moraes. **Breve História da Terra, Serviço Geológico do Brasil – CPRM**. cprm, 2016. Disponível em:

<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Breve-Historia-da-Terra-1094.html>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BRASIL **está fora do projeto da estação espacial (ISS)**. G1 globo.com, 2007.

Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,AA1549783-5598,00-BRASIL+ESTA+FORA+DO+PROJETO+DA+ESTACAO+ESPACIAL+ISS.html>. Acesso em: 08 jan. 2019.

CANHÃO, Telo Ferreira. **O Calendário Egípcio, Origem, estrutura e sobrevivência**. Cultura, Revista de História e Teoria das Ideias, vol. 23, 2006. p. 1-7.

CARVALHO, Wilton Pinto de et al. **O Mistério de Bendegó: história, mineralogia e classificação química**. Revista Brasileira de Geociências, v. 41, Rio de Janeiro, mar. 2011. p. 144.

CUNHA, Lazaro. **Contribuição dos Povos Africanos para o Conhecimento Científico e Tecnológico Universal**. p. 4 e 5, 2011.

(<http://www.acaoeducativa.org.br/fdh/wp-content/uploads/2012/11/contribuicao-povos-africanos.pdf>). Acesso em: 29 mai. 2020.

CAVALCANTE, Daniele. **Esses cientistas negros deixaram sua marca na história**. 20 nov. 2019. Disponível em: <https://canaltech.com.br/ciencia/negros-que-marcaram-a-historia-da-ciencia-155655/>. Acesso em: 20 mai. 202.

CERES, **Planeta anão**. Wikipédia, 2020. Disponível em:

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ceres_\(planeta_an%C3%A3o\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ceres_(planeta_an%C3%A3o)). Acesso em: 01 mai. 2020.

CLAUDIO Ptolomeu. Wikipédia, 2020. Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ptolomeu>. Acesso em: 04 mai. 2020.

COMETA **Halley**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Cometa_Halley. Acesso em: 12 mar. 2020.

CONDIÇÕES **de eclipses**. if.ufrgs, [200?]. Disponível em:

http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Lucia/astrologia/condicoes.html
Acesso em: 21 mar. 2020.

CONSTRUÇÃO **de um relógio solar**. Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/arquivos/relsol.html>. Acesso em 22 de jun. 2020.

CRATERA **de colônia**. Wikipédia, 2019. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Cratera_de_Col%C3%B4nia. Acesso em: 25 mar. 2020.

CURY, Lucilene; CAPOBIANCO, Ligia. **Princípios da História das Tecnologias da Informação e Comunicação Grandes Invenções**. VIII Encontro Nacional da História das Mídias. USP/SP, 2010. p. 1-7.

DA SILVA, Wellington Guilherme. **Qualificação de materiais utilizados em sistemas de proteção térmica para veículos espaciais**. 112f: Tese de Mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos SP, 2009. p. 20-31.

DE SOUSA, Rafael Ribeiro. **Estudo de Manobras Evasivas com Perturbações Orbitais**: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Dissertação de Mestrado, 2015. p. 23-25

ECHER, E. **Magnetosferas Planetárias**, Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 32, n. 2 (2301) São José dos Campos SP, 2010.

ESA ENCOMENDA a primeira remoção de detritos espaciais do mundo. Disponível em: https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris. Acesso em: 20 jun. 2020.

ENTENDA **porque o meteorito causou tanto estrago na Rússia**. ultimosegundos, 2013. Disponível em: <https://ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/2013-02-15/entenda-por-que-o-meteorito-causou-tantos-estragos-na-russia.html>. Acesso em: 11 mar. 2020.

ESTAÇÃO **Espacial Mir**. Wikipédia, 2020. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Mir#/media/Ficheiro:Mir_Space_Station_viewed_from_Endavour_during_STS-89.jpg. Acesso em: 25 mar. 2020.

ESTÁGIOS **de foguete (astronáutica)**. Wikipédia, 2020. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Est%C3%A1gio_\(astron%C3%A1utica\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Est%C3%A1gio_(astron%C3%A1utica)). Acesso em: 21 mar. 2020.

ESTUDO **diz que meteorito da Rússia se originou de choque de asteroides**. G1 globo.com, 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/05/estudo-diz-que-meteorito-da-russia-se-originou-de-choque-de-asteroides.html>. Acesso em: 11 mar. 2020.

EXPLORAÇÃO **Espacial**. Wikipédia, 2018. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Explora%C3%A7%C3%A3o_espacial. Acesso em 12 dez 2018.

EXPLORE **Solar System and Beyond (NASA)**. Disponível em: <https://www.nasa.gov/topics/solarsystem/index.html>. Acesso em: 19 mar. 2020.

FARIA, Rachel Suchij; VOELZKE, Marcos Rincon. **Análise das características da aprendizagem de astronomia no ensino médio nos municípios de Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e Mauá.** Revista Brasileira de Ensino de Física. SP, v. 30, n. 4, 4402, 2008.

FERREIRA, Dirceu; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. **Desafios e possibilidades no ensino de astronomia.** p. 1-4. Disponível em:

<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2356-8.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2018.

FERREIRA, Thamís Côrtes Freire de Carvalho. **Manobras Evasivas e Estratégia de Mitigação para Detritos Espaciais e Asteroides em Rota de Colisão com a Terra.** Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2019. p. 4-8.

FIGUEIREDO, Fernando José Bandeira de. **A Contribuição de José Monteiro da Rocha para o cálculo da órbita de Cometas.** UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa, 2005.

FONTDEGLÒRIA, Xavier. **Estação espacial chinesa ‘Tiangong-1’ cai no Pacífico sul.** El País, 2019. Disponível em:

https://brasil.elpais.com/brasil/2018/04/02/internacional/1522633599_636912.html. Acesso em: 07 jan. 2019.

FOTO do Sputnik. **Ninfinger**, 2007. Disponível em:

http://www.ninfinger.org/models/vault2007/Sputnik%201/Energia2007ssIMG_1562.jpg. Acesso em: 22 jul. 2019.

FOTOS de desenhos esquemáticos do Sputnik. **Ninfinger**, 2007. Disponível em: <http://www.ninfinger.org/models/vault2007/Sputnik%201/index.html>. Acesso em: 22 jul. 2019.

FORTES, Elaine Cristina Ferreira Silva; AZEVEDO, Franciane; KOLLAND, Marcos. **Desvendando o Endereço Físico do Telescópio James Webb.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 3, e3306, (2018). p. 1-5.

FRIAÇA, Amâncio C. S. et al. **Astronomia Uma Visão Geral do Universo.**

Ed. Universidade de São Paulo, 2008. p. 106-108. Disponível em:

https://books.google.com.br/books?id=GF_SsuJIn4sC&pg=PA107&lpg=PA107&dq=albedo+dos+planetas&source=bl&ots=TsrhT8pxHD&sig=ACfU3U1upREj-PypC6UL-DO5RzEDuYkr3w&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwizteyMto3oAhU6GLkGHQhFAM84FBD0ATAFegQIChAB#v=onepage&q=albedo%20dos%20planetas&f=false. Acesso em: 27 fev. 2020.

GALANTE, Douglas et al. **Astrobiologia uma Ciência Emergente.** Tikinet: Edição IAG/USP, SP, 2016. p. 315-335.4

GALLIANO, A. Guilherme. **O Método Científico, Teoria e Prática**: Editora Mosaico Ltda. SP 1979. p. 30-112.

GENIPPER Patrícia. **Essas missões deixarão a NASA bem ocupada nos próximos 10 anos**. Disponível em: <https://canaltech.com.br/espaco/essas-missoes-deixarao-a-nasa-bem-ocupada-nos-proximos-10-anos-147497/>. Acesso em 20 jun. 2020.

GOMES, Carla Amado (Org.). **Relatório Estudo Sobre Risco Tecnológico, Instituto de Ciências Jurídico-Políticas Centro de Investigação de Direito Público**. RJ, 2017. p. 129, 146-151.

IMPACTO de meteorito na Rússia foi maior do que se calculava, diz estudo. G1 globo.com, 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2013/11/impacto-de-meteorito-na-russia-foi-o-dobro-do-que-se-calculava-diz-pesquisa.html>. Acesso em: 01 abr. 2020.

JESUS, Antonio Delsin C. **Mitigação de Perigos de Colisões de Objetos Espaciais com a Terra**, Caderno de Física da UEFS, v. 16, Departamento de Física Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA. 2018. p. 1402.1-18.

JUNQUEIRA, Thiago Correr. **Estrutura Espiral da Galáxia baseada no estudo de órbitas estelares**. Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas Departamento de Astronomia. SP, 20013. p. 27-28.

LANGHI, Rodolfo; NARDIR, Roberto. **Ensino de Astronomia: Erros Conceituais mais Comuns Presentes em Livros Didáticos de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. V. 24, n. 1 p. 87 – 111, 2007. p. 87-91.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. Editora Atlas S. A. 5 ed. 2003 SP. p. 99-102.

LEITÃO, Mario Jorge M. **Sistema de Comunicação por satélite, Sistema de Telecomunicação II**. Disponível em: https://www.academia.edu/22868157/Sistemas_de_Telecomunica%C3%A7%C3%B5es_II_SAT_1_MJL_Sistemas_de_Comunica%C3%A7%C3%A3o_por_Sat%C3%A9lite. Acesso em: 02 abr. 2020.

LISTA de asteroides. Astronoo, 2013. Disponível em: <http://www.astronoo.com/pt/artigos/asteroides-lista.html>. Acesso em: 11 fev. 2020.

LISTA de SATÉLITES naturais do Sistema Solar. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_sat%C3%A9lites_naturais_do_Sistema_Solar. Acesso em: 19 mar. 2020.

LUNIK 3. Projectoidis, 1959. Disponível em: <https://projectoidis.org/lunik-3/>. Acesso em: 10 jan. 2019.

MADEHSKY, Rainer Karl. **Curso Básico de Astrofísica E Cosmologia: O sistema solar, as estrelas e a Via Láctea**. Feira de Santana: Editora UEFS, 2014. p. 15-17, 225-235, 260.

MANTELLATTO, Paulo Meira Bonfim. **As Influências da Lua na Terra e o Fenômeno das Marés**. Universidade Federal São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Departamento de Matemática, São Carlos SP, 2012. p. 23-27.

MARQUES, Ramiro. **Pedagogia de Jerome Bruner**. Disponível em: http://www.eses.pt/usr/ramiro/docs/etica_pedagogia/A%20Pedagogia%20de%20JeromeBruner.pdf. Acessado em: 05 mai. 2020.

MARTINS, Samantha. **Ficção Científica e Pseudociência: clichês e temas recorrentes**. Parte 5, 2016. Disponível em: <https://meteoropole.com.br/2016/10/ficcao-cientifica-e-pseudociencia-cliches-e-temas-recorrentes-parte-5/> (19/09/2020)

MATSUURA, Oscar T (Org.). **História da Astronomia no Brasil**. vol. 1 ed. CEPE. PE, 2013. p. 53-54 e 159 -188.

MARAN, Stephen P. **Astronomia para Leigos: Vermelho, Frio e Árido: Descobrimos o mistério de Marte**. Tradutor Ricardo Sonovick, 2 ed. 2011. p. 100-102.
https://books.google.com.br/books?id=42x9DwAAQBAJ&pg=PA103&lpg=PA103&dq=astronomia+como+defender+a+terra+do+impacto+com+um+asteroide&source=bl&ots=WfGnsGdk8R&sig=ACfU3U1IINBhOVrhj_C1ki9m8XwJTGzGGA&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwiE9JH33NLgAhWmHbkGHbIFCdc4FBD0ATABegQIBBAB#v=onepage&q=astronomia%20como%20defender%20a%20terra%20do%20impacto%20com%20um%20asteroide&f=false . Acesso em: 23 fev. 2019.

MARCOVITCH, Jacques. **Pioneiros & Empreendedores: A saga do desenvolvimento do Brasil**. Vol. 3, Ed. Saraiva, 2007, p. 63-83. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=69xqD_hfRGEC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=o+pioneiro+luiz+tarqu%C3%ADnio+empreendedor&source=bl&ots=4N63seWqo0&sig=ACfU3U3ty1Ak9F29_kiyD96bt6cZSiQ8w&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjtjZzS3_pAhVblrkGHTanD4kQ6AEwA3oECAkQAQ#v=onepage&q=o%20pioneiro%20luiz%20tarqu%C3%ADnio%20empreendedor&f=false. Acesso em: 13 jun. 2020.

MARTINS, Manel Rosa. Benefícios do **Programa Espacial – O impacto positivo da NASA na sociedade**. Astropt, 2019. Disponível em: <http://www.astropt.org/2012/12/29/beneficios-do-programa-espacial-o-impacto-positivo-da-nasa-na-sociedade/>. Acesso em: 07 jan. 2019

MARÉ. Wikipédia, 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Mar%C3%A9>. Acesso em: 24 abr. 2020.

METEORITO de **Bendegó - o sobrevivente brasileiro**. Galeria do meteorito, 2018. Disponível em: <https://www.galeriadometeorito.com/2018/09/meteorito-de-bendego-historia.html>. Acesso em: 12 mar. 2020.

METEORO de **Cheliabinsk**. Wikipédia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Meteoro_de_Tcheliabinsk . Acesso em: 01 out. 2019

METEORITO **Shelyabinsk na Rússia - 15/02/2013**. Disponível em: <https://meteoritosbrasil.weebly.com/artigos/meteorito-na-russia-15022013> <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/02/ha-um-ano-localidade-da-russia-se-assustava-com-queda-de-meteorito.html>. Acesso em: 02 out. 2019.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. Editora PU. SP, 1999. Cap. 5.

NASCIMENTO, Lucas C. Cratera de Berringer: **Cratera de Meteoro no Arizona**. Blog boralá, 2018. Disponível em: <https://borala.blog.br/cratera-meteoro-arizona-barringer/>. Acesso em: 25 mar. 2020.

NÓBREGA, Antonio José Farias. **Caracterização das Estruturas Espirais em Galáxias Discoidais Grand Design**. Instituto de Física UFRGS, Porto Alegre 2007. p. 25-26.

NOGUEIRA, Pablo. **Terra? A surpresa dos asteroides: Será que os astrônomos estão preparados para prever ameaças vindas do espaço?** Revista Galileu, 2019. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT318081-1719,00.html>. Acesso em: 23 fev. 2019.

OBSERVATÓRIO Astronômico, **Sistema Solar**: Universidade Federal de Alfenas. Disponível em: <https://www.unifal-mg.edu.br/observatorio/sistema-solar/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

OLIMPÍADA **Brasileira de Astronomia (OBA) e Astronáutica Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG)**. Realização: Sociedade Astronômica Brasileira (SEB) e Agencia Espacial Brasileira (AEB), RJ, 2019.

OLIVEIRA, Juan Carlos Soares de. **Análise e Simulação Computacional de Órbita de Transferência de Hohmann pelo Método de Euler**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros. Pau dos Ferros, R N, 2018. p. 18-22.

OLIVEIRA REIS, Norma Teresinha et al. **Análise da dinâmica de rotação de um satélite artificial: uma oficina pedagógica em educação espacial**. Revista Brasileira em Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1401 (2008). p. 3-5.

OLIVEIRA, A. J. & FLORESTI Felipe. **Subutilizado, satélite brasileiro tem custo diário de R\$ 800 mil**. Revista Galileu, 2018. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2018/07/subutilizado-satelite-brasileiro-tem-custo-diario-de-r-800-mil.html>. Acesso em: 21 mar. 2020.

O SISTEMA solar. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/planetas/planetas.htm>. Acesso em: 04 mar. 2020.

O SOL – **a nossa estrela**. if.ufrgs, 2019. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm>. Acesso em: 22 mar. 2020.

PARÂMETROS Curriculares Nacionais: **Ensino Médio Ciências da Natureza. Matemática e suas Tecnologias**

PENA, Fábio Luís Alves. **Sobre a Presença do Projeto Harvard no Sistema Educacional Brasileiro**. Revista Brasileira de Ensino de Física v. 34 n. 1, 1701 (2012).

PEREIRA, Ana Calorina Costa; BATISTA, Antônia N. Souza; SILVA, Isabelle C. da. **A matemática incorporada na construção do quadrante descrito na obra *Libros del Saber de Astronomía***. REVEMAT. Florianópolis (SC), v.12, n. 1, p. 173-191, 2017.

PEREZ, Muni. **Tudo sobre a Estação Espacial Internacional**. Calantech, 2019. Disponível em: <https://canaltech.com.br/ciencia/Tudo-sobre-a-Estacao-Espacial-Internacional/>. Acesso em: 06 jan. 2019.

PLANETAS Extrassolares. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/esp.htm> Acesso em: 09 mar. 2020.

PINHEIRO, Eduardo Carvalho. **Equações de Clohessy-Wiltshire: modelo linear para variação de massa nas manobras evasivas de veículos espaciais**. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguá SP 2016. p. 11-14.

PRISMA À Luz da Física. **O nosso Sistema solar**. Disponível em: <http://cftc.cii.fc.ul.pt/PRISMA/capitulos/capitulo1/modulo5/topico2.php>. Acesso em: 09 mar. 2020.

REIS, Norma Teresinha Oliveira. **Fundamento da Mecânica orbital II. Conceitos & Atividades para Educação Básica**, Rio Grande do Norte, (normareis@mec.gov.br). Disponível em:

<https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2011/08/mecc3a2nica-orbital-parte-2.pdf> . Acesso em: 20 dez. 2018.

REIS, Norma T. O. **Asteroides, Cometas e Riscos de Impacto com a Terra, 2012.** Disponível em: <https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/neo.pdf>. Acessado em: 22 nov. 2019.

ROSSETTO, Erika A. de Souza. **Lixo espacial e seu monitoramento.** Contribuição pela modelagem correta de imagens traço, com certificação via astrometria de satélites geostacionários, Universidade Federal de Rio de Janeiro. RJ 2013. p. 17-24.

SIEMSEN, Giselle Henequim & LORENZETTI, Leonir; **A pesquisa em Ensino de Astronomia para o Ensino Médio.** v. 2, n. 3, Curitiba: ACTIO, 2017. p. 185 – 207.

SANTANA, Saymon H. Santos et al. **Transferências Orbitais para Asteroides Próximos à Terra:** Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics. v. 5, n. 1, 2017.

SALGADO, Maria Cristina Vilela; BELDERRAIN, Mischel Carmem N. e SILVA, Amanda Cecília S. da. **Avaliação do voo tecnológico XVT02 do Veículo Lançador de Satélites VLS-1 por meio de decisão em grupo,** Journal of Aerospace Technology and Management, v.1, n. 1, jan. – jun. 2009. p. 79-83.

SETTER, Paul M. **China começará a construir sua estação espacial em 2021.** Disponível em: <https://phys.org/news/2020-06-china-space-station.html>. Acesso 20 jun. 2020.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Docência Universitária: A Pesquisa como Princípio Pedagógico,** 2009.

SILVA NETO, José Batista da. **Estudo da Passagem de uma Nuvem de Partícula por um Corpo Celeste** (Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica; PIBITI/CNPQ/INPE). Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, São José dos Campos SP, jun. 2012. p. 12 -14.

SILVA, Maria Nilza da; PANTA, Mariana. **O Doutor Preto, Justiniano Clímaco da Silva, a presença negra pioneira em Londrina.** p. 12 e 13. Universidade Estadual de Londrina 2010

SISTEMA **Solar.** Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Solar. Acesso em: 21 mar. 2020.

SOARES, Domingos. **Astronomia: O que é e para que serve?** 2016. Disponível em: <http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/extn/astrn/astrn.htm> . Acesso em: 29 set. 2020.

SOUZA, James Alves de. **Um foguete de garrafa pet**. Departamento de Física. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. Física na Escola v. 8 n. 2, 2007.

SOUZA, Kellcia Rezende; KERBAUY, Maria Teresa Miceli. **Abordagem quantitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação**. Educação e Filosofia, 2017. p. 21- 34.

THE CLEAN **space blog** (O Blog Espaço Limpo). esa, 2019. Disponível em: <http://blogs.esa.int/cleanspace/> . Acesso em: 07 jun. 2020.

TORRES, João Carlos, **Univesity of Lisbon, Asteroides**. Revista: Divisão de Atividade Educacionais (DEAD). Observatório Nacional, 2 ed. 20011 Nº 08. 07 Publications, January 2016.

TYCHO **Cratera**. Wikipédia, 2018. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Tycho_\(cratera\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tycho_(cratera)). Acesso em: 25 mar. 2020.

VEIGA, Carlos Henrique; **LOPES, Dalto de Farias, (Rev.)**. **Asteroide, Observatório Nacional**. 2 ed. RJ, nº 8, 2011

VILAS BÔAS, Danton José Fortes. **O VEÍCULO LANÇADOR DE SATÉLITES - VLS-1**, Instituto de Aeronáutica e Espaço – IAE, Centro Técnico Aeroespacial – CTA. São José dos Campos SP (2005?).

XAVIER, Agamenon Pereira. **Uso do foguete de água no ensino de hidrodinâmica em física geral**. Dissertação, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Belo Horizonte, 2012.

WIKIPÉDIA. **Milton Almeida dos Santos**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Milton_Santos. Acesso em: 29 mai. 2020.

WILLIAMS, Matt. **Como fazer com que a comida e a água que os astronautas de Marte precisem para sua missão**. Disponível em: <https://www.universetoday.com/146241/how-to-make-the-food-and-water-mars-bound-astronauts-will-need-for-their-mission/>. Acesso em: 20 jun. 2020.

WINTER, Othon Cabo e PRADO Antonio Fernando Bertichini de Almeida (Orgs.). **A Conquista do Espaço: do Sputnik à Missão Centenária**: Editora Livraria da Física, SP 2007. Cap. 01-03, 08-09.

REFERÊNCIAS DAS FIGURAS

Figura de capa: Asteroide. Disponível em:

<https://www.clickpb.com.br/tecnologia/nasa-identifica-asteroide-gigante-se-aproximando-da-terra-280054.html>

Figura de capa: Buraco negro. Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Buraco_negro

Figura de capa: Lixo espacial. Disponível em:

https://www.apolo11.com/noticias.php?t=India_dispara_foguete_destroi_satelite_e_cria_nuvem_de_detritos_no_espaco&id=20190403-095531

https://www.apolo11.com/noticias.php?t=India_dispara_foguete_destroi_satelite_e_cria_nuvem_de_detritos_no_espaco&id=20190403-095531

Figura 01: Arthur Bertram C. Walker II físico. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/ciencia/negros-que-marcaram-a-historia-da-ciencia-155655/>

Figura 02: Benjmin Banneker astrônomo. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/ciencia/negros-que-marcaram-a-historia-da-ciencia-155655/>

Figura 03: George Washington Carver cientista e biólogo. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/ciencia/negros-que-marcaram-a-historia-da-ciencia-155655/>

Figura 04: Patrícia Era Bath médica oftalmologista. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/ciencia/negros-que-marcaram-a-historia-da-ciencia-155655/>

Figura 05: Katherine Johnson cientista e matemática. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/ciencia/negros-que-marcaram-a-historia-da-ciencia-155655/>

Figura 06: Mary Jackson matemática e física. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/ciencia/negros-que-marcaram-a-historia-da-ciencia-155655/>

Figura 07: Guion Bluford primeiro astronauta negro. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/ciencia/negros-que-marcaram-a-historia-da-ciencia-155655/>

Figura08: Doutor Preto (Justiniano) Médico. Disponível em:

[http://www.uel.br/neab/pages/arquivos/Livros%20\(atualizacao%20do%20site\)/Justino%20Climaco%201%20ed.pdf](http://www.uel.br/neab/pages/arquivos/Livros%20(atualizacao%20do%20site)/Justino%20Climaco%201%20ed.pdf)

Figura 09: Enedina Alves Marques engenheira civil. Disponível em:

<https://www.hypeness.com.br/2020/01/conheca-a-historia-de-enedina-marques-a-primeira-engenheira-negra-do-brasil/>

Figura10: Milton Santos advogado e geógrafo. Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Milton_Santos

Figura 11: Luiz Tarquínio empreendedor do século XIX. Disponível em:

<https://pioneiros.fea.usp.br/luiz-tarquinio/>

Figura 12 – Imagem publicada no Sol do Jornal El Pais, publicada em 02 de outubro de 2019. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/acervo/2019-10-02/>

Figura 13: Imagem artística representando a escala da idade do Universo.

Disponível em: <https://www.galeriadometeorito.com/2016/03/descoberta-galaxia-mais-distante-e-mais-antiga-do-universo.html> (Créditos: divulgação / Tradução: Galeria do Meteorito)

Figura 14: M 31, Nebulosa de Andrômeda até 1899, posteriormente nomeada de Galáxia Andrômeda. Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Gal%C3%A1xia_de_Andr%C3%B4meda

Figura 15: WIKIPÉDIA. Calendário Cósmico. Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Calend%C3%A1rio_c%C3%B3smico

Figura 16: Esquema de Hubble para classificação de galáxia, no esquema mostra os diversos tipos morfológico de galáxia. Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>

Figura 17: Duas galáxias espiral barrada M100 tipo SA(s)b e NGC 1300 tipo SBb, e uma galáxia elíptica do tipo E₀. Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/galaxias.htm>

Figura 18: O plano do centro galáctico da Via Láctea. Disponível em:

<https://olhardigital.com.br/ciencia-e-espaco/noticia/astromos-montam-o-melhor-mapa-da-via-lactea-ja-feito/98209>

Figura 19: Imagem de galáxia NCG 2997 (localizada há cinquenta milhões de anos-luz) sendo usada para compara a Via Láctea. Disponível em:

<http://astro.if.ufrgs.br/vialac/node2.htm>

Figura 20: Imagem representativa das dimensões da Via Láctea vista de perfil.

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Via_L%C3%A1ctea

Figura 21: Hubble, o primeiro telescópio espacial, lançado em 24 de abril de 1990. Disponível em: <https://www.misteriosdouniverso.net/2015/04/telescopio-hubble-completa-25-anos.html?m=0>

Figura 22: Simulações computacionais baseadas nas teorias que explicam a origem do nosso sistema solar. Disponível em:

<http://cftc.cii.fc.ul.pt/PRISMA/capitulos/capitulo1/modulo5/topico2.php>

Figura 23: Representação dos planetas orbitando em torno do Sol, imagem fora de escala, sem os cinco planetas anões e os cinturões de asteroides.

Disponíveis em: <https://br.pinterest.com/pin/71635450309516392/>

Figura 24: Diagrama R – H, baseado na sua posição o Sol tem hidrogênio para milhões de anos. Disponível em:

<http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap10.pdf>

Figura 25: Representação da estrutura das principais regiões do Sol (imagem modificada). Disponível em: (<http://astro.if.ufrgs.br/esol/explorsol.htm>)

Figura 26: Espectro eletromagnético de diversos comprimentos de onda, radiações ultra violeta (UV-A, UV-B e UV-C). Faixa de onda da luz visível 350nm ($350 \times 10^{-9}m$). Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_vis%C3%ADvel)

Figura 27: Ilustração do Sistema Solar com oito planetas clássicos e cinco planetas anões, sem os cinturões de asteroides (imagens fora de escala). Disponível em: https://www.theplanetstoday.com/solar_system_map.html.

Figura 28: Mercúrio primeiro planeta do sistema solar, raio 2.439,7 km e massa $3,285 \times 10^{23}$ kg, está a 57.910.000 km do Sol. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=GoW8Tf7hTGA&feature=emb_rel_pause

Figura 29: Vênus segundo planeta do sistema solar, raio 6.051,8 km e massa $4,867 \times 10^{24}$ kg, está a 104.200.000 km do Sol. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=GoW8Tf7hTGA&feature=emb_rel_pause

Figura 30: Terra terceiro planeta do sistema solar, raio 6.371,0 km e massa $5,972 \times 10^{24}$ kg, está a 146.600.000 km do Sol. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=GoW8Tf7hTGA&feature=emb_rel_pause

Figura 31: Marte quarto planeta do sistema solar, raio 3.389,50 km e massa $3,039 \times 10^{23}$ kg, está a 227.940.000 km do Sol. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=GoW8Tf7hTGA&feature=emb_rel_pause

Figura 32: Júpiter quinto planeta do sistema solar, raio 69.911 km e massa $1,898 \times 10^{27}$ kg, está a 778.330.000 km do Sol. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=GoW8Tf7hTGA&feature=emb_rel_pause

Figura 33: Saturno sexto planeta do sistema solar, raio 58.322 km e massa $5,683 \times 10^{26}$ kg, está a 1.429.400.000 km do Sol. Disponível em:

<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-significa-o-retorno-de-saturno-na-astrologia/>

Figura 34: Urano sétimo planeta do sistema solar, raio 25.362 km e massa $8,861 \times 10^{25}$ kg, está a 2.870.990.000 km do Sol. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=GoW8Tf7hTGA&feature=emb_rel_pause

Figura 35: Netuno oitavo planeta do sistema solar, raio 24.622 km e massa $1,024 \times 10^{26}$ kg, está a 4.504.300.000 km do Sol. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=GoW8Tf7hTGA&feature=emb_rel_pause

Figura 36: Plutão planeta anão maior objeto do cinturão Kaiper raio 1.188,3 km e massa $1,305 \times 10^{22}$ kg, está a 5.913.520.000 km do Sol. Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Plut%C3%A3o>

Figura 43: Representação do sistema solar com inclusão dos cinco planetas anões. Disponível em:

https://www.theplanetstoday.com/planet_mercury.html

Figura 37: Representação do sistema solar com inclusão dos cinco planetas anões. Disponível em: https://www.theplanetstoday.com/planet_mercury.html

Figura 38: HD 100546 b é um potencial exoplaneta gasoso em formação, foi observado pelo Very Large Telescope (VLT), está a 335 anos-luz. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=GoW8Tf7hTGA&feature=emb_rel_pause

Figura 39: Eclíptica representando a trajetória aparente do Sol (linha tracejada), março e setembro o Sol cruza a linha do equador (elipse linha cheia). Fonte: Site Astro da UFRGS; (http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_movsol.htm)

Figura 40: Representação da incidência dos raios do Sol, nos hemisférios norte e sul. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_movsol.htm.

Figura 41: Representação do movimento de revolução da Terra em torno do Sol e a inclinação da eclíptica com o plano do equador. Disponível em: (http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_movsol.htm)

Figura 42: Resumo dos principais eventos do início das estações do ano, solstícios e equinócios dos HN e HS. Disponível em: (<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/solsticios-equinocios.htm>)

Figura 43: Representação do movimento de precessão da Terra, a imagem **A** é uma ideia alusiva ao movimento de um peão em movimento e a imagem **B** os eixos, o de movimento e da eclíptica (imagem modificada). Disponível em: (<http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm>)

Figura 44: Representação da Magnetosfera, escudo protetor do vento solar, site do IMPA (imagem modificada). Disponível em: (<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/geofisica/geomagnetismo/index.html>)7

Figura 45: Representação do plano orbital da Lua em Relação ao plano da Terra e os Nodos. Imagem retirada de: PETRY, Maurício G.; SARAIVA, Maria de Fátima. Ilustração do IX Salão de Ensino da UFRGS.

Figura 46: Representação do deslocamento das massas líquidas (maré alta e maré baixa) acompanhando a posição da Lua. Imagem retirada de: TCC de Mantellatto.

Figura 47: Projeção da ação das Marés. Em A distribuição idêntica das massa oceânicas, em relação ao centro de massa, em B as massas oceânicas deformadas na direção mais próxima e mais afastada da Lua. C a influência do Sol e da Lua se combinam vetorialmente alongando a deformação das massas oceânicas (representação da imagem exagerada). Imagem dos arquivos do próprio autor.

Figura 48: Asteroide 2008TC3 caiu no deserto de Núbia, entre Egito e Sudão, em 2008. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/2008_TC3

Figura 49: Uma ilustração teórica da localização dos pontos lagrangianos, Sol –Terra. Imagem reconstruída pelo autor, baseado no artigo da Revista Brasileira de Ensino de Física v.0, nº3. Azevedo ; Kolland.

Figura 50: Os três maiores asteroides do cinturão principal depois de Ceres. Disponíveis em: https://pt.wikipedia.org/wiki/2_Pallas)
(https://pt.wikipedia.org/wiki/4_Vesta)
(https://pt.wikipedia.org/wiki/10_H%C3%ADgia)

Figura 51: O asteroide Ceres descoberto em 1801 e passando à categoria de planeta anão 2006. Disponível em:
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ceres_\(planeta_an%C3%A3o\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ceres_(planeta_an%C3%A3o))

Figura 52: Meteorito de Murchison, sendo do tipo condrito carbonáceo. Disponível em: <https://www.daviddarling.info/encyclopedia/M/Murchison.html>

Figura 53: Cratera lunar nomeada por Tycho, homenagem ao dinamarquês Tycho Brahe. Disponível em: <http://www.astronoo.com/pt/artigos/crateras-da-lua.html>

Figura 54: Cratera Barringer no deserto do Arizona EUA, tem 1.200 metros de diâmetros por 170 de profundidade. Disponível em:
<https://borala.blog.br/cratera-meteoro-arizona-barringer/>

Figura 55: Cratera da Colônia, São Paulo, o círculo branco demarca a cratera que tem 3,6 quilômetros de diâmetro e cerca de 300 metros de profundidade. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-41772254>

Figura 56: Meteorito de Bendegó exposto no Museu Nacional Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.galeriadometeorito.com/2018/09/meteorito-de-benedego-historia.html>

Figura 57: O meteorito sendo transportado para ferrovia numa carroça em 1887. Disponível em: <https://www.galeriadometeorito.com/2018/09/meteorito-de-benedego-historia.html>

Figura 58: Bola de fogo, meteoro passando próximo à estrada de Kostanai. Disponível em: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/blog/observatorio/post/o-misterio-de-chelyabinsk.html>

Figura 59: Buraco de seis metros no lago de gelo provocada pela queda do asteroide. Disponível em:
<https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/espaco/meteorito-que-atingiu-a-russia-causou-o-maior-impacto-do-seculo,8daad1f532922410VgnVCM10000098cceb0aRCRD.html>

Figura 60: Meteorito exposto museu de Chelyabinsk, na Rússia. Disponível em: de: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/05/estudo-diz-que-meteorito-da-russia-se-originou-de-choque-de-asteroides.html>

Figura 61: Imagem de um cometa cruzando céu com sua cauda. Disponível em: <https://www.tricurioso.com/2020/01/09/por-que-os-cometas-tem-cauda/>

Figura 62: A representação de um cometa com a identificação de suas partes. Disponível em: <https://lusoacademia.org/2018/07/19/cometas/>

Figura 63: Órbita do cometa Halley em sua passagem próxima à Terra em 1986. Disponível em: <http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/extn/astrn/astrn.htm>

Figura 64: Uma das primeiras lâmpadas, projetada aproximadamente no final do século XIX (1876). Imagem retirada da Revista História das Máquinas, ABIMAQ 70 Anos. Disponível em: <http://www.abimaq.org.br/Arquivos/Html/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livro-A-historia-das-maquinas-70-anos-Abimaq.pdf>

Figura 65: Representação do exercício mental de Newton referente a velocidade de escape. Um corpo nas órbitas A e B retornará para a superfície da Terra, pois sua energia é insuficiente para vencer a velocidade de escape, nas posições C e D o corpo entrará em órbita com a Terra e em E o corpo escapará para espaço. Disponível em: <https://revistacosmosonline.blogspot.com/2015/04/velocidade-de-escape.html#comment-form>

Figura 66: Sputnik 1 com a cúpula aberta, primeiro satélite russo lançado ao espaço em 1957. Disponível em: http://www.ninfinger.org/models/vault2007/Sputnik%201/Energia2007ssIMG_1557.jpg

Figura 67: Foto da Lua tirada pela sonda soviética Luna 3, em 07 de setembro de 1959. Disponível em: <https://proyectoidis.org/lunik-3/>.

Figura 68: Yuri A. Gagarin primeiro cosmonauta a ir ao espaço em 12 de abril de 196, num foguete Vostok da antiga União Soviética. Disponível em: <https://www.infoescola.com/biografias/yuri-gagarin/>

Figura 69: Valentina primeira mulher a ir ao espaço, ela era de cidadania russa e tinha 26 anos na época Disponível em: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/valentina-tereshkova.phtml>

Figura 70: Os astronautas que participaram da primeira viagem à Lua, em 1969: Armstrong, Collins e Aldrin. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Apollo_11

Figura 71: O astronauta Aldrin em solo lunar olhando para a Terra. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/mrdanbeaumont/with/13635190743/>

Figura 72: Resgate dos astronautas no módulo de comando Columbia no Oceano Pacífico durante a amerrissagem. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Apollo_11

Figura 73: Locais onde as sondas e as espaçonaves da Rússia, EUA e China pousaram na Lua. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/mrdanbeaumont/13635190743/>

Figura 74: O robô Opportunity monitorando Marte, enviado pela NASA em 2003. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Opportunity_\(sonda_espacial\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Opportunity_(sonda_espacial))

Figura 75: Esquema da transmissão e recepção de sinais via satélite artificiais. (Imagens retiradas na internet e adaptadas pelo autor).

Figura 76: Representação das principais orbitas ocupadas por satélites artificiais. Imagem retirada de **Sistemas de Telecomunicações II. Disponível em:**

[https://www.academia.edu/22868157/Sistemas_de_Telecomunica%C3%A7%C3%B5es_II_SAT_-](https://www.academia.edu/22868157/Sistemas_de_Telecomunica%C3%A7%C3%B5es_II_SAT_-1_MJL_Sistemas_de_Comunica%C3%A7%C3%A3o_por_Sat%C3%A9lite)

[1_MJL_Sistemas_de_Comunica%C3%A7%C3%A3o_por_Sat%C3%A9lite](https://www.academia.edu/22868157/Sistemas_de_Telecomunica%C3%A7%C3%B5es_II_SAT_-1_MJL_Sistemas_de_Comunica%C3%A7%C3%A3o_por_Sat%C3%A9lite)

Figura 77: Primeiro satélite geostacionário do Brasil, lançado ao espaço em junho de 2017. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/programa-espacial-brasileiro/satelites/>

Figura 78: ClearSpace-1 será a primeira missão espacial planejada a remover um item de detritos da órbita. Disponível em:

https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris.

Figura 79: Sonda solar Parker enviada para o espaço pela NASA para estudar o Sol. Disponível em: <https://canaltech.com.br/espaco/essas-missoes-deixarao-a-nasa-bem-ocupada-nos-proximos-10-anos-147497/>

Figura 80: Sonda New Horizonte sobrevoando objeto transnetuniano com formato de “boneco de neve”. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/espaco/essas-missoes-deixarao-a-nasa-bem-ocupada-nos-proximos-10-anos-147497/>

Figura 81: Sonda InSigh enviada a Marte para estudar seu interior e seus tremores. Disponível em: <https://canaltech.com.br/espaco/essas-missoes-deixarao-a-nasa-bem-ocupada-nos-proximos-10-anos-147497/>

Figura 82: Telescópio Espacial Romano Nancy Grace, esse nome é em homenagem a Dr^a Nancy G. Roman. Disponível em: <https://zap.aeiou.pt/wfirst-da-nasa-vai-ajudar-descobrir-destino-do-universo-281802>

Figura 83: Protótipo de novas tecnologias para garantir água potável e comida aos astronautas em missões no espaço profundo. Disponível em:

<https://www.universetoday.com/146241/how-to-make-the-food-and-water-mars-bound-astronauts-will-need-for-their-mission/>.

Figura 84: Estação espacial que China começará a construir em 2021.

Disponível em: <https://phys.org/news/2020-06-china-space-station.html>.

Figura 85: A representação de uma elipse com seus focos, a linha tracejada de F_1 a P forma um triângulo retângulo com seus eixos. Reproduzida pelo autor.

Figura 86: Representação da reflexão da luz em superfície polida e áspera. Reproduzida pelo autor.

Figura 87: Representação da ação de força diferencial gravitacional de um corpo distante, de massa M, atuado em partículas vizinhas (adaptado pelo autor). Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Mar%C3%A9>

Figura 88: Representação geométrica da interação gravitacional entre a Terra e Lua (fora de escala, adaptado pelo autor). Disponível em:
<http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aulafordif.htm>

Figura 89: Representação da analogia do trabalho realizado pelo ar liberado de uma bexiga com os gases expelido pelos foguetes, do livro Aeronáutica p. 87. Disponível em:
http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=4233-colecaoexplorandoensino-vol12&category_slug=marco-2010-pdf&Itemid=30192

Figura 90: Representação da comparação do tamanho do Sol em relação aos planetas do Sistema Solar. Disponível em:
https://www.apolo11.com/escala_planetas.php



TERMO DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Atestamos para os devidos fins que o produto educacional intitulado **ASTRONOMIA PARA EDUCAÇÃO BÁSICA** foi aplicado no Colégio Estadual Bertholdo Cirilo dos Reis, em Salvador – BA, a 6 (seis) turmas do 1º ANO regular e a uma turma do 2º ANO em Técnico de Administração.

Feira de Santana, 28 de agosto de 2020

TERMO DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

p/ Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Presidente da Banca de Avaliação:

Prof. Dr. Antônio Delson Conceição de Jesus (DFIS-UEFS)

Atestamos para os devidos fins que o produto educacional intitulado

ASTRONOMIA PARA EDUCAÇÃO BÁSICA foi aplicado no Colégio Estadual Bertholdo

Bertholdo Cirilo dos Reis, em Salvador – BA, a 6 (seis) turmas do 1º ANO

regular e a uma turma do 2º ANO em Técnico de Administração.

p/ Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Membro Interno do Mestrado Profissional em Astronomia:

Profa. Dra. Ana Verena Freitas Paim (DEDU-UEFS)

p/ Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Membro Externo – Convidado:

Prof. Dr. Rafael Ribeiro de Souza (UNESP)

Presidente da Banca de Avaliação:

Prof. Dr. Antônio Delson Conceição de Jesus (DFIS-UEFS)

Atestamos para os devidos fins que o produto educacional intitulado

ASTRONOMIA PARA EDUCAÇÃO BÁSICA foi aplicado no Colégio Estadual Bertholdo

Bertholdo Cirilo dos Reis, em Salvador – BA, a 6 (seis) turmas do 1º ANO

regular e a uma turma do 2º ANO em Técnico de Administração.